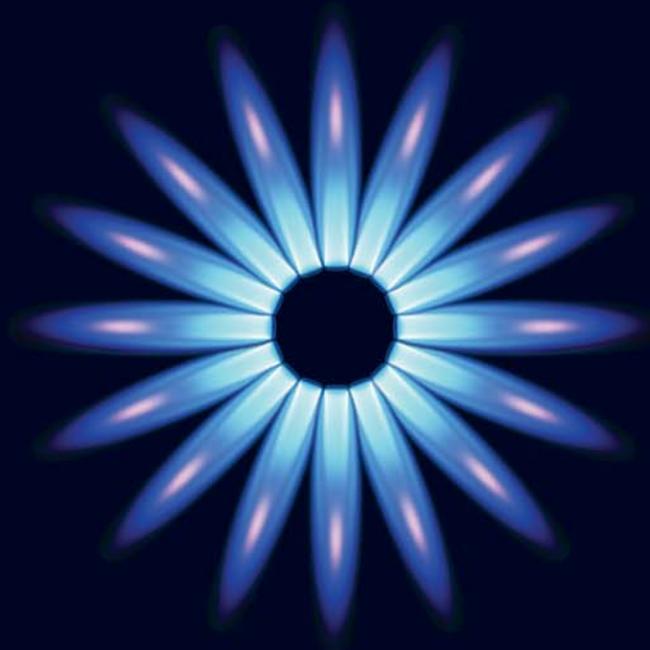


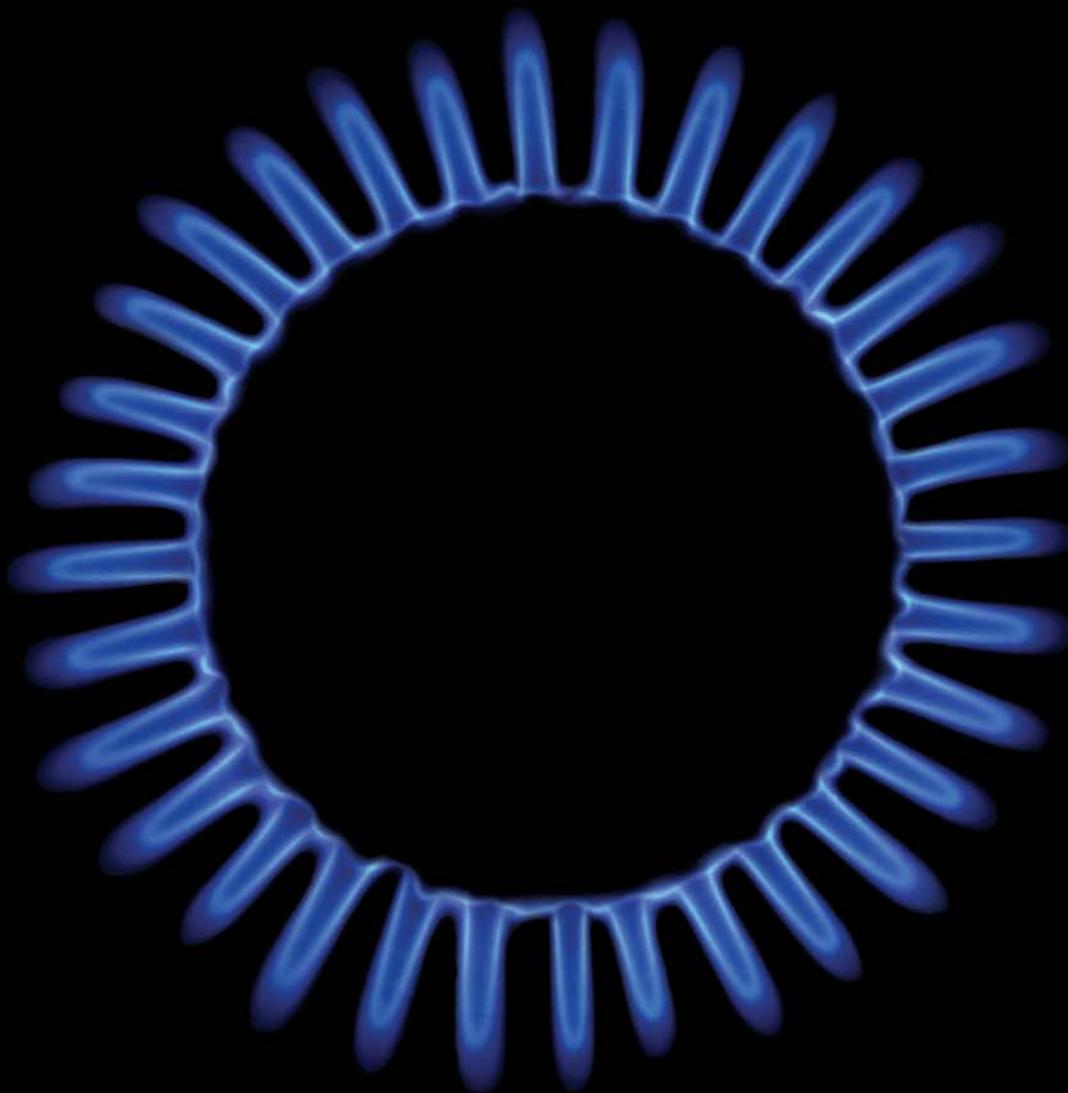
gás natural





gás natural

Benefícios Ambientais
no Estado da Bahia



PAULO SOUTO
Governador

ERALDO TINOCO
Vice-Governador
Secretário de Infra-Estrutura

PETRONIO LERCHE VIEIRA
Diretor Presidente da Bahiagás

CARLOS MAURO BARREIRA DE ALENCAR
Diretor Administrativo Financeiro

JOSÉ CARLOS LAURINDO DE FARIAS
Diretor Técnico Comercial



EQUIPE TÉCNICA

BAHIAGÁS
Concepção do Projeto
Petronio Lerche Vieira

Coordenação Geral
Celestino Boente Garcia

Carolina Carvalho
Inamar Simões da Cruz
Frederico Paixão Almeida
Makyo de Araújo Felix
Ricardo Severo Fiscina
Isabella Christina Rodrigues
Aristides Olimpio de Araújo Neto

ECONERGY
Helvécio Borges Guimarães
Carlos Francisco Grieco Sobrinho
Virgínia da Silva Gante
Ísis Santos Costa

UFBA
Ednildo Andrade Torres
Gean Claudio de Souza Santana
Francisco Souza Almeida

UNIFACS
Oswaldo Livio Soliano Pereira
Tereza Virginia Mousinho Reis
Silvana Sandes Tosta

REVISÃO DO TEXTO
Qualidade.Com
Núbia Cristina Santos

PROJETO EDITORIAL E DESIGN
Solisluna Design e Editora
Enéas Guerra
Valéria Pergentino
Elaine Quirelli

FOTOGRAFIAS
Almir Bindillati – páginas: 6, 12, 15, 18, 19,
20, 26, 36, 48, 65, 66, 89, 98, 123 e 124.
Pedro Lima – páginas: 5, 9, 16, 72 e 74.
Marcelo Jatobá – página: 97
Stock Photos – páginas: 21, 37, 49, 67, 87 e 94.
Getty Images – páginas: 17 (Jay Freis), 27
(Eric Pearle) e orelha do livro (Bob Elsdale).
Fotosearch – capa.

Direitos Reservados. É proibida a reprodução total ou parcial deste livro sem autorização prévia da Bahiagás.

G246 Gás natural: benefícios ambientais no Estado da Bahia / [autores] Petronio Lerche Vieira, Celestino Boente Garcia, Helvécio Borges Guimarães, Ednildo Andrade Torres, Oswaldo Livio Soliano Pereira. – Salvador: Solisluna Design e Editora, 2005. 132 p.: il. – (Bahiagás documenta)

1. Gás natural – Bahia. 2. Gás como combustível. 3. Gás natural – Impacto ambiental. 4. Gás natural – Aspectos ambientais – Bahia. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Desenvolvimento econômico – Aspectos ambientais. 7. Política ambiental. 8. Efeitos da poluição. I. Vieira, Petronio Lerche. II. Garcia, Celestino Boente. III. Série.

CDD – 665.74
CDU – 622.324.5

Biblioteca Central Reitor Macêdo Costa – UFBA

COMPANHIA DE GÁS DA BAHIA – BAHIAGÁS
Av. Tancredo Neves, 450 Edifício Suarez Trade, 20º andar
Caminho das Árvores CEP. 41.820-901 Salvador Bahia
Tel. 71 3206.6000 3206.6001 documenta@bahiagas.com.br



Ferrerinho-relógio (*Todirostrum cinereum*) – espécie que ocorre em diversas regiões do Brasil. São aves territoriais, que vivem aos casais e constroem seus ninhos em forma de cesto pendurado. Põem de 2 a 3 ovos, e o período de incubação é de 17 dias. Alimenta-se de insetos.



Vista aérea de manguezal e rio no litoral sul da Bahia.

APRESENTAÇÃO

Raramente nos detemos para fazer considerações sobre as questões ambientais relacionadas à energia que utilizamos no cotidiano, seja para acender a chama do nosso fogão, para movimentar automóveis, acender lâmpadas, operar fábricas.

Entretanto, o planeta começa a apresentar sinais de que não suporta o uso desenfreado dos recursos energéticos. As questões climáticas, sobretudo no que diz respeito ao aquecimento global causado pelos gases de efeito estufa (GEE), são muito preocupantes. Existem indícios científicos de que as emissões do principal gás de efeito estufa, o dióxido de carbono (CO₂), estariam fora de controle.

O petróleo e o gás natural são combustíveis fósseis, em cuja queima (combustão) é gerado o CO₂. A palavra fóssil vem do latim *fossile*, que significa tirado da terra. A formação do petróleo e do gás natural na natureza, a partir da decomposição de material orgânico, leva cerca de 1 milhão de anos para ocorrer. Os reservatórios subterrâneos de petróleo e gás natural, localizados em bacias sedimentares na terra ou no mar, normalmente em grandes profundidades, não fornecem indícios fáceis para sua localização e a sua exploração requer grandes investimentos.

Mas, apesar dos custos e dos problemas ambientais, os combustíveis fósseis, incluindo o carvão mineral, ainda representam cerca de 85% da energia primária consumida no mundo. A participação do gás natural na matriz energética mundial é de 23%.¹

No entanto, se a sociedade ainda não pode prescindir dos combustíveis fósseis, pode fazer escolhas dentre esses combustíveis, de forma a minimizar os problemas ambientais. Embora o processo de formação do petróleo e do gás natural seja semelhante, e freqüentemente esses produtos sejam encontrados juntos num mesmo reservatório, seus efeitos ambientais são bastante diferentes.

Conforme dito anteriormente, a geração de CO₂ ocorre no processo de combustão. Nesta reação, os derivados de petróleo, o gás natural, o carvão mineral, a madeira etc. transformam-se em energia (calor) e ocorre a emissão de gases de exaustão, como o CO₂ e outros. A composição dos gases emitidos na combustão depende do tipo de combustível usado e da tecnologia dos equipamentos utilizados na combustão. Conseqüentemente, combustíveis e tecnologias diferentes produzem efeitos ambientais diferentes.

É sabido que a utilização do gás natural como combustível, pelas suas características químicas, gera menos emissão de CO₂ que os outros combustíveis fósseis. E como a indústria baiana utiliza intensamente o gás natural, sempre houve a percepção de que o Estado tem uma indústria mais “limpa”, porém não havia avaliações objetivas desse efeito. Esse é o propósito do presente trabalho.

A Bahiagás, como empresa pública envolvida no assunto, e de acordo com a política do Governo do Estado de promover desenvolvimento econômico respeitando o

É sabido que a utilização do gás natural como combustível, pelas suas características químicas, gera menos emissão de CO₂ que os outros combustíveis fósseis. E como a indústria baiana utiliza intensamente o gás natural, sempre houve a percepção de que o Estado tem uma indústria mais “limpa”, porém não havia avaliações objetivas desse efeito. Esse é o propósito do presente trabalho.

¹ Fonte: USA – Energy Information Administration – International Energy Annual 2002 – <http://www.eia.doe.gov>

meio ambiente, vislumbrou a possibilidade de contribuir para os estudos sobre as emissões de CO₂ da indústria que utiliza gás natural no Estado da Bahia.

O projeto objetivou inicialmente quantificar os efeitos da utilização do gás natural, relacionando dois níveis de emissões: aquelas geradas através do uso real do gás natural e as que teriam sido geradas caso fossem utilizados outros combustíveis fósseis, como óleo, GLP, gasolina e coque. No curso do projeto deliberou-se por ampliar o escopo do trabalho que, inicialmente, se limitava à medição das emissões de CO₂, incluindo, também, a verificação das emissões evitadas de SO₂, NO_x e particulados.

Para a execução do projeto foi contratada a empresa ECONERGY, com experiência internacional na área de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), visando a obtenção de “crédito de carbono”. A Bahiagás convidou para participar do projeto o Laboratório de Energia e Gás da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – UFBA e o Núcleo de Pesquisa Energia e Sistemas Energéticos da Universidade Salvador – UNIFACS, para validar a metodologia e auditar, de forma independente, a qualidade científica do estudo apresentado.

Cabe aqui o reconhecimento das equipes que se envolveram no estudo, pelo desafio inédito do projeto, mas não poderia deixar de ressaltar o trabalho do Engenheiro Celestino Boente e do Professor Ednildo Torres, que foram decisivos na elaboração da metodologia e na validação do conteúdo técnico. Também não poderia deixar de citar o apoio e estímulo do Centro de Recursos Ambientais – CRA, para a realização do estudo e a edição deste livro.

A legislação brasileira ainda não incorporou medidas que, efetivamente, estimulem o crescimento de uma indústria mais limpa, como a baseada no gás natural. A falta de publicações nessa área estimulou a Bahiagás a contribuir para o preenchimento dessa lacuna.

Esperamos que esta publicação esclareça alguns aspectos das emissões do uso do gás natural frente aos combustíveis substitutos, além de servir como ponto de referência para incentivar novos trabalhos sobre o tema.

O gás natural é o combustível capaz de realizar a transição, até que surja uma nova tecnologia energética de menor impacto ambiental, que possa substituir, em larga escala e de forma econômica, os combustíveis fósseis. Nesta fase de transição tecnológica, que deve durar ainda alguns anos, está chegando ao fim a lógica de destruição do meio ambiente, do aproveitamento sem limites dos bens naturais e dos modelos de produção baseados exclusivamente na rentabilidade econômica e financeira. A Bahiagás acredita que o binômio meio ambiente – desenvolvimento auto-sustentável será o novo paradigma do Século XXI.

Petronio Lerche Vieira
Diretor Presidente da Bahiagás

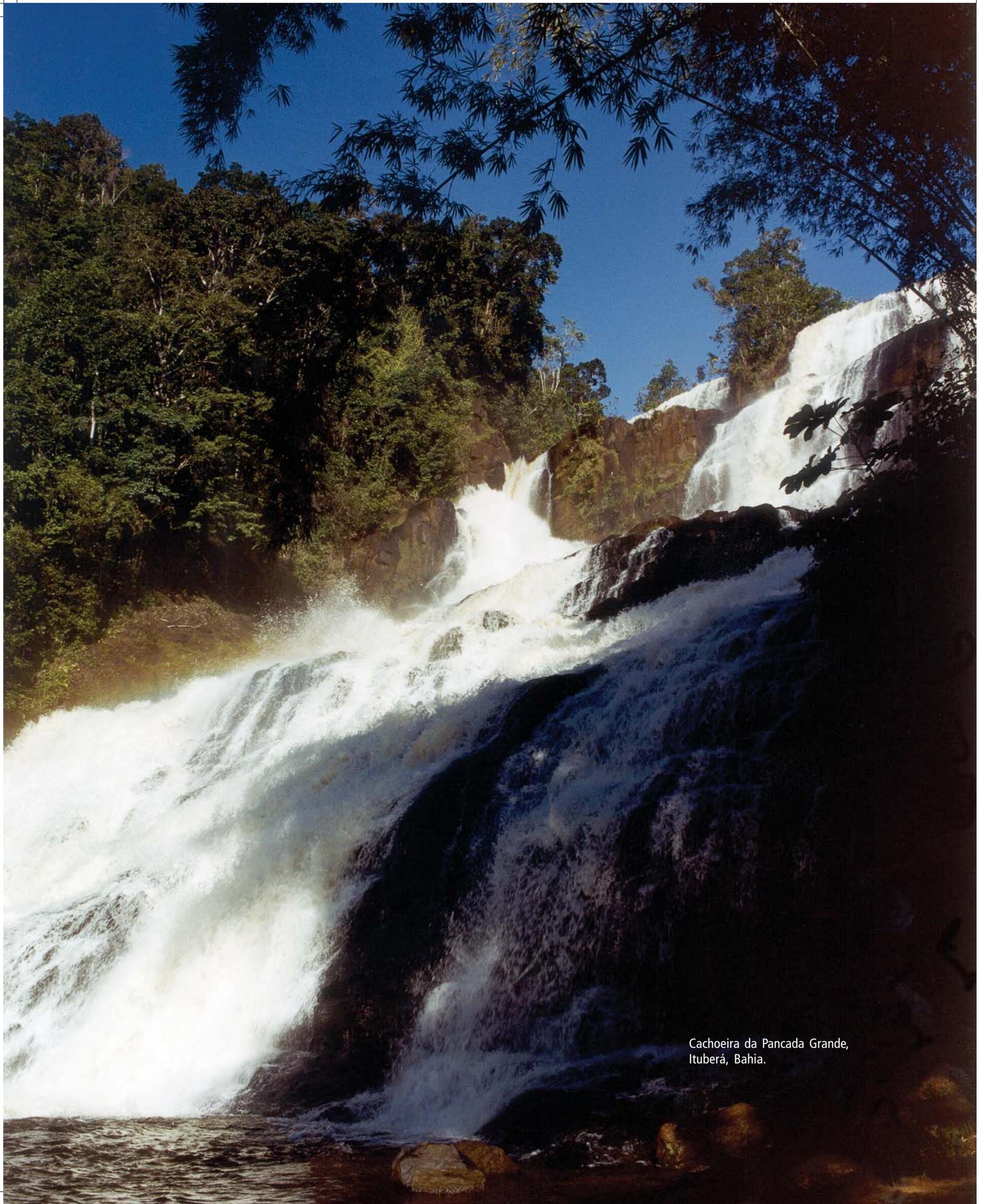


Arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*) – espécie endêmica na Bahia, ocorre no Bioma Caatinga nos municípios de Jeremoabo, Euclides da Cunha, Canudos, Paulo Afonso e Curaçá. Uma nova população foi descoberta em Campo Formoso. É uma espécie ameaçada e hoje sua população não passa de 500 indivíduos. Muito seletiva, se alimenta basicamente de cocos de ouricuri (*Syagrus coronata*). O tráfico de animais é a principal ameaça.

SUMÁRIO

13	Sumário Executivo
17	Introdução
21	CAPÍTULO I Gás Natural: Produto e Mercado
21	Produto
23	Mercado
27	CAPÍTULO II Emissões e Mecanismos de Controle e Incentivo
27	Reação de Combustão
28	Emissões de Dióxido de Enxofre
29	Emissões de Óxidos de Nitrogênio
31	Material Particulado
32	Emissões de Dióxido de Carbono
33	Legislação e Regulamentação Ambiental Nacional
33	Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
37	CAPÍTULO III Metodologia
37	Premissas de Conversão de Combustíveis
38	Estimativa do Consumo de Combustíveis Anterior ao Gás Natural
39	Estimativa do Consumo de Combustíveis pelo Setor Químico/Petroquímico
39	Estimativa do Consumo Automotivo
40	Uso do Gás Natural como Matéria-prima
40	Uso do Gás Natural como Redutor Siderúrgico
41	Uso do Gás Natural para o Setor Comercial
41	Uso do Gás Natural para o Setor Energético
42	Capacidade Instalada das Térmicas Não-Despachadas
42	Fatores de Emissão
43	Emissões de Dióxido de Enxofre
44	Emissões de Óxidos de Nitrogênio
45	Emissões de Material Particulado
45	Emissões de Dióxido de Carbono
46	Outras Premissas
49	CAPÍTULO IV Consolidação dos Dados e Análise de Resultados
49	Consumo de Gás Natural
50	Consumo do Combustível Anterior
51	Reduções de Emissões por Setor
51	Emissões de Dióxido de Enxofre – SO ₂
51	Setor Químico/Petroquímico

52	Setor Siderúrgico
52	Setor Energético
53	Setores de Alimentos e Bebidas
53	Setores Metalúrgico e de Papel e Celulose
53	Emissões de Óxidos de Nitrogênio – NO _x
54	Setor Químico/Petroquímico
55	Setor Siderúrgico
55	Setor Energético
56	Setores Metalúrgico, Papel e Celulose e Alimentos
57	Emissões de Material Particulado
58	Setor Químico/Petroquímico
58	Setor Siderúrgico
59	Setor Energético
61	Setores Metalúrgico, Alimentos e Bebidas, Papel e Celulose
61	Setor de Transporte
61	Emissões de Dióxido de Carbono – CO ₂
61	Setor Químico/Petroquímico
62	Setor Siderúrgico
63	Setor Energético
63	Setores Metalúrgico, Papel e Celulose, Alimentos e Bebidas
63	Setor de Transporte
67	CAPÍTULO V Conclusões e Recomendações
73	Anexos
73	Anexo 1 – Dados da Análise
80	Anexo 2 – Combustão
88	Anexo 3 – Uso do Gás Natural como Matéria-prima
90	Anexo 4 – Uso do Gás Natural Veicular (GNV)
92	Anexo 5 – Fundamentos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
96	Anexo 6 – O Mercado de Créditos de Carbono
97	Anexo 7 – Chuva Ácida
99	Anexo 8 – Resoluções Conama
125	Referências
128	Acrônimos e Abreviaturas
129	Índice das Tabelas
130	Índice das Figuras



Cachoeira da Pancada Grande,
Ituberá, Bahia.

SUMÁRIO EXECUTIVO

O gás natural conquista uma participação cada vez maior na matriz energética brasileira. Em todo o mundo, as atenções têm se voltado para tal combustível, não somente pelo seu potencial de prover estabilidade ao sistema elétrico e mitigar o risco hidrológico através da operação das usinas térmicas para geração de eletricidade, mas também pelos inquestionáveis benefícios ambientais que o gás natural apresenta frente a outras opções fósseis. Este trabalho surgiu a partir da motivação para esclarecer ao público em geral, especialmente aos cidadãos baianos, alguns desses benefícios – reduções de emissões de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado e dióxido de carbono (CO₂), mensurando tais benefícios, sempre que possível.

No Brasil, a Bahia figura entre os estados pioneiros na utilização de gás natural. A partir da descoberta do campo (gás não-associado) de Itaparica, em 1942, registros históricos comprovam os primeiros esquemas de fornecimento de gás natural para fábricas localizadas próximo aos campos de produção, na região do Recôncavo. O Estado tem grande tradição na utilização desse combustível, que se intensificou de forma significativa a partir de 1994, com início das operações da Bahiagás, cujo propósito é prestar serviços relacionados à distribuição do gás canalizado no Estado.

O presente estudo considerou os benefícios ambientais do uso do gás natural como combustível durante o período de 1994 a 2003 (dez primeiros anos de atuação da Bahiagás), partindo do pressuposto que a não-existência do gás natural acarretaria o uso de combustíveis fósseis com maiores emissões de poluentes.

Como destaque importante do estudo aparece o ano de 2003, quando cerca de 3,8 milhões de metros cúbicos de gás natural foram comercializados diariamente pela Bahiagás. Naquele ano, a participação do gás natural na matriz energética baiana foi estimada em 15%, o que coloca a Bahia entre os estados brasileiros onde essa participação é mais expressiva.

Partindo-se do fornecimento de gás natural para uso como combustível nos diversos setores atendidos pela Bahiagás, e utilizando-se uma metodologia baseada em fontes bibliográficas de credibilidade, foram construídos cenários para estimar os benefícios do gás natural, com vistas à redução dos quatro poluentes mencionados anteriormente.

A base da elaboração dos cenários foi a comparação com o uso de um outro combustível fóssil para atender à demanda dos setores. Esse uso pode ter de fato ocorrido numa fase inicial, havendo uma conversão para o gás natural; ou considerou-se um uso hipotético, baseado na prática mais comum no setor analisado, para os casos em que o gás natural foi a única opção do setor, desde o início das atividades.

Dessa forma, mensurou-se a redução da emissão de poluentes derivados da combustão pela utilização do gás natural. De maneira geral, o uso do gás nos

O presente estudo considerou os benefícios ambientais do uso do gás natural como combustível durante o período de 1994 a 2003 (dez primeiros anos de atuação da Bahiagás), partindo do pressuposto que a não-existência do gás natural acarretaria o uso de combustíveis fósseis com maiores emissões de poluentes.

Nas premissas para determinação do nível de emissões adotou-se uma postura conservadora, assumindo-se informações críveis de diversas fontes, que foram ratificadas pela Universidade Federal da Bahia – UFBA e pela Universidade Salvador – UNIFACS.

setores analisados contribuiu enormemente para evitar a emissão de poluentes.

Do total do gás natural distribuído pela Bahiagás no período de 1994 a 2003 (dez anos), 8,2 bilhões de m³, apenas 6,6 bilhões de m³ foram considerados no estudo, devido ao seu uso como combustível. O restante, 1,6 bilhões de m³, usados como matéria-prima, foi desconsiderado no projeto, pois se admitiu que esse tipo de uso não acarretaria emissões diferenciais, caso o gás natural fosse substituído pela nafta.

Já no ano de 2003, do total de gás natural vendido pela Bahiagás, cerca de 1,2 bilhão de metros cúbicos (correspondente a uma média 3,27 milhões/dia), 85% foram para combustível e 203 milhões de metros cúbicos (equivalente a uma média de 556 mil m³/dia) foram utilizados como matéria-prima (15%). A quantidade de gás natural vendida como matéria-prima para a indústria petroquímica não foi considerada no estudo pelas razões ressaltadas no parágrafo anterior.

As tabelas a seguir sintetizam os benefícios relativos ao consumo de gás natural para uso como combustível nos anos de 1994 a 2003. Conforme pode ser constatado, o gás natural praticamente não gera particulados, nem dióxido de enxofre, sendo as emissões de dióxido de carbono em média 30% menor em relação a outros combustíveis.

Nas premissas para determinação do nível de emissões adotou-se uma postura conservadora, assumindo-se informações críveis de diversas fontes, que foram ratificadas pela Universidade Federal da Bahia – UFBA e pela Universidade Salvador – UNIFACS.

Os gases liberados pela combustão podem ser tratados por diversos processos industriais,

acarretando uma redução das emissões para a atmosfera após esse tratamento. Na análise realizada, não foi considerado nenhum tratamento das emissões provenientes da combustão do gás natural ou dos combustíveis substitutos (óleo combustível, diesel, gasolina, coque etc.).

Apesar de mostrar que o gás natural constitui uma excelente opção energética, o presente trabalho pode ser aperfeiçoado posteriormente. O fato de tratar somente com dados da Bahiagás torna o estudo passível de revisão num futuro próximo, já que a Petrobras faz grande uso do insumo como combustível no Estado da Bahia. Seria pertinente, assim, complementar o trabalho com informações que possam dar embasamento para se discutir benefícios no Estado da Bahia e não somente benefícios a partir da operação Bahiagás.

Fica como sugestão, também, o aprimoramento do tratamento dado aos gases de efeito estufa, de forma a possibilitar o enquadramento de iniciativas de uso

¹ No caso do NO_x, há uma única situação (setor energético) em que as emissões, a partir do uso do gás natural, são maiores em relação ao uso do combustível alternativo.

TABELA-SUMÁRIO I | BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO GÁS NATURAL NO PERÍODO DE 1994 A 2003

Emissões	SO ₂	NO _x	Particulados	CO ₂
Outros combustíveis (1)	89.532	47.965	18.999	19.695.164
Gás natural (2)	932	29.294	533	13.570.455
Diferença (1) – (2)	88.600	18.671	18.466	6.124.709

Unidade: tonelada

TABELA-SUMÁRIO II | BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO GÁS NATURAL NO ANO DE 2003

Emissões	SO ₂	NO _x ¹	Particulados	CO ₂
Outros combustíveis (1)	15.297	7.759	2.812	3.426.717
Gás natural (2)	167	5.100	95	2.398.101
Diferença (1) – (2)	15.130	2.659	2.717	1.028.616

Unidade: tonelada



do gás natural dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que será introduzido ao longo do texto.

A oferta de gás natural no Estado, a partir de 2006, deverá dobrar em função da entrada em operação do campo de Manati, localizado na Bacia de Camamu, acarretando substancial acréscimo no consumo de gás natural. Esse aumento de consumo será imediato, uma vez que, atualmente, já existe um *déficit* muito grande de gás natural no mercado baiano.

Em decorrência do aumento de consumo do gás natural a partir de 2006, a Bahia terá aumentado ainda mais a participação desse insumo na sua matriz energética, consolidando a posição de liderança no mercado nacional (a estimativa atual é que a participação do gás natural na matriz energética do Estado seja cerca de duas vezes maior que a média nacional). Os benefícios ambientais em função desse aumento de consumo deverão ser ampliados, favorecendo a população baiana com uma melhor qualidade de vida.

O gás natural representa um diferencial competitivo para a Bahia e um vetor de crescimento de uma energia ambientalmente adequada e economicamente viável, estando, portanto, em sintonia com o novo paradigma global, que preconiza o desenvolvimento sustentável, comprometido com a qualidade de vida e a preservação do meio ambiente.

A BahiaGás desde o início de suas operações atende o Pólo Petroquímico de Camaçari.



Arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*) – espécie ameaçada de extinção, que é encontrada em diversas regiões do Brasil. Na Bahia pode ser observada na área de cerrado na região de Barreiras. O tráfico de animais é a principal ameaça a essa espécie, seguida da destruição do seu habitat.

INTRODUÇÃO

Aspectos Globais

Os problemas ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis são cada vez mais evidentes, principalmente os que estão relacionados à combustão: o aquecimento global do clima, principal consequência das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa, sendo o principal deles o dióxido de carbono (CO_2) – mais importante produto da combustão de compostos hidrocarbonetos, a exemplo do carvão e do petróleo; a ocorrência de chuva ácida, devido a emissões de dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x); além de problemas de saúde pública, como a formação de ozônio e o *smog*¹ fotoquímico, consequência da geração de NO_x e a formação de material particulado, que causa graves danos à saúde, além de poluição visual.

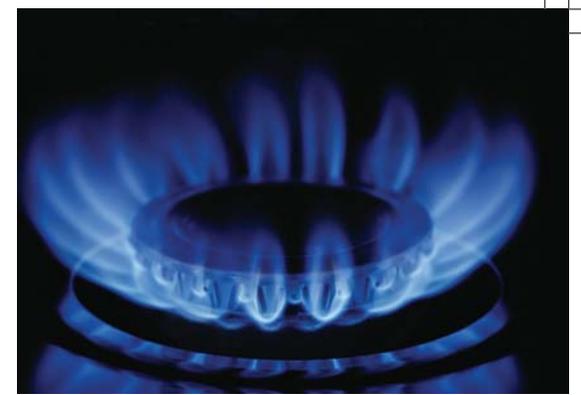
É importante ressaltar, todavia, que a combustão de cada combustível fóssil, em processos diferentes, contribui de forma diferenciada para a ocorrência das questões acima citadas, de forma que existem alguns combustíveis fósseis com maiores níveis de emissões, isto é, que causam mais poluição, e outros mais “limpos”, causam menos poluição.

O gás natural tem despontado como uma excelente alternativa energética, face à necessidade de reduzir os problemas associados à queima de combustíveis fósseis, enquanto contribui para suprir a energia necessária ao desenvolvimento econômico. Apesar de um histórico de uso, desde o início de produção dos campos do Recôncavo, foi nos anos 90 que o uso do gás natural passou a ser mais disseminado no Brasil, principalmente em função das medidas tomadas pelo governo brasileiro, no sentido de diversificar as fontes de energia no País.

Motivação e Objetivos

Este trabalho tem o intuito de mostrar como o uso do gás natural distribuído pela Bahiagás no Estado da Bahia vem contribuindo para mitigar os diversos efeitos prejudiciais ao meio ambiente, associados ao uso de combustíveis fósseis mais poluentes, como coque, óleo combustível e óleo diesel. Como poderá ser visto, o gás natural proporciona excelentes benefícios, no que se refere à redução de emissões de CO_2 , SO_2 , NO_x e material particulado, quando seu uso é comparado ao uso de outros combustíveis, como os acima mencionados. Considerando que esses poluentes são altamente nocivos ao meio ambiente ou à saúde humana, como será detalhado no corpo deste trabalho, será evidenciado que a substituição pelo gás natural contribui enormemente para o bem-estar da população, que passa a contar com as vantagens desse combustível.

¹ Será melhor explicado adiante que o ozônio é um gás encontrado naturalmente nas altas camadas da atmosfera, sendo responsável pelo bloqueio de raios solares ultravioleta, que podem causar câncer. *Smog* é um termo que designa genericamente a névoa amarelada que costuma ser perceptível em áreas de grande concentração urbana durante os finais de tarde.



O gás natural tem despontado como uma excelente alternativa energética, face à necessidade de reduzir os problemas associados à queima de combustíveis fósseis, enquanto contribui para suprir a energia necessária ao desenvolvimento econômico.

Apesar de um histórico de uso, desde o início de produção dos campos do Recôncavo, foi nos anos 90 que o uso do gás natural passou a ser mais disseminado no Brasil, principalmente em função das medidas tomadas pelo governo brasileiro, no sentido de diversificar as fontes de energia no País.

Acreditamos que as grandes vantagens que permitirão ao GN assumir uma maior participação na matriz energética nacional serão o diferencial ambiental, a segurança, a confiabilidade e a facilidade da logística. Essas questões, no longo prazo, serão provavelmente mais importantes que o diferencial de preço entre o gás natural e outros energéticos. Entretanto, precisamos divulgar essas vantagens, para que a sociedade as perceba e as valorize.

O propósito deste projeto é mostrar o diferencial ambiental. Dessa forma, este trabalho vai ao encontro dos objetivos do plano de massificação do uso de gás natural no Brasil, que visa inserir esse combustível na matriz energética de modo mais representativo, trazendo ganhos de qualidade de vida para a sociedade de um modo geral.

É preciso refletir que o uso da energia de forma ecoeficiente tem dimensões sociais, ambientais e econômicas, que ultrapassam as fronteiras dos países e das gerações, passando a um contexto holístico maior, de sustentabilidade do desenvolvimento da espécie humana. A energia permeia a vida da humanidade. Necessita-se dela para tornar possível a sobrevivência e, paralelamente, garantir que seu uso afete minimamente o meio ambiente e não coloque em risco as gerações futuras.

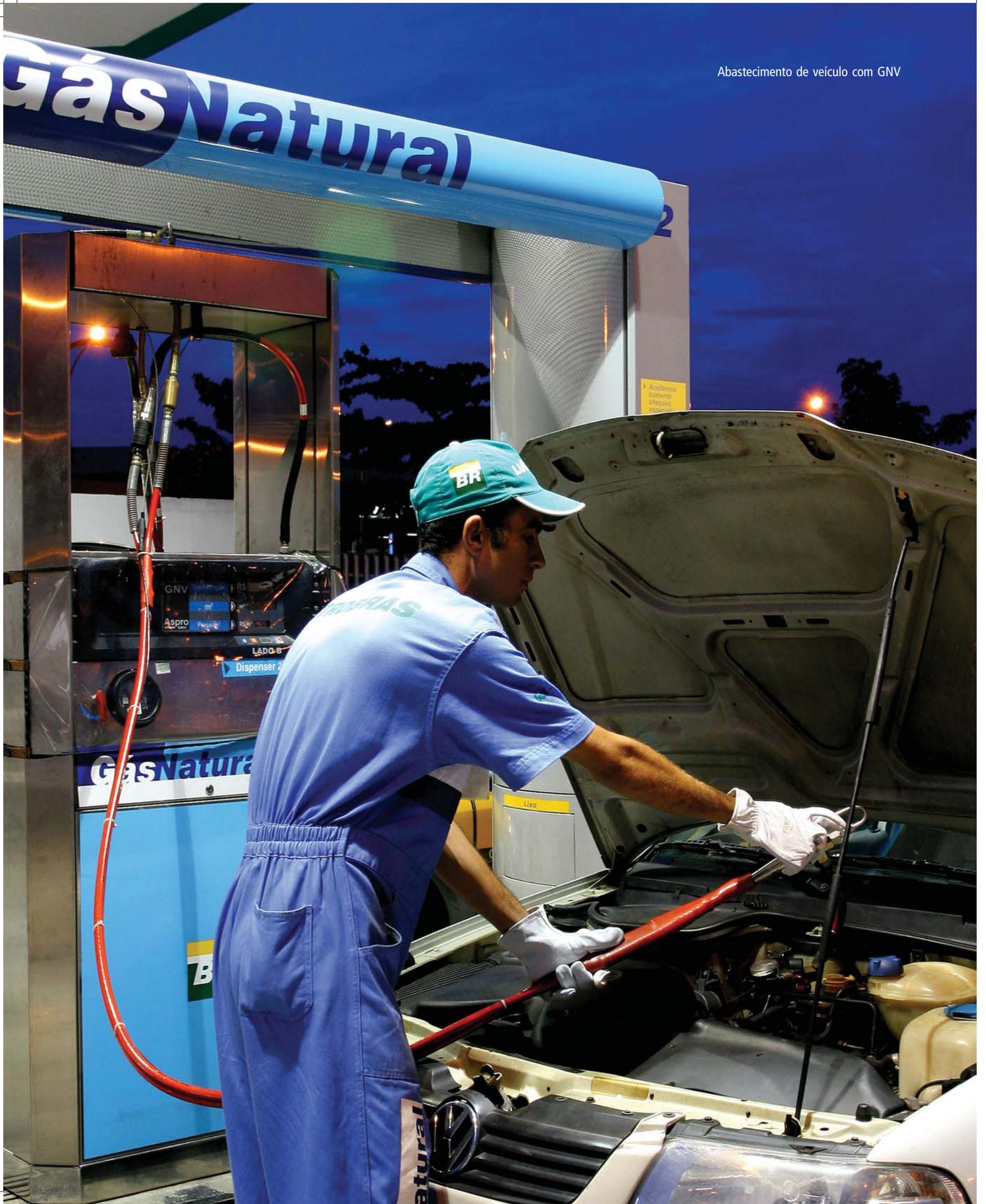
O gás natural é o combustível fóssil mais limpo e menos intensivo em carbono, daí a sua importância como combustível de transição, até que se desenvolvam alternativas tecnológicas de baixo impacto ambiental.

Todas as análises do gás natural distribuído pela Bahiagás são realizadas nos laboratórios da Petrobras.





Operador da Bahiagás recolhendo amostra do gás natural para ser analisado.



CAPÍTULO 1

GÁS NATURAL: PRODUTO E MERCADO



Produto

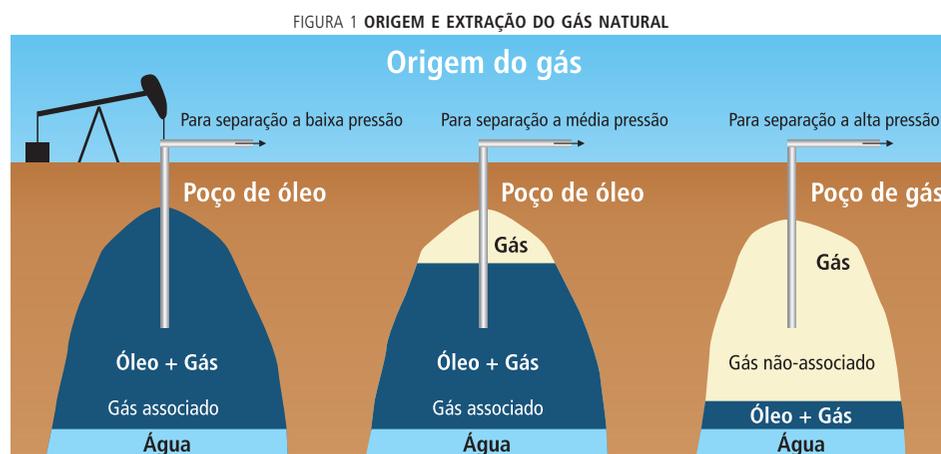
O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, em condições normais de temperatura e pressão, encontra-se em estado gasoso. É inodoro, incolor e não-tóxico. Na natureza, é encontrado em acumulações de rochas porosas (terrestre ou marinha), acompanhado de petróleo ou não.

Quanto à origem, o gás natural pode ser classificado como **gás associado** – quando há predominância do petróleo na exploração da jazida e é separado durante o processo de produção, passando a ser um co-produto – e como **gás não-associado**, quando é obtido em grande quantidade diretamente do reservatório, sendo pequena a quantidade de petróleo produzida, o que caracteriza o inverso da situação anterior, passando o petróleo a ser um co-produto. O aproveitamento econômico é fundamental para a produção do campo.

Também pode ser denominado de **gás úmido**, o gás que contém frações líquidas de hidrocarbonetos comercialmente recuperáveis, e de **gás seco**, aquele que tem a fração líquida retida depois de processado na Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN). Na figura 1, é mostrado um esquema da origem e extração do gás natural.

A composição do gás natural pode variar de campo para campo, de acordo com o tipo de matéria orgânica que lhe deu origem, os processos naturais a que foi submetido e o processamento em unidades industriais, dentre outros fatores. Sua composição consiste predominantemente de metano e quantidades menores de etano, propano e outros hidrocarbonetos de maior peso molecular.

Além desses compostos, são encontrados nitrogênio, dióxido de carbono, água e compostos de enxofre, em forma de impurezas, porém, com baixo teor. O metano é o hidrocarboneto existente na natureza que apresenta a maior relação de hidrogênio em relação ao carbono, o que favorece a menor formação de CO₂ na reação de combustão. Essa é a principal razão para que o gás natural, com uma



Fonte: Bahiagás

O gás natural é uma mistura gasosa de hidrocarbonetos encontrada na natureza, contém principalmente metano e etano. É incolor, inodoro e não-tóxico.

O ozônio ao nível do solo é um poderoso poluente. Danifica o tecido do pulmão, reduz a função pulmonar e torna o órgão sensível às outras irritações. Anualmente, ele é responsável pelas perdas das colheitas de vários bilhões de dólares nos Estados Unidos e causa prejuízos visíveis às plantas e árvores. O ozônio, num âmbito da estratosfera, protege a vida na Terra, pois age como um filtro para os raios ultravioleta, diminuindo a incidência dos mesmos na superfície da Terra.

composição predominante em metano, gere menos CO₂, em relação à combustão de outros combustíveis.

Avaliando a reatividade na atmosfera do metano e etano em relação aos outros hidrocarbonetos saturados (alcanos), segundo dados compilados por CARLIER et al. 1986, nota-se que esses compostos apresentam, de um modo geral, taxa de reatividade em relação a radicais presentes na atmosfera menores que os hidrocarbonetos de massa molecular maior. Isso significa a menor geração de compostos secundários de maior efeito impactante ao meio ambiente, como é o caso do ozônio. Nas tabelas 1 e 2 são mostradas as composições físico-químicas médias de diversas jazidas produtoras de gás natural no mundo e no Brasil.

TABELA 1 CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS TIPOS DE GÁS NATURAL NO MUNDO

Campo produtor	Gás associado	Exemplos de gás não-associado				
	Aga Jarí, Irã	Leman Bank, Mar do Norte	Gronigen Holanda	Monroe, Louisiana	Amarillo, Texas	Ashland, Kentucky
Composição % vol.						
Metano	66	94,7	81,2	94,7	72,9	75,0
Etano	14,0	3,0	2,9	2,8	19,0	24,0
Propano	10,5	0,5	0,4	-	-	-
Butano	5,0	0,2	0,1	-	-	-
C5 e maiores	2,0	0,2	0,1	-	-	-
Sulfetos de hidrogênio	-	-	-	-	-	-
CO ₂	1,5	0,1	0,9	0,2	0,4	-
N ₂	1,0	1,3	14,4	2,3	7,7	1,0
He	-	< 0,1	< 0,1	-	-	-
Densidade relativa ao ar (ar = 1)	0,87	0,59	0,64	0,58	0,68	0,67
Poder calorífico						
Btu/Nft ³	1403	1037	843	988	1057	1161
MJ/Nm ³	52,3	38,6	31,4	36,8	39,2	43,2

Fonte: British Petroleum

TABELA 2 CARACTERÍSTICAS DO GÁS NATURAL

Componente	Bahia		Bacia de Campos	Guamaré	Bolívia
	Recôncavo	Manati			
Composição % vol.					
Metano	88,85	88,56	89,44	88,84	89,09
Etano	8,99	3,78	6,70	8,64	5,93
Propano e maiores	0,51	1,50	2,72	0,21	2,89
Sulfetos de hidrogênio	traços	-	traços	traços	traços
CO ₂	0,86	0,35	0,34	1,41	0,65
N ₂	0,79	5,8	0,80	0,90	1,20
Densidade relativa ao Ar (ar = 1)	0,612	0,620	0,623	0,616	0,631
Poder calorífico inferior MJ/Nm ³	39,25	S/I	40,26	38,81	39,89

Nota: O novo campo de Manati, que deverá entrar em operação em 2006, fica localizado na Bacia de Camamu.
Fonte: Petrobras

Mercado

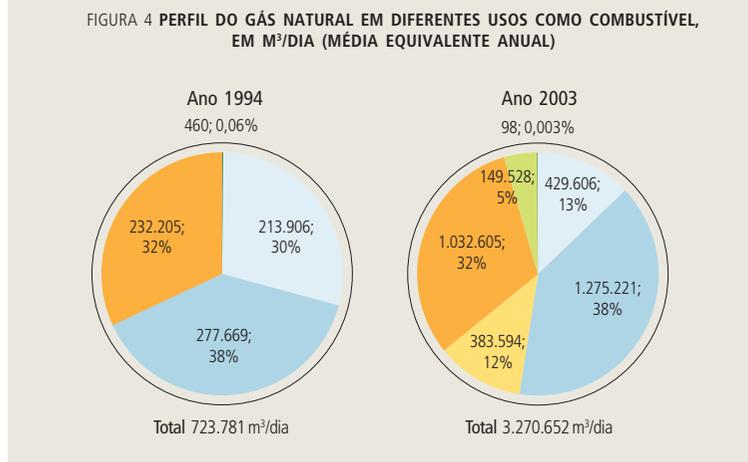
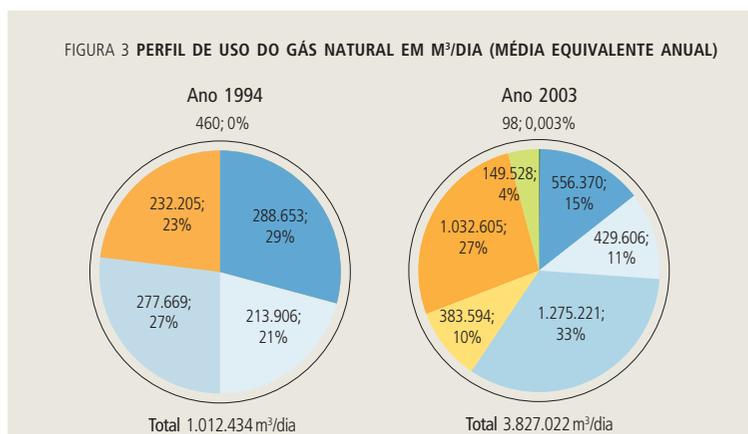
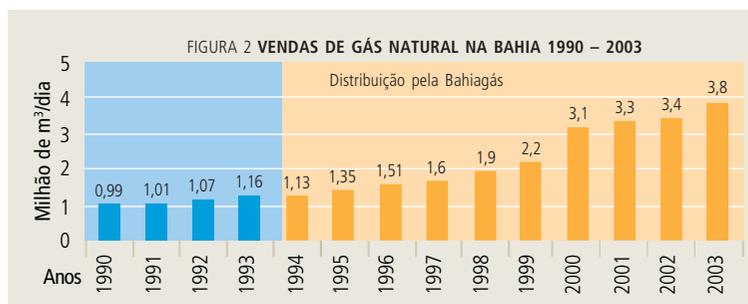
A Constituição Federal de 1988 definiu que caberia aos Estados explorar diretamente ou mediante concessão os serviços de distribuição de gás canalizado. Sendo assim, a Bahiagás foi criada em 1991, como uma empresa de economia mista, vinculada à Secretaria de Infra-Estrutura e controlada pelo Governo do Estado. A evolução das vendas do gás natural é mostrada na figura 2, com destaque para o ocorrido após 1994, com a entrada da Bahiagás em operação.

A figura 3, a seguir, mostra o perfil de uso do gás natural em 1994 (ano de início das atividades da Bahiagás) e em 2003. A figura 4 mostra o perfil do gás natural em diferentes usos como combustíveis, objeto deste estudo, destacando a co-geração e termogeração na produção de energia elétrica.

É importante destacar na figura 2 o histórico do uso do gás natural no Estado da Bahia. Como será visto mais adiante, a análise apresentada baseia-se no período de atuação da Bahiagás – de 1994 a 2003. Isso não significa, porém, que os diversos benefícios advindos do uso desse combustível, em detrimento do uso de outros combustíveis fósseis, venham ocorrendo somente a partir do início de operações da Bahiagás. De fato, o uso do gás natural no Estado da Bahia ocorre há décadas e diversos benefícios ambientais vêm sendo auferidos a partir de tal uso.

A empresa entrou em operação em 1994, quando passou a fornecer 1,012 milhões de m³ por dia aos 12 clientes que eram atendidos pela Petrobras. Desde então, passou a investir na ampliação da carteira de clientes, com a construção de novos gasodutos e no aprimoramento do atendimento. Além desse ganho quantitativo, houve um esforço importante na diversificação de consumo e o gás natural passou a estar presente em amplos segmentos da atividade econômica do Estado.

A Bahiagás alcançou, em 2003, um volume médio de gás natural comercializado de 3.817 mil de m³ por dia e hoje é a empresa distribuidora de gás natural canalizado de maior diversidade no fornecimento ao setor industrial brasileiro. Seu volume comercializado está distribuído entre os usos combustível, co-geração, matéria-prima petroquímica, redutor siderúrgico, usinas térmicas e também no segmento automotivo e nos setores comercial e residencial.



- Matéria-prima petroquímica
- Cogeração
- Redutor siderúrgico
- GNV
- Combustível industrial
- Uso residencial
- Termogeração

Em junho de 2004, a Bahiagás atingiu o volume de 4,0 milhões de metros cúbicos de gás comercializados por dia, consolidando sua posição de terceira maior, dentre as distribuidoras do país em volume comercializado. Todo o gás consumido no Estado é extraído pela Petrobras das reservas da Bahia, Alagoas e Sergipe.

Merece destaque o uso do gás natural para co-geração, com 27% de todo gás natural comercializado pela Bahiagás em 2003 (figura 3), como um dos mais expressivos no País nessa modalidade de uso. O uso do gás natural como matéria-prima é considerado o mais nobre, seguido do uso na co-geração, mais eficiente se comprado ao uso como combustível industrial em fornos e caldeiras. Na Bahiagás, os usos como matéria-prima e para co-geração, juntamente com o uso para redutor siderúrgico, atingiram, no ano de referência, 53% do total do gás natural comercializado pela empresa.

Cabe destacar que o Pólo Petroquímico de Camaçari mantém uma grande central de utilidades, gerando vapor e eletricidade, através do processo de co-geração, fornecendo esses insumos para diversas empresas químicas e petroquímicas no complexo básico. Esse sistema canalizado de fornecimento de utilidades, além de oferecer ganho de escala, usa um processo mais eficiente do ponto de vista energético, a co-geração. O gás natural é o principal combustível utilizado na central de utilidades do Pólo.

Em junho de 2004, a Bahiagás atingiu o volume de 4,0 milhões de metros cúbicos de gás comercializados por dia, consolidando sua posição de terceira maior, dentre as distribuidoras do país em volume comercializado. Todo o gás consumido no Estado é extraído pela Petrobras das reservas da Bahia, Alagoas e Sergipe.

Em 2003 e 2004, a Bahiagás conquistou os prêmios de Melhor Empresa do Setor de Serviços da região Norte-Nordeste, do anuário “Melhores e Maiores”, da Revista Exame, pelo desempenho em 2002 e 2003, respectivamente.

A Companhia tem como objetivo a expansão da carteira de clientes e a busca de novas formas de atender à demanda existente na região, negociando volumes maiores e apoiando políticas que tenham como finalidade uma participação significativa do gás natural na matriz energética estadual, como o programa de massificação proposto pela Petrobras.

Consolidada como a maior fornecedora para a indústria, com forte tradição de atendimento ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari, gerando assim competitividade e atração de novos empreendimentos, a Companhia tem como desafio estratégico ampliar o atendimento aos setores energético, residencial, comercial e de transporte (segmento automotivo). Por isso, tem realizado um crescente programa de investimentos, alcançando os montantes de R\$ 24 milhões em 2002 e R\$ 42 milhões em 2003.

O setor residencial passou a ser atendido em 2004, com o início do fornecimento de gás a esse segmento. Em dezembro de 2004, a Bahiagás mantinha contratos com 28 prédios. Destes, 10 estavam recebendo gás natural, atendendo a 319 domicílios, que utilizam o combustível para aquecimento de água e cocção de alimentos (gás de cozinha). Para 2005, está previsto o fechamento de contratos com 100 prédios, sendo que 60 receberão gás natural para atender a cerca de 2.000 domicílios.

O setor de transporte (segmento automotivo) também merece destaque pelo seu grande e rápido desenvolvimento. A Bahia mantinha, em dezembro de 2004, cerca de 33 mil veículos convertidos para o uso do gás natural veicular. Com 28 postos

de abastecimento, localizados em Salvador e na Região Metropolitana, o setor registrou crescimento de 25%, quando comparados os dados de 2004 e 2003.

Em paralelo ao crescimento dos setores já atendidos, a Bahiagás trabalha com o desafio de expandir a rede de distribuição, com cerca de 400 km, levando o produto para municípios do interior da Bahia. A Companhia já tem projetos em desenvolvimento para Feira de Santana, Alagoinhas, Catu e Santo Amaro.

Esta estratégia vai ao encontro do programa de massificação do uso do gás natural, estimulado pela Petrobras. Esse programa deve elevar a participação do combustível na matriz energética do País em 2010 para 12%, um percentual 5 pontos acima dos índices atuais. Estima-se que o Estado da Bahia, em 2003, tenha alcançado uma participação do gás natural na matriz energética equivalente a 15%².

A seguir, alguns dos principais objetivos do programa de massificação do uso do gás natural:

- acelerar a auto-suficiência energética nacional e diversificar o suprimento de energia;
- gerar divisas, por meio da redução das importações de GLP, óleo combustível e nafta e da exportação dos derivados substituídos;
- diminuir os investimentos em refino no País para suprir o crescimento de derivados do petróleo;
- diminuir o transporte rodoviário de combustíveis (carga perigosa) nas estradas, reduzindo o número de acidentes e contribuindo para uma melhor conservação da pavimentação das rodovias;
- melhorar a qualidade dos processos nas indústrias – maior competitividade da indústria nacional;
- fomentar novos segmentos industriais ligados à indústria do gás natural;
- permitir o acesso da população de baixa renda ao gás natural residencial;
- possibilitar instalações de pequenas indústrias nas periferias das cidades;
- promover a geração de emprego e renda;
- estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e de capacitação de pessoal;
- monetizar as reservas de gás do País;
- reduzir os índices de poluição nos grandes centros urbanos.

Com relação a esse último item, o programa visa atender principalmente a frotas de transporte público coletivo em áreas urbanas, frotas de veículos leves de carga e parques industriais. Dessa forma, haverá um ganho ambiental imediato, já que o óleo diesel tem um nível poluidor muito superior ao do gás natural, principalmente no que tange à emissão de particulados. Com a utilização do combustível gasoso (GNV) em ônibus urbano em substituição ao diesel, cria-se um grande potencial de melhoria da qualidade do ar e, conseqüentemente, da saúde das pessoas.

² O Balanço Energético do Estado da Bahia de 2003 ainda não foi divulgado.

O programa de massificação do uso do gás natural visa atender principalmente a frotas de transporte público coletivo em áreas urbanas, frotas de veículos leves de carga e parques industriais. Dessa forma, haverá um ganho ambiental imediato, já que o óleo diesel tem um nível poluidor muito superior ao do gás natural, principalmente no que tange à emissão de particulados.

Operador da Bahiagás em manobra operacional



CAPÍTULO 2

EMISSÕES E MECANISMOS DE CONTROLE E INCENTIVO



Reação de Combustão

A essência das emissões está no próprio entendimento do processo de combustão, por isso considera-se, neste item, uma conceituação resumida do seu significado. Entretanto, fica como sugestão uma consulta ao Anexo 2, para verificação de maiores detalhes.

A combustão consiste em uma reação química entre o combustível e o oxigênio (geralmente proveniente do ar atmosférico), que resulta em gases de exaustão e liberação de grande quantidade de calor, o que caracteriza uma reação exotérmica. Para ocorrer uma reação de combustão, além do combustível e do oxigênio, é necessária uma quantidade inicial de energia, que chamamos de energia de ativação. A quantidade de calor é a energia que se quer aproveitar dos combustíveis fósseis para ser usada pelo homem nas suas necessidades básicas e no seu desenvolvimento.

A reação de combustão¹ de um combustível fóssil (óleo combustível, diesel, gás natural etc.) visa à geração de energia térmica e gera subprodutos, como dióxido de carbono, água, nitrogênio e luz. Numa demonstração básica do processo de combustão, apresenta-se abaixo a queima do gás metano (CH₄), que constitui aproximadamente 89% do gás natural comercializado pela Bahiagás.



Deve-se ressaltar que a equação acima é uma representação simplificada, já que durante o processo de combustão outros gases podem ser formados.

A qualidade dos gases de exaustão depende fundamentalmente do tipo de combustível fóssil que está sendo usado e também da tecnologia empregada nos processos de combustão. Os combustíveis fósseis contêm alguns contaminantes, como metais, nitrogênio, oxigênio e enxofre; este último, embora libere calor na reação de combustão, é considerado indesejável, devido à formação de óxido de enxofre, ácido sulfuroso e sulfúrico.

O nitrogênio participa da reação de combustão em duas formas: presente no ar que supre as necessidades de oxigênio do processo de combustão e em alguns combustíveis que possuem nitrogênio na sua estrutura. O nitrogênio na forma molecular é um produto inerte quimicamente; no entanto, na forma atômica, ele é reativo e pode dar origem aos óxidos de nitrogênio.

Por mais paradoxal que seja, quanto maior a eficiência de combustão, mais facilmente ocorre a formação dos óxidos de nitrogênio, cujo efeito será visto neste capítulo, no parágrafo que trata do assunto. A razão é que, quando isso acontece, a temperatura de combustão é mais elevada e facilita a transformação do nitrogênio da forma molecular para atômica.

A combustão consiste em uma reação química entre o combustível e o oxigênio (geralmente proveniente do ar atmosférico), que resulta em liberação de grande quantidade de calor, e gases de exaustão. A quantidade de calor é a energia que se quer aproveitar dos combustíveis fósseis para ser usada pelo homem nas suas necessidades básicas e no seu desenvolvimento.

¹ Melhor explicação sobre combustão no Anexo 2.

O metano é o hidrocarboneto que apresenta a maior relação de hidrogênio/carbono, o que faz do metano o hidrocarboneto que gera menos emissões de CO₂ por unidade de energia.

O gás natural é praticamente isento de enxofre.

Um ponto importante relacionado com o processo de combustão é o porquê do gás natural ser “mais limpo” que os outros combustíveis fósseis. A queima do gás natural gera menos emissões, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), principal gás de efeito estufa. Esse fato decorre da estrutura química do metano apresentar determinadas características em relação a outros hidrocarbonetos (o metano participa com 89% da composição do gás natural do Recôncavo).

A molécula de metano gera menor emissão de carbono (sob a forma de CO₂) por unidade de energia, quando oxidada, devido ao fato do metano apresentar a maior relação de hidrogênio/carbono dentre todos os hidrocarbonetos. A oxidação ocorre entre os átomos de carbono e hidrogênio durante o processo de combustão.

O maior poder calorífico do hidrogênio em massa (cerca de três vezes maior do que a maioria dos hidrocarbonetos) e a energia das ligações carbono hidrogênio, são responsáveis para que a reação de combustão do metano se processe com a menor liberação de emissão de carbono por unidade de energia.

Um outro aspecto relevante é que o gás natural é praticamente isento de enxofre, o que não ocorre com os outros hidrocarbonetos oriundos do refino do petróleo. É importante reafirmar que as emissões de SO₂, NO_x, CO₂ e particulados estão fundamentalmente atreladas à qualidade dos gases exaustos no processo de combustão, que, por sua vez, depende da qualidade dos combustíveis que forem utilizados e da tecnologia usada no processo de combustão.

Emissões de Dióxido de Enxofre

O dióxido de enxofre (SO₂) é um gás formado na atmosfera devido a atividades naturais e antrópicas. Esse gás formado a partir de fontes naturais é proveniente de erupções vulcânicas, queimadas de florestas, processos de biodigestão de resíduos orgânicos, dentre outros. Segundo O’Neill (1995), foram emitidas, em 1990, 156 milhões de toneladas desse composto no planeta. De acordo com a mesma fonte, foram emitidas 52 milhões de toneladas provenientes de ações do homem. Dessa parcela, a maior contribuição é proveniente da queima de combustíveis fósseis em processos industriais.

O dióxido de enxofre é formado quando combustíveis que contêm enxofre são queimados. Na reação de combustão de um combustível fóssil que contenha enxofre na sua composição, a exemplo do óleo combustível, diesel, gasolina, carvão mineral etc., teremos como produtos a geração de energia térmica e, como subprodutos, o dióxido de enxofre e nitrogênio.



O SO₂ formado na reação de combustão da equação acima combina-se com a água existente nos gases de exaustão, formando ácido sulfuroso (H₂SO₃). Este ácido reage com o oxigênio, presente no ar atmosférico, formando o ácido sulfúrico (H₂SO₄). O SO₂ e derivados são os principais responsáveis por um grave problema ambiental, a *chuva ácida*², que é denominada no meio científico de duas formas: deposição ácida úmida e deposição ácida seca.

² Mais informações sobre a chuva ácida no anexo 7.

Denomina-se deposição ácida úmida a chuva, névoa ou neve ácida que se deposita sobre a superfície terrestre. O impacto dos efeitos varia de acordo com a acidez da deposição, da capacidade do solo, tipos vegetais e animais. A deposição seca, por sua vez, refere-se a gases e partículas ácidas que são depositados na superfície a partir da força do vento. Ao ser levada pela chuva, que já é ácida, a deposição seca contribui para o aumento da acidez e, portanto, agrava os problemas causados pelo excesso de emissões de SO₂ (EPA, 2004).

A concentração de SO₂ no gás resultante da combustão é função tanto do teor de enxofre no combustível, como também da relação ar/combustível, e, para uma mesma razão ar/combustível, o gás natural é o combustível fóssil que menos contribui para a emissão de SO₂.

Na composição do gás natural comercializado pela Bahiagás, o teor de enxofre médio é de 7 mg/m³, muito abaixo do limite de 70mg/m³ estabelecido pela ANP³. Sendo assim, a contribuição do gás natural para a formação de SO₂ é mínima.

A chuva ácida é apenas um dos problemas associados à emissão de óxidos de enxofre para a atmosfera. Altos níveis de SO₂ causam dificuldades respiratórias em pessoas com asma e podem piorar o funcionamento cardíaco de pessoas com problemas no coração. Certos particulados sulfatados, formados a partir da reação do dióxido de enxofre com outras substâncias na atmosfera, podem aglutinar-se nos pulmões, quando respirados, causando também doenças respiratórias e morte prematura.

A acidificação de lagos, rios e solos contribui para a modificação de ecossistemas, com a eliminação de espécies não-suscetíveis aos altos níveis de acidez, sendo que precipitações ácidas contribuem também para a aceleração da deterioração de materiais de construção, causando alterações estéticas em fachadas, edifícios e monumentos (EPA, 2003).

Dessa forma, é importante que o uso de combustíveis fósseis leve em consideração a quantidade de enxofre presente no combustível, como forma de tentar minimizar a emissão do dióxido de enxofre, reduzindo, assim, os efeitos nocivos, associados à alta concentração deste gás na atmosfera.

Emissões de Óxidos de Nitrogênio

O termo NO_x designa, de maneira genérica, o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o monóxido de nitrogênio (NO). Na maioria das vezes, durante a combustão, a formação do NO ocorre de forma majoritária em detrimento do NO₂. No entanto, ao entrar em contato com o oxigênio do ar, o monóxido de nitrogênio passa rapidamente a NO₂, de forma que, em geral, as considerações sobre emissões são feitas com base nas propriedades do dióxido de nitrogênio.

Além do NO_x, outro subproduto nitrogenado formado a partir da combustão é o óxido nitroso (N₂O), um gás de efeito estufa. De acordo com IPCC (1996), porém, as emissões são mínimas e sua estimativa altamente incerta, de modo que não serão tratadas neste trabalho.

A acidificação de lagos, rios e solos contribui para a modificação de ecossistemas, com a eliminação de espécies não-suscetíveis aos altos níveis de acidez, sendo que precipitações ácidas contribuem também para a aceleração da deterioração de materiais de construção, causando alterações estéticas em fachadas, edifícios e monumentos.

³ Agência Nacional de Petróleo, portaria 104/2001.

TABELA 3 ESTIMATIVA DA PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE NO_x NAS EMISSÕES GLOBAIS

Fonte	Estimativa de emissões de NO _x (%)
Atividades humanas	
Combustão de combustíveis fósseis, excluindo-se aeronaves	42
Combustão de biomassa	24
Atividades naturais	
Atividade microbiana	16
Tempestades elétricas	16
Entradas da estratosfera	1

Fonte: Adaptado de Sloss et al., 1992.

O NO_x é um dos responsáveis pela formação do smog fotoquímico, uma névoa amarelada produzida pela ação da luz solar sobre certos poluentes do ar. Tal névoa normalmente surge sobre grandes concentrações urbanas, tendo como constituintes, além do NO_x o ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis, SO₂ aerossóis e material particulado.

A maioria das emissões de NO_x (66%) é proveniente de ações antrópicas, sendo que a queima de combustíveis fósseis é a maior fonte de emissões globais de NO_x, responsável por 42% do total de emissões. Atividades microbianas no solo são também responsáveis por uma parte das emissões de NO_x (16%) e até descargas elétricas na atmosfera são capazes de promover a formação deste gás (Sloss et al., 1992). A tabela 3 mostra

diferentes atividades e o grau de participação de cada uma na produção de NO_x.

Em processos de combustão, os óxidos de nitrogênio são formados como função de duas fontes (Wood, 1994): a oxidação do nitrogênio presente no ar e a quebra das ligações do nitrogênio presente na constituição do combustível. É importante ressaltar que, segundo Carvalho & Lacava (2003), as emissões de NO_x durante a combustão dependem da composição do combustível, do projeto dos queimadores e seus respectivos modos de operação, além de depender, também, da câmara de combustão. Assim, a queima de um mesmo combustível em dois equipamentos semelhantes pode ainda gerar um nível de emissões do gás diferente em cada um dos casos.

Dentre os principais efeitos do NO_x pode-se citar (EPA⁴, 2004):

- **Poluição Visual:** o NO_x é um dos responsáveis pela formação do *smog* fotoquímico, uma névoa amarelada produzida pela ação da luz solar sobre certos poluentes do ar. Tal névoa normalmente surge sobre grandes concentrações urbanas, tendo como constituintes, além do NO_x, o ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis⁵, SO₂, aerossóis e material particulado.
- **Ozônio Superficial:** o ozônio é um gás presente nas mais altas camadas da atmosfera terrestre e funciona como filtro às radiações ultravioleta provenientes do Sol e como retentor do calor refletido pela Terra. Nas proximidades da superfície, porém, sua presença pode causar uma série de problemas respiratórios, principalmente em crianças, pessoas com problemas pulmonares e asma. O ozônio, quando inspirado, assim como o NO_x, causa disfunções no tecido alveolar, de que se constitui o pulmão, resultando em dificuldades na respiração, podendo, inclusive, levar à formação de edemas. Estes podem levar à morte por asfixia. Outros impactos associados ao ozônio superficial são os danos aos tecidos de espécies vegetais e o comprometimento das safras. É importante ressaltar que o metano e o etano (que constituem, aproximadamente, 98% do gás natural comercializado pela Bahiagás), contribuem menos na formação de ozônio, devido a sua menor reatividade na atmosfera em relação aos outros hidrocarbonetos, conforme citado no capítulo 1.
- **Chuva Ácida:** assim como mencionado para o caso do dióxido de enxofre, o NO_x é também responsável pela ocorrência de chuva ácida, que traz malefícios

⁴ Agência de Proteção Ambiental Americana.

⁵ É importante ressaltar que o metano é um composto orgânico volátil, porém pouco reativo.

em termos de diminuição da biodiversidade em lagos e rios, deterioração acelerada de materiais de construção, danificando monumentos.

- **Partículas, Compostos Tóxicos e Poluição Visual:** ao entrar em reação com outras substâncias presentes na atmosfera terrestre, o NO_x forma partículas ácidas, que, ao serem respiradas, penetram nos pulmões e agravam problemas respiratórios, como enfisema e bronquite, agravando também problemas cardíacos. Tais partículas, bem como outras substâncias formadas durante as reações do NO_x na atmosfera, podem, inclusive, causar mutações genéticas. As reações geram também nitratos (sais de nitrogênio), que, juntamente com o NO_x , causam a formação de névoas que dificultam o alcance da visão.
- **Eutrofização:** a eutrofização é um fenômeno associado à multiplicação de vegetais aquáticos, devido à alta concentração de nutrientes em seu meio ambiente. Um desses nutrientes é o nitrogênio, sendo que o NO_x acelera a presença do elemento em corpos aquáticos nas proximidades da atmosfera poluída. A eutrofização é caracterizada por um decréscimo na concentração de oxigênio disponível no meio ambiente, matando, assim, peixes e outros seres vivos.
- **Aquecimento Global:** conforme exposto anteriormente, um dos compostos nitrogenados formados durante a combustão é o N_2O , um gás potente de efeito estufa. No Anexo 5, encontram-se mais informações sobre o efeito estufa, que causa aumento na temperatura média do globo terrestre, provocando uma série de desastres e problemas.

Material Particulado

Material particulado é um termo utilizado para designar pequenas e minúsculas partículas que ficam suspensas no ar. Esse material inclui substâncias como poeira, sujeira, fuligem e pequenas gotículas (EPA, 2003). Tais partículas são encontradas em tamanhos variados, de forma que os impactos na saúde humana, causados por tal tipo de material, estão intrinsecamente ligados a essa propriedade física.

Os particulados podem ser formados de duas formas distintas, ou ocorrem diretamente a partir da reação de combustão de diversas origens – veículos, termoelétricas, sítios de obras, queimadas e atividades de mineração – ou são formados a partir de reações gasosas que ocorrem na atmosfera, a partir de gases subprodutos da combustão em veículos e termoelétricas, reagindo com luz solar e vapor d'água (EPA, 2003). A fuligem, particulado bastante conhecido, tem tamanho inferior a $0,1 \mu\text{m}$ e é gerada com mais frequência quando ocorre a queima de um combustível líquido, apesar de a formação desse particulado ocorrer em fase gasosa (Carvalho & Lacava, 2003).

Os particulados podem ser encontrados nas mais diversas dimensões, variando de $0,001 \mu\text{m}$ a $500 \mu\text{m}$ (Carvalho & Lacava, 2003). As partículas menores, que ficam suspensas na atmosfera indefinidamente, penetram o sistema respiratório até os alvéolos pulmonares – estruturas do aparelho respiratório humano onde ocorre a oxigenação do sangue. Causam, assim, uma série de problemas de saúde, como agravamento de crises asmáticas, bronquite crônica, decadência da função pulmonar e morte prematura. Além desses efeitos sobre a saúde humana, os particulados estão ainda associados à redução da visibilidade em centros

Material particulado é um termo utilizado para designar pequenas e minúsculas partículas que ficam suspensas no ar. Tais partículas são encontradas em tamanhos variados e inclui substâncias como poeira, sujeira, fuligem e pequenas gotículas. Esse material cria impactos na saúde humana.

TABELA 4 ESTIMATIVA GLOBAL DE EMISSÕES DE PARTÍCULAS DE ORIGEM NATURAL MENORES QUE 20 µm DE DIÂMETRO EMITIDAS PARA OU FORMADAS NA ATMOSFERA

Fonte	Estimativa de emissões (milhões de toneladas por ano)
Solo e fragmentos rochosos	50 – 250
Queimadas florestais	1 – 50
Sal marinho	300
Fragmentos vulcânicos	25 – 150
Partículas formadas de emissões gasosas de H ₂ S, NH ₃ , NO _x e hidrocarbonetos	345 – 1.100
Total de partículas naturais	721 – 1.850

Fonte: Seinfeld, 1986.

As emissões antropogênicas de dióxido de carbono são as principais responsáveis pela mudança global do clima, também chamada de aquecimento global do clima, que resulta numa alteração do efeito estufa. Um fenômeno que, na realidade, ocorre naturalmente no planeta e é responsável pela retenção na atmosfera de parte do calor irradiado pelo sol e refletido pela superfície terrestre.

urbanos, redução de nutrientes no solo, contaminação de leitos aquáticos (rios e lagos), danificação de florestas e lavouras, além de potencialmente danificarem monumentos históricos (EPA, 2003).

Na tabela 4, estimativas globais de particulados menores que 20 µm de origem natural.

Emissões de Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás que ocorre naturalmente na atmosfera terrestre, correspondendo a uma pequena fração do volume total de gases que envolvem o planeta, cerca de 0,03% (IEA, 2004).

A existência do dióxido de carbono na atmosfera contribui para manter o clima do planeta em equilíbrio, criando condições para manter a vida na terra. O aumento do dióxido de carbono na atmosfera, provocado pela ação do homem (industrialização, uso veicular, queimadas etc.), provoca aumento da temperatura global, acarretando desequilíbrio ao meio ambiente.

A concentração do dióxido de carbono na atmosfera aumentou cerca de 25% desde o início da Era Industrial e sua produção está majoritariamente associada a dois fatores: à queima de combustível fóssil e ao desmatamento das florestas nativas do globo, já ocorrido nos países desenvolvidos e que agora aparece nos países em desenvolvimento.

As emissões antropogênicas de dióxido de carbono são as principais responsáveis pela mudança global do clima, também chamada de aquecimento global do clima, que resulta numa alteração do efeito estufa. Um fenômeno que, na realidade, ocorre naturalmente no planeta e é responsável pela retenção na atmosfera de parte do calor irradiado pelo sol e refletido pela superfície terrestre. O aquecimento tem se intensificado desde a Revolução Industrial, como consequência do aumento dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, o que tem causado desequilíbrios climáticos e contribuído para agravar tragédias, como inundações, estiagens prolongadas dentre outras consequências.

Na vida moderna, o CO₂ tem diversas aplicações, tais como carbonatação de bebidas (água, refrigerantes), insumo na indústria química, fabricação de fertilizantes (uréia) e insumo para extintores de incêndio. A maioria do CO₂ utilizado atualmente é gerada como subproduto de outros processos, como fermentação do etanol e fabricação de amônia.

O dióxido de carbono não é um gás tóxico na concentração encontrada na atmosfera. Porém, uma exposição prolongada a concentrações maiores do gás pode ser nociva e causar males à saúde humana, tais como: sensação de dispnéia (impossibilidade de respirar), dor de cabeça, distorção visual, danos à retina, decréscimo da sensibilidade visual, vômitos, perda da consciência e até a morte. Todos esses sintomas dependem da concentração do gás carbônico (CO₂) no gás inalado e do tempo de exposição a tal concentração.

E ainda, apesar de não ser classificado como poluente, o CO₂ é o principal gás associado ao efeito do aquecimento global. De modo a fomentar iniciativas que

visem à redução de emissão de CO₂ e outros GEE, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC reúne-se anualmente⁶. O uso de combustíveis mais limpos, como o gás natural, é ação necessária para combater a mudança climática.

A tabela 5 considera as emissões globais de CO₂ e a participação de diferentes fontes no processo. Nota-se, nesta tabela, que as emissões naturais são responsáveis por mais de 90% das emissões de dióxido de carbono.

TABELA 5 EMISSÕES DE CO₂ POR FONTES E PARTICIPAÇÃO DE CADA UMA DELAS NO TOTAL

Fonte	Emissões (bilhões de toneladas)	Participação
Produção primária líquida e respiração	220	38,2%
Mudança de uso do solo	5,87	1%
Superfície oceânica	330	57,3%
Queima de combustíveis fósseis e produção de cimento	20,17	3,5%
Total	576,04	100%

Fonte: Hadley Centre, Reino Unido.

Legislação e Regulamentação Ambiental Nacional

No contexto deste trabalho, é importante considerar, ainda, que a questão legislativa foi tratada de forma bastante sintetizada, no que tange a políticas de controle da poluição do ar, bem como limites estabelecidos em lei para emissão de certos poluentes. Dessa forma, apresentam-se a seguir os principais marcos nacionais, que ocorreram no âmbito do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. As resoluções são apresentadas no Anexo 8.

- Resolução CONAMA n° 005, de 15/06/89: estabelece o PRONAR – Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar, com o objetivo de limitar os níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a uma melhoria na qualidade do ar, atendimento aos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não-degradadas.
- Resolução CONAMA n° 003, de 28/06/90: estabelece os padrões de qualidade do ar.
- Resolução CONAMA n° 008, de 06/12/90: estabelece os limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes novas fixas como: caldeiras, geradores de vapor, centrais para geração de energia elétrica, fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração de uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores.
- Resolução CONAMA n° 297, de 26/02/02: estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos.
- Resolução CONAMA n° 342, de 25/09/03: estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à Resolução n° 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências.

Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo⁷

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi criado como um artigo do Protocolo de Quioto. Este foi estabelecido de acordo com o Artigo 17 da

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi criado como um artigo do Protocolo de Quioto. O acordo prevê uma redução média das emissões de gases de efeito estufa (GEE), da ordem de 5,2%, comparada à emissão que os países do Anexo I tinham no ano de 1990.

⁶ Mais informações sobre a CQNUMC, no Anexo 5.

⁷ Para compreender o contexto de criação do Protocolo de Quioto e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, ver Anexo 5 deste trabalho.

Resumidamente, o MDL estabelece como possibilidade a implantação de projetos que visem ao desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento e, simultaneamente, auxiliem os países industrializados, no cumprimento de suas metas para com o Protocolo de Quioto. O MDL estabelece uma situação “ganha-ganha” para ambos.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), durante a terceira conferência das Partes da CQNUMC (COP⁸3), em que participaram 10 mil delegados, observadores e jornalistas. O Protocolo de Quioto adotou, em consenso, um comprometimento legal para uma redução na emissão de GEE pelos países industrializados, constantes do Anexo I⁹ da Convenção. O acordo prevê uma redução média das emissões de gases de efeito estufa (GEE), da ordem de 5,2%, comparada à emissão que os países do Anexo I tinham no ano de 1990, caso todos os países listados no Anexo I viessem a ratificar o Protocolo¹⁰. Tal redução deveria ser efetivada no primeiro período de comprometimento, que vai de 2008 a 2012. O compromisso estabelecido entre as Partes no Protocolo de Quioto, mais uma vez, confirma a importância dada pela sociedade mundial à mudança do clima.

No Protocolo de Quioto constam três mecanismos de flexibilização, como forma de reduzir o custo necessário para que o compromisso de redução de emissão de gases de efeito estufa seja cumprido. Dentre eles está o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), estabelecido no artigo 12 do Protocolo. Resumidamente, o MDL estabelece como possibilidade a implantação de projetos que visem ao desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento e, simultaneamente, auxiliem os constantes do Anexo I¹¹ à CQNUMC, no cumprimento de suas metas para com o Protocolo.

De acordo com o Protocolo de Quioto, no Artigo 12, parágrafo 5 (c), fica estabelecido o MDL como um mecanismo que vise reduções de emissão de GEE por meio de projetos que devem ser certificados por entidades operacionais designadas¹² pela Conferência das Partes (COP). Os projetos devem ter participação voluntária, com benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo, relacionados com a mitigação da mudança do clima. Tais reduções devem, ainda, ser adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto.

Tendo em vista que os custos de redução de emissões nos países do Anexo I serão, provavelmente, maiores que os custos de projetos nos países em desenvolvimento e que os benefícios da redução de emissão de GEE beneficiam o planeta independentemente de onde forem implementados, as reduções de emissões de GEE resultantes de projetos implementados nos países não constantes do Anexo I da Convenção gerarão créditos que poderão ser apropriados pelos países do Anexo I, para cumprimento de suas metas de redução na emissão de GEE, segundo o escopo do MDL. Ou seja, o MDL permite o uso de recursos adicionais na implementação do próprio projeto de redução de emissão. Conforme mencionado pelo professor José Goldemberg (c1999, p.12), o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo estabelece uma situação “ganha-ganha” para ambos os lados.

⁸ Do inglês “Conference of the Parties”.

⁹ O Anexo I, da CQNUMC, relaciona os países que suportam o compromisso de redução de emissões de GEE. As quantias de redução para cada país do Anexo I estão discriminadas no Anexo B do Protocolo de Quioto, seguindo o termo “responsabilidades comuns, mas diferenciadas”.

¹⁰ Com a recusa do governo americano em ratificar o Protocolo o valor médio de 5,2% torna-se inatingível.

¹¹ O Anexo I mencionado refere-se ao Protocolo de Quioto.

¹² Entidades operacionais são basicamente empresas de auditoria de projetos de redução de emissão de GEE.

Assim, a criação de uma “moeda” para transação das reduções de emissão a partir de projetos desenvolvidos sob a égide do MDL, moeda esta conhecida por Redução Certificada de Emissão (RCE¹³), ou, simplesmente, “crédito de carbono”, tornou-se, então, um atrativo a mais para direcionar o desenvolvimento sustentável nos países pobres e em vias de industrialização.

Ao excluir os países em desenvolvimento do compromisso de redução de emissão de GEE, a disposição da Convenção inclusa no Artigo 3 do Protocolo de Quioto¹⁴ visa ao desenvolvimento socioeconômico desses países. Uma vez que o consumo de energia e, conseqüentemente, a emissão de GEE crescem proporcionalmente mais que o Produto Interno Bruto (PIB) nos países em desenvolvimento, o Protocolo de Quioto, através do MDL, irá prover um suporte ao desenvolvimento sustentável. Isso ocorrerá via implementação de práticas de produção e geração de energias mais limpas.

Deve-se ressaltar a importância do Brasil na criação do Artigo 12 do Protocolo de Quioto. Na verdade, o MDL foi uma proposta submetida pelo negociador brasileiro, Dr. Luiz Gylvan Meira Filho, durante o Mandato de Berlin para a criação de um fundo, o Fundo de Desenvolvimento Limpo, de forma que o “princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas” fosse preservado. Essa proposta ficou conhecida como “Kyoto Surprise” – A Surpresa de Quioto. Em resumo, a proposta do Dr. Gylvan leva em consideração o cenário IS62a de um relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, para justificar que uma mudança de temperatura no Globo terrestre, induzida por ação antrópica, é estimada a ser igual entre os países não constantes do Anexo I (em sua absoluta maioria países pobres e em desenvolvimento) e os dos países do Anexo I somente no ano de 2162. Portanto, o Fundo de Desenvolvimento Limpo seria criado para auxiliar o desenvolvimento sustentável dos países não pertencentes ao Anexo I, ao mesmo tempo em que contribuiria para a redução do custo de estabilização da concentração de GEE na atmosfera. Em tal proposta, a contribuição para o fundo seria calculada de acordo com a contribuição do país desenvolvido, constante na lista do Anexo I, para o aquecimento global.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, como é conhecido hoje, foi resultado da negociação internacional sobre a proposta de criação do Fundo de Desenvolvimento Limpo, sugerida pelo brasileiro.

A “moeda” para transação das reduções de emissões a partir dos projetos do MDL, denomina-se Redução Certificada de Emissão (RCE), ou, simplesmente, “crédito de carbono”.

¹³ Uma Redução Certificada de Emissão equivale à emissão evitada – não emissão – de uma tonelada-equivalente de dióxido de carbono (tCO₂e).

¹⁴ “1. As partes incluídas no Anexo I devem, individual ou conjuntamente, assegurar que suas emissões antrópicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A, não excedam suas quantidades atribuídas, calculadas em conformidade com seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões descritos no Anexo B e de acordo com as disposições desse Artigo, com vistas a reduzir suas emissões totais desses gases em pelo menos 5 por cento abaixo dos níveis de 1990, no período de compromisso de 2008 a 2012.” (PROTOCOLO DE QUIOTO).

Analista da Petrobras realizando análise cromatográfica do gás natural distribuído pela Bahiagás



CAPÍTULO 3 METODOLOGIA



Premissas de Conversão de Combustíveis

A partir da quantidade de gás natural comercializado para uso como combustível, buscou-se estimar a quantidade do combustível consumido anteriormente ao gás natural, sabendo-se de antemão qual era tal combustível. Uma maneira de se fazer isso é através da determinação da demanda energética do processo. Essa demanda nada mais é do que a energia requerida por determinada indústria e que deve ser fornecida pelo setor de utilidades da mesma.

Como foi visto neste trabalho, nem toda a energia do combustível é passível de ser aproveitada, já que existem perdas inerentes ao processo de combustão. Assim, a geração de energia deve levar em consideração um fator de perdas, de forma que o saldo líquido energético disponível atenda às demandas do processo. Essas perdas são expressas pelo fator de eficiência, η .

Dessa forma, considerando-se que a energia a ser disponibilizada independe do combustível utilizado ($E_{\text{antes}} = E_{\text{depois}}$), chega-se à seguinte equação:

$$PCS_{\text{antes}} * V_{\text{antes}} * \eta_{\text{antes}} = PCS_{\text{depois}} * V_{\text{depois}} * \eta_{\text{depois}}$$

Onde PCS¹ é o poder calorífico superior do combustível utilizado, V é o volume do combustível e η a eficiência térmica do processo de combustão. Os índices *antes* e *depois* indicam que os valores referem-se ao combustível utilizado *antes da troca para o gás natural* e *depois da troca para o gás natural*, respectivamente.

O tipo do combustível utilizado anteriormente (óleo combustível, coque etc.) é conhecido, bem como seu PCS é conhecido de referência bibliográfica. Para o combustível utilizado após a troca – gás natural – sabe-se o volume consumido, bem como seu PCS. A equação acima apresenta, portanto, três incógnitas: o volume do combustível utilizado anteriormente ao gás natural (o objeto de maior interesse, nesse caso), a eficiência térmica de combustão antes da troca para o gás natural e a eficiência térmica de combustão após a troca para o gás natural.

As eficiências foram, dentro do escopo deste trabalho, consideradas iguais para ambos os processos de combustão. Isso porque a pesquisa de tal informação tornaria o tempo de execução deste trabalho muito maior que o estabelecido como praticável, já que levaria bastante tempo para se pesquisar todas as 113 empresas clientes da Bahiagás, levantando arquivos sobre processos industriais que podem datar de até 10 anos. A hipótese de igualdade entre as eficiências tem um caráter conservador, já que o estado gasoso do combustível (caso do gás natural) permite um melhor contato deste com a chama, fato que aumenta a eficiência do processo. Assim:

$$V_{\text{antes}} = \frac{PCS_{\text{depois}} * V_{\text{depois}}}{PSC_{\text{antes}}}$$

¹ No Anexo 2 encontra-se a definição do conceito de PCS.

A partir da quantidade de gás natural consumida, estimou-se a quantidade do combustível que teria sido consumido, caso a conversão ao gás não tivesse ocorrido.

TABELA 6 PODERES CALORÍFICOS SUPERIORES

Combustível	Poder calorífico superior (kcal/kg)
GLP	11.750
Óleo combustível	10.085
Gás natural	9.360*
Coque de carvão importado	7.300
Gasolina	11.220
Óleo diesel	10.750
Petróleo	10.800

*Fonte: Bahiagás (kcal/m³)
Fonte: Bahia, Balanço Energético 2001.

A hipótese da igualdade entre as eficiências dos diferentes combustíveis considerados no estudo tem caráter conservador, já que o estado gasoso do combustível (caso do gás natural) permite um melhor contato deste com a chama, fato que aumenta a eficiência do processo.

Os poderes caloríficos superiores dos combustíveis analisados são mostrados na tabela 6.

Conforme explicado na página anterior, a partir da quantidade de gás natural consumida, estimou-se a quantidade do combustível que teria sido consumido, caso a conversão ao gás não tivesse ocorrido.

Para que a hipótese acima pudesse ser efetivada, algumas premissas foram consideradas:

- O combustível que teria sido consumido foi considerado aquele consumido anteriormente à conversão ao gás natural.

- Nos casos em que as empresas consumiram gás natural desde o início de suas atividades, considerou-se que o combustível que seria consumido seria aquele que é utilizado como prática comum no setor de atividades da empresa. Assim, no caso do setor siderúrgico, a prática mais comum é a utilização do coque importado, que foi considerado como opção na ausência do gás natural. Já no caso do setor automobilístico, consideraram-se outras plantas do mesmo cliente no Brasil, que são abastecidas por óleo combustível. No caso do setor energético, a prática corrente é a utilização de termoeletricas a óleo diesel; ademais, a termoeletrica considerada neste estudo já está adaptando suas turbinas para uso com diesel ou gás natural.

Estimativa do Consumo de Combustíveis Anterior ao Gás Natural

Como mencionado no início deste capítulo, no caso da estimativa do consumo de combustíveis anteriores ao gás natural, considerou-se que as eficiências de combustão antes e após a conversão para o gás natural seriam iguais. Essa premissa foi adotada diante da inviabilidade de se pesquisar o banco de dados de cada uma das 113 empresas clientes da Bahiagás, com vistas a se encontrar as eficiências dos equipamentos utilizados antes da conversão ao gás natural. Na verdade, essa é uma premissa conservadora. Como a tecnologia de uso do gás natural é mais recente que a dos outros combustíveis (óleo combustível, óleo diesel, coque etc.), ele tende a ser utilizado mais eficientemente, emitindo, portanto, menos poluentes. Além disso, o gás natural requer menos excesso de ar nos processos de combustão.

Vale mencionar, também, que um único cliente da Bahiagás utilizava madeira anteriormente à conversão para o gás natural. O valor consumido, no entanto, foi desconsiderado nesta análise, por se tratar de um valor inexpressivo, comparado ao total de gás disponibilizado.

A conversão para toneladas-equivalentes de petróleo foi feita utilizando-se como premissa base o poder calorífico superior do petróleo de 10.800 kcal/kg, de acordo com o Balanço Energético do Estado da Bahia, de onde foram extraídos os poderes caloríficos superiores dos combustíveis alternativos (óleo combustível, gasolina, diesel, coque e GLP).

Estimativa do Consumo de Combustíveis pelo Setor Químico/Petroquímico

O uso do gás natural como combustível refere-se ao consumo em caldeiras, fornos, estufas etc. O setor químico/petroquímico no Estado da Bahia é constituído por várias empresas que estão agrupadas em segmentos, em função de suas atividades similares. Como exemplo, pode-se mencionar o segmento de petroquímicos básicos, tintas e vernizes, resinas termoplásticas, plastificantes, intermediários para fibras sintéticas, detergentes, elastômeros, intermediário para fabricação de resinas termofixa, herbicidas e fungicidas, dentre outros.

O Pólo Petroquímico de Camaçari, onde se concentra a maior parte das empresas químicas/petroquímicas do Estado, é considerado como o maior do gênero na América do Sul, concentrando cerca de 50 empresas de médio e grande porte dentro da área reservada ao funcionamento do complexo básico.

Os processos petroquímicos, na maioria das vezes, envolvem reações endotérmicas, que requerem consideráveis quantidades de energia necessárias às transformações das moléculas. Através da combustão do gás natural, pode-se obter essa energia.

Em função da característica do Pólo de ter uma central de utilidades (conforme já comentado no capítulo 2), não foi possível apresentar essa análise por segmento.

Estimativa do Consumo Automotivo

A frota de veículos convertidos para gás natural considerada para este estudo foi composta de 67% (2/3) de veículos movidos a gasolina e 33% (1/3) a álcool. Assim como em todas as premissas deste trabalho, buscou-se tomar uma postura conservadora em relação aos dados disponíveis para análise. Neste caso, os dados disponíveis são do DETRAN do Estado da Bahia, de setembro de 2003. Segundo o órgão, cerca de 89% da frota de veículos do estado era composta de veículos a gasolina, contra 11% de veículos a álcool. Assim, o valor de 67% e 33% adotado é conservador, no sentido de calcular os benefícios ambientais, pois representa uma estimativa da frota de carros a gasolina convertida para GN menor que a registrada no DETRAN. No trabalho foram adotadas as seguintes premissas para a frota a álcool: saldo de emissões de CO₂ igual a zero, já que esse gás havia sido previamente absorvido pela cana-de-açúcar através da fotossíntese; emissões de SO₂ iguais a zero, já que o álcool é isento de enxofre, e o material particulado não foi estudado devido à falta de parâmetros (fatores de emissão) que pudessem nortear o estudo. Considerou-se, também, que a gasolina é formada por 20% de álcool.

As considerações sobre emissões de NO_x no setor automotivo foram feitas dentro do contexto de uso do Gás Natural Veicular (GNV). Na realidade, como o funcionamento de motores veiculares não é tão bem monitorado como equipamentos industriais, é difícil utilizar-se simplesmente de fatores de emissão encontrados na literatura – muitas vezes estrangeira – para se estimar as emissões de NO_x de frotas. Assim sendo, não é estudada a questão do NO_x veicular neste trabalho.

Recentemente, porém, foi divulgado um estudo em que diversas circunstâncias de uso de um veículo convertido ao gás natural são analisadas. As conclusões

Os processos petroquímicos, na maioria das vezes, envolvem reações endotérmicas, que requerem consideráveis quantidades de energia necessárias às transformações das moléculas. Através da combustão do gás natural, pode-se obter essa energia. O gás natural é usado como combustível em caldeiras, fornos, estufas etc.

reforçam o fato de que o gás natural é a melhor opção, atualmente, como combustível, em comparação à gasolina, considerando a conversão de forma correta com um *kit* completo. Mais detalhes e informações sobre o assunto no anexo 4.

Uso do Gás Natural como Matéria-prima

O gás natural é utilizado em larga escala na indústria química/petroquímica como matéria-prima, além de seu uso como combustível, na produção de insumos para fabricação de plásticos, produzidos a partir do etano do gás natural, e outros produtos químicos – a exemplo do uso do gás natural para a produção do gás de síntese, que gera uma série de outros produtos, dentre os quais a amônia.

A quantidade total de gás natural destinado à matéria-prima, no período de 1994 a 2003, correspondeu a 1,6 bilhão de m³ (19,5%), que foi desconsiderada no estudo para efeito de emissões.

Para um melhor entendimento do uso do gás natural como matéria-prima, encontra-se no Anexo 3 uma explicação do uso do etano recuperado do gás natural para fabricação de eteno, importante insumo da indústria petroquímica para fabricação de plásticos.

Uso do Gás Natural como Redutor Siderúrgico

O gás natural usado como redutor siderúrgico representou 11,2% de todo o consumo de gás natural distribuído pela Bahiagás em 2003. Já no acumulado de 1994 a 2003, sua participação foi 16,4%. O gás natural é aplicado na siderurgia, principalmente como redutor na fabricação de ferro esponja. O processo de produção de ferro esponja, matéria-prima rica em ferro e carbono utilizada para a produção de aço, difere dos processos tradicionais, por conferir ao aço melhor qualidade procedente da ação do gás redutor.

No processo de redução direta, o óxido de ferro (Fe₂O₃), em pelotas ou pedaços, é convertido em ferro de alta pureza através da sua reação com o hidrogênio e o monóxido de carbono, como pode ser visto na Tabela 7.

O minério é introduzido em um reator onde, numa zona de redução, é aquecido e o oxigênio removido é substituído pelo carbono contido no contrafluxo de gás de redução que possui hidrogênio e monóxido de carbono.

Na zona de resfriamento, o gás em contrafluxo resfria o ferro e eleva seu teor de carbono. O processo de carbonização, chega a índices de 3 a 4 % de teor de carbono.

O gás de redução é gerado a partir de uma mistura de gás natural e gás reciclado oriundo do reator. Essa mistura é quimicamente convertida em uma mistura de 90 a 92 % de hidrogênio e monóxido de carbono em um conversor catalítico.

TABELA 7 PROCESSO QUÍMICO DE REDUÇÃO DO ÓXIDO DE FERRO

Redução	Carbonização	Reforma
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \Rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$	$3\text{Fe} + 2\text{CO} \Rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2$	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \Rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \Rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$	$3\text{Fe} + \text{CH}_4 \Rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2$	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$

A tecnologia de produção de ferro esponja com redução usando gás natural como combustível é o processo energeticamente mais eficiente. O consumo médio de gás natural por tonelada de ferro esponja produzido é 250 Nm³.

No caso do uso do gás natural no setor siderúrgico, de forma a se estimar as emissões de SO_2 , foi necessário obter o teor de enxofre do coque que teria sido utilizado caso a alternativa do gás natural não estivesse disponível. A consideração de um teor de enxofre no coque de carvão mineral foi outra dificuldade encontrada no trabalho. Assim, o uso de um teor específico para o coque usado na siderurgia brasileira foi feito com base em dados de análise específicos fornecidos por uma siderúrgica nacional. O valor utilizado foi de 0,11%, correspondente ao teor do coque chinês. Apenas para se ter idéia, o carvão mineral australiano, também usado na mesma siderúrgica, apresentou um teor de enxofre de 0,89% e o carvão mineral da maior jazida brasileira – Candiota, no Rio Grande do Sul, – contém cerca de 1,6% de enxofre (Castellan et al., 2003).

Dessa forma, ao optar pelo menor teor de enxofre disponível, o trabalho adota novamente uma postura conservadora na determinação do benefício ambiental advindo do gás natural, desta vez no setor siderúrgico. Isso porque um menor teor de enxofre no coque diminui as possíveis emissões de SO_2 a partir do processo siderúrgico.

Com relação aos particulados, a dificuldade foi a mesma, já que para essa estimativa é necessário saber o teor de cinzas do coque utilizado. Seguindo a premissa de se trabalhar com o coque chinês, informou-se de que tal coque possui um teor de cinzas de 10%, segundo as análises da siderúrgica consultada. Este foi o valor utilizado nas análises.

Uso do Gás Natural para o Setor Comercial

O setor comercial é um grande consumidor de Gás Liquefeito de Petróleo, de forma que o gás natural vendido para entidades comerciais foi considerado como substituto do GLP.

Assim, as estimativas de emissões de SO_2 tiveram que levar em consideração um teor de enxofre para o GLP. Como uma análise deste combustível não foi encontrada para ser utilizada como referência, optou-se pela adoção do limite máximo imposto pela resolução CNP² n° 2/75, revisão 3, que é de 0,36 g/m³.

Devido a restrições no desenvolvimento deste trabalho, não foi possível encontrar fatores de emissão de NO_x e particulados na literatura especializada, de forma que não foram realizadas análises para esses cenários. Isso de forma alguma prejudica qualquer análise, já que de fato a quantidade de gás natural que substituiu o uso do GLP significou somente 0,007% da quantidade comercializada em 2001, 2002 e 2003, anos em que houve substituição de GLP.

Uso do Gás Natural para o Setor Energético

No caso do setor energético, a premissa assumida é que o gás natural substitui o óleo diesel, que é o combustível utilizado em larga escala no Brasil em plantas termelétricas, principalmente em sistemas isolados no norte do País. Em se tratando da termelétrica em questão, a mesma está, inclusive, adaptando suas

No setor siderúrgico, ao optar pela hipótese de menor teor de enxofre no coque, o trabalho adota novamente uma postura conservadora na determinação do benefício ambiental advindo do gás natural. Isso porque um menor teor de enxofre no coque diminui as possíveis emissões de SO_2 .

² Conselho Nacional do Petróleo.

As emissões foram calculadas considerando fatores encontrados na literatura para centrais termoelétricas. Neste trabalho não foram diferenciados os tipos de equipamentos e as diversas fases de desenvolvimento tecnológico. Por tratar-se de um trabalho pioneiro, que leva em consideração uma visão global das emissões, deve-se ressaltar que esses valores poderão sofrer pequenos ajustes em futuras pesquisas.

turbinas para queimar também o diesel, o que justifica o uso dessa premissa. Da capacidade instalada em 2003 de 288 MW, a CHESF despachou apenas 52 MW e estes dados foram levados em consideração no projeto. Entretanto, em função da falta de informação das usinas controladas pela Petrobras (capacidade instalada em 2003 de 232 MW), não se pôde incluir essas informações no estudo.

Capacidade Instalada das Térmicas Não-Despachadas

Durante o ano de 2003, algumas usinas termoelétricas alimentadas com gás natural e instaladas no Estado da Bahia não foram despachadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico³, ou seja, as usinas não foram acionadas para a geração de eletricidade. Com isso, uma grande quantidade de gás natural deixou de ser consumida.

Este estudo considera também o cenário em que tal despacho tivesse ocorrido, como potencial de redução de emissões com as usinas operando com gás natural em vez de diesel. Para isso, considerou-se a capacidade instalada não usada no total de 468 MW; um fator operacional de 340 dias por ano; e um consumo de gás natural de 979,5 milhões de metros cúbicos. Este valor, de fato, já está descontado do consumo efetivamente apurado para o setor energético, em que a térmica foi realmente despachada e os benefícios da redução estão incluídos nos dados deste trabalho.

Fatores de Emissão

Fatores de emissão são disponibilizados através de literatura de credibilidade. O procedimento de cálculo consiste em multiplicar-se o fator pela quantidade de combustível, encontrando-se um determinado componente emissor gerado no processo de combustão. O fator é função do tipo de combustível, do componente emissor e da tecnologia usada no processo de combustão.

Conforme discutido nos itens anteriores, as análises deste trabalho foram feitas com base no uso de fatores de emissão para os diversos combustíveis utilizados. Esse aspecto tornou factível a execução do trabalho, segundo o escopo e o cronograma propostos, e acredita-se que o projeto seja uma etapa inicial de outras investigações mais detalhadas que vão surgindo de acordo com a importância do gás natural, tanto na matriz energética baiana como na brasileira. Ainda assim, é importante ressaltar que os fatores de emissão estão associados não somente ao combustível utilizado, mas também à tecnologia utilizada na combustão. Esse fato, porém, limita bastante o escopo de aplicabilidade dos fatores de emissão no contexto deste trabalho, já que as referências bibliográficas utilizadas não fazem menção a algumas tecnologias utilizadas pelas empresas/entidades pesquisadas.

As emissões foram calculadas considerando fatores encontrados na literatura para centrais termoelétricas. Neste trabalho não foram diferenciados os tipos de equipamentos e as diversas fases de desenvolvimento tecnológico. Por tratar-se de um trabalho pioneiro, que leva em consideração uma visão global das emissões, deve-se ressaltar que esses valores poderão sofrer pequenos ajustes em futuras pesquisas.

³ O ONS é a entidade responsável por operar o Sistema Interligado Nacional

Esse é o caso do uso de combustíveis em fornos versus o uso em caldeiras. No setor químico/petroquímico, por exemplo, óleo combustível era queimado em fornos, gerando calor necessário para os processos físicos e químicos que ali ocorrem. A referência bibliográfica utilizada, porém, faz menção somente ao uso desse combustível em uma Central Termoeletrica – CTE. A utilização de tais fatores é o único ponto deste trabalho em que não foi possível adotar a postura mais conservadora, uma vez que os fornos tendem, em geral, a emitir mais poluentes que as centrais termoeletricas. Os autores desta pesquisa, no entanto, optaram por utilizar os fatores de emissão para as CTE's, assumindo isso como uma premissa do trabalho.

Para a análise de todos os demais combustíveis, a mesma premissa foi adotada; ou seja, utilizou-se o fator de emissão disponível na literatura, sempre adotando a postura conservadora de se utilizar fatores que minimizassem as emissões a partir do uso do combustível anterior e aumentassem as emissões a partir da queima do gás natural. Essa abordagem reflete-se num menor benefício ambiental alcançado pelo gás natural.

Como o fator de emissão dá uma relação de quantidade de emissões por quantidade (massa ou volume) do combustível queimado, a estimativa das emissões torna-se bastante direta, uma vez que a quantidade do combustível consumido anteriormente ao uso do gás natural tenha sido estimada.

Para os casos onde não havia um fator de emissão disponível, utilizou-se uma relação estequiométrica – isto é, dado o teor de enxofre, por exemplo, da gasolina, foi estimada a quantidade de SO₂ emitido a partir de sua combustão, assumindo que todo o enxofre é oxidado (reage com o oxigênio) – para se determinar as emissões do poluente em questão.

Fatores de Emissão – Emissões de Dióxido de Enxofre

A metodologia utilizada para a determinação das emissões de SO₂ baseia-se no uso de fatores de emissão. Para o SO₂, os seguintes fatores foram utilizados de acordo com a Tabela 8:

No caso das emissões de enxofre a partir do consumo de gasolina, foi utilizada a especificação conforme a Portaria ANP 309, de 27/12/2001. De acordo com tal norma, o teor de enxofre máximo na gasolina deve ser de 0,10% em massa.

No caso do GLP, da mesma forma, utilizou-se o limite máximo permitido pela legislação nacional (0,36 g/m³), conforme já explicado.

No caso desses dois combustíveis, a ausência de fatores de emissão levou à utilização de uma abordagem estequiométrica para se efetuar as estimativas de emissão de SO₂. Simplificadamente, essa abordagem diz que, para cada átomo de enxofre presente no combustível, será gerada uma molécula do dióxido. Como o peso molecular do SO₂ é o dobro do peso do átomo de enxofre, basta multiplicar o teor de enxofre no combustível por 2, para se obter a quantidade de SO₂ emitida.

TABELA 8 FATORES DE EMISSÃO DE SO₂

Combustível	Unidades	Fator de emissão
Óleo combustível nº 5 (queima convencional – frontal em Central Termoeletrica – CTE)	kg/10 ³ l	18,84*S
Gás natural	kg/10 ⁶ m ³	-
Óleo diesel	kg/10 ³ l	17,04*S
Carvão betuminoso	kg/ton	19*S

Fonte: Lora, 2001.

É importante ressaltar, neste ponto, que a proposta do estudo considera dois cenários para análise das emissões de SO_2 a partir do óleo combustível: no primeiro, o teor de enxofre no óleo é assumido como 2,5%; no segundo cenário, o teor assumido foi de 1%.

O limite maior (2,5%) foi escolhido com base na Portaria nº 80 da ANP, de 30 de abril de 1999, que limitou o teor de enxofre no óleo combustível A1 no valor de 2,5%. O limite menor (1%) foi adotado arbitrariamente, considerando que o óleo fornecido pela Petrobras pode, eventualmente, apresentar uma melhor qualidade e, portanto, menos enxofre. A utilização deste último valor, conforme já mencionado num cenário conservador, em que as emissões de SO_2 a partir do óleo combustível são minimizadas, o que diminui o benefício a ser alcançado pelo gás natural.

Foram elaborados dois cenários para emissões de SO_2 com base na concentração de enxofre no gás natural: um cenário em que a concentração é de 7 mg/m^3 de gás natural e outro cenário em que a concentração é de 70 mg/m^3 de gás. A primeira situação foi elaborada com base em análises da Bahiagás, que indicam uma concentração de enxofre de cerca de 5 mg/m^3 no gás natural. Como uma pequena quantidade extra do mineral é adicionada ao gás como medida preventiva de acidentes, já que confere ao combustível um cheiro característico, adotou-se o valor de 7 mg/m^3 . Já no caso do cenário de 70 mg/m^3 de gás, o valor da concentração foi baseado no limite máximo de enxofre no gás natural imposto pela ANP, segundo sua portaria 104/2001.

Ao analisar a tabela 8, pode-se ver, de imediato, que o fator de emissão disponível refere-se ao óleo combustível nº 5. Como todo o estudo tem como base a eventual utilização do óleo A1, assumiu-se que o uso do fator de emissão da tabela 8 para o óleo A1 não acarretaria grandes prejuízos para a análise proposta.

Como já mencionado, no caso do coque utilizou-se um teor de enxofre baseado em análises de uma grande siderúrgica nacional. Essas análises indicaram o menor valor para o coque chinês, que apresentou um teor de 0,11%. Este foi o teor utilizado no caso do setor siderúrgico.

Finalmente, no caso do diesel, utilizou-se a especificação da Portaria ANP 310, de 27/12/2000, para o diesel metropolitano, com teor máximo de enxofre de 0,2% em massa. De fato, uma vez mais, esta é uma premissa conservadora, já que para o diesel do tipo interior, a especificação é maior (0,35%), permitindo uma maior emissão de dióxido de enxofre como resultado da combustão.

Fatores de Emissão – Emissões de Óxidos de Nitrogênio

O estudo das emissões de NO_x foi feito de forma bastante similar ao realizado para o SO_2 . Ou seja, de posse da quantidade consumida dos combustíveis – tanto do gás natural como do combustível utilizado anteriormente. Dos fatores de emissão pesquisados na literatura foram estimadas as emissões de NO_x . Esses fatores são mostrados na tabela 9.

Como já mencionado, o setor automotivo não foi considerado e, portanto, não são necessários fatores de emissão de NO_x para a combustão da gasolina e do álcool.

No caso do GLP, devido à indisponibilidade de um fator de emissão de NO_x para esse combustível, optou-se por não realizar essa análise. Conforme explicado no parágrafo deste capítulo que trata do gás para o setor comercial, isso não prejudica o trabalho, dada à quantidade inexpressiva de GLP (setor comercial), que teria sido consumida nos 10 anos da análise (figura 5), a partir da conversão do gás natural.

Assim como no caso do SO₂, teve-se como premissa aqui o fato de o estudo basear-se em óleo combustível A1. Com isso, o fator de emissão para o óleo combustível n° 5, da tabela 9, foi aplicado ao óleo A1.

Fatores de Emissão – Emissões de Material Particulado

Nas estimativas de geração de particulados usaram-se também fatores de emissão, seguindo o mesmo raciocínio empregado para o SO₂ e o NO_x (quantidade de combustível utilizado vezes o fator de emissão). Os fatores são mostrados na tabela 10.

Vale ressaltar aqui a situação do coque. Assim como no caso do enxofre, utilizou-se um teor de cinzas, baseado em informações de análise de uma grande siderúrgica nacional – nesse caso, a mesma que forneceu o dado sobre o enxofre. O valor fornecido para o teor de cinzas e, portanto, adotado neste trabalho, foi de 10%.

Fatores de Emissão – Emissões de Dióxido de Carbono

A determinação das emissões de CO₂ antes e depois da conversão para o gás natural ocorre de maneira diferente da mostrada acima para o material particulado e o NO_x. Ao contrário do que ocorre com essas emissões, as do CO₂ são determinadas em função do conteúdo energético do combustível usado.

Dessa forma, é necessário que se defina a quantidade de energia contida em determinado volume de gás natural para determinar as emissões de CO₂ que ocorrem nas atuais circunstâncias. Esse dado é utilizado para mensurar a quantidade do combustível, utilizado anteriormente à conversão ao gás natural, necessária para que uma mesma energia contida pudesse ser explorada. A matemática desse raciocínio segue os seguintes passos:

Inicialmente, de posse da quantidade de gás natural consumido, determina-se a energia contida de tal quantidade de combustível:

$$EC = V * PSC * 4.186,8$$

Onde EC é a energia contida em determinado volume de gás natural, dada em

TABELA 9 FATORES DE EMISSÃO DE NO_x

Combustível	Unidades	Fator de emissão
Óleo combustível n° 5 (queima convencional – frontal em Central Termoelétrica – CTE)	kg/10 ³ l	8,04
Óleo diesel	kg/10 ³ l	2,4
Gás natural	kg/10 ⁶ m ³	4.480
Carvão betuminoso	kg/ton	6

Fonte: Lora, 2001

TABELA 10 FATORES DE EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO

Combustível	Unidade	Fator de emissão
Óleo combustível (a)	kg/10 ³ l	0,24
Óleo diesel (a)	kg/10 ³ l	4,01
Carvão não pulverizado em grelhas (b)	kg/ton	0,91 vez o percentual de cinzas em kg/ton de carvão queimado
Gás natural – Caldeiras industriais (a)	kg/10 ⁶ m ³	80
Gasolina (b)	kg/m ³	1,44

Fontes: (a) Lora, 2001. (b) Bailie, 1978.

joules (J); V é o volume considerado do gás, dado em m³, e PCS é o poder calorífico superior do combustível, dado em kcal/m³ (1kcal = 4.186,8 J).

Em seguida, de posse do fator de emissão de carbono para o gás natural, pode-se determinar as emissões de CO₂ a partir desse combustível:

$$Em_{GN} = EC_{GN} * Ox_{GN} * FE_{GN} * 3,67$$

Onde Em_{GN} são as emissões de CO₂ a partir da queima do gás natural, em tCO₂; Ox_{GN} é o fator de oxidação utilizado para a combustão do gás; FE_{GN} é o fator de emissão do gás natural, dado em tC/TJ, e 3,67 é o fator de conversão de carbono (C) para CO₂.

Uma das premissas deste trabalho, já mencionada, é que as eficiências dos processos de combustão, anteriormente e após a conversão ao gás natural, são iguais. Dessa forma, qualquer que seja a demanda energética, uma mesma quantidade de energia deverá ser gerada no equipamento de combustão para as duas situações. Isso posto, as emissões de dióxido de carbono, caso a conversão ao gás natural não houvesse ocorrido, seriam:

$$Em_{CN} = EC_{CN} * Ox_{CN} * FE_{CN} * 3,67$$

Onde Em_{CF} são as emissões de CO₂ do combustível utilizado anteriormente à conversão ao gás natural; EC_{GN} é a energia contida no gás natural que, conforme

a explicação anterior, seria a mesma para o combustível utilizado caso a conversão ao gás não tivesse ocorrido; Ox_{CF} é o fator de oxidação para o combustível anterior ao gás; FE_{CF} é o fator de emissão de carbono para tal combustível e 3,67 é o fator de conversão de carbono (C) para CO₂.

A estimativa das emissões de CO₂ leva também em consideração o fator de oxidação do combustível queimado, ou seja, qual a

fração do carbono no combustível que, de fato, gera CO₂. Os fatores de emissão de carbono, bem como os fatores de oxidação utilizados para cada um dos combustíveis considerados, são mostrados na tabela 11.

TABELA 11 FATORES DE EMISSÃO DE CARBONO E FATOR DE OXIDAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS

Combustível	Fator de emissão (tC/TJ)	Fator de oxidação
Óleo combustível	21,10	0,990
Gás natural seco	15,30	0,995
Coque de carvão mineral	25,80	0,980
Gasolina	18,90	0,990
Gás liquefeito de petróleo	17,20	0,995
Óleo diesel	20,20	0,990

Fonte: IPCC, 1996.

Outras Premissas

Considera-se neste trabalho o saldo das emissões de poluentes, como forma de mensurar o benefício ambiental. Tal benefício é, dessa maneira, a diferença entre as emissões causadas pelo combustível alternativo e as emissões causadas pelo gás natural. Como será visto, em uma única situação, em um único setor (setor energético), as emissões a partir do uso do gás natural são maiores que aquelas que seriam causadas pelo combustível substituto – ver nota de rodapé número 1, no Sumário. Nesse caso, o benefício ambiental foi mensurado como sendo as emissões causadas pelo combustível alternativo menos as emissões causadas pelo gás natural, acrescentadas das emissões que o gás natural ocasionaria no setor acima considerado.

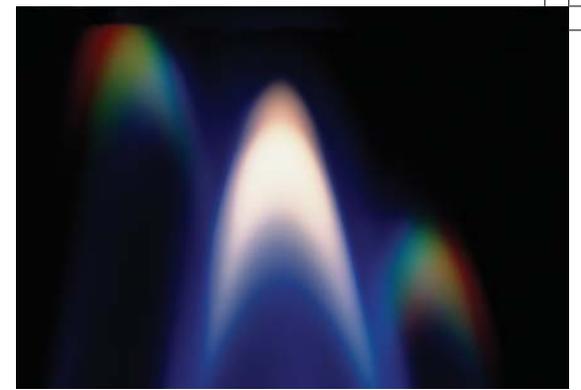
- Não foram consideradas as emissões de compostos orgânicos voláteis (COV), presentes na tancagem de óleo combustível (principal combustível concorrente do gás natural), face à dificuldade de mensuração dessas quantidades. Tais emissões teriam de ser levadas em consideração junto com as emissões fugitivas do gás natural, num balanço global ambiental.
- As emissões, devido ao derramamento de petróleo e de seus derivados, não foram levadas em consideração, pois se sabe que esses eventos são extremamente nocivos ao meio ambiente e têm ocorrido com certa frequência. O petróleo tem mais de 250 compostos químicos, dependendo do tipo e da sua origem.
- Assume-se que todo o gás natural vendido foi queimado.
- Apesar de tratar do benefício do gás natural em termos de redução de CO₂, o mais conhecido gás de efeito estufa, não faz parte do escopo deste trabalho a análise de potenciais emissões fugitivas de metano, que também é um gás de efeito estufa. Tal atitude foi tomada devido à complexidade dessa determinação. Tal complexidade reside no fato de se ter que monitorar/estimar uma infinidade de potenciais vazamentos, tais como: vazamentos de gás natural na exploração do poço de gás; emissões fugitivas em flanges e válvulas localizadas a céu aberto; emissões fugitivas em conexões localizadas em residências, dentre outros fatores. Devido a restrições impostas pelas circunstâncias de desenvolvimento do trabalho, não foi possível avaliar tais fatores. Isso, porém, não prejudica a análise, já que as reduções de emissões de CO₂ são embasadas em métodos internacionais recomendados pela CQNUMC.
- Conforme já mencionado, não foram levadas em consideração as eventuais emissões de N₂O (óxido nitroso).
- Considera-se que, para qualquer das situações consideradas – emissões de SO₂, NO_x, CO₂ e particulados, antes e após a conversão para o gás natural – não haveria qualquer tipo de dispositivo para lavagem dos gases de combustão, de modo que os subprodutos da reação de queima são expelidos para a atmosfera.



O controle de qualidade do gás natural é
feito diariamente pelas equipes operacionais
da Bahiagás e da Petrobras

CAPÍTULO 4

CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS



Nesta seção serão apresentados os dados e a análise dos resultados utilizados de consumo de combustível por setor, considerando-se os dois cenários do projeto: anterior à substituição e após a substituição para o gás natural. Para melhor visualização, tabelas com o resumo dos dados dos principais setores e uma análise dos resultados, relativa às emissões evitadas pela utilização do gás natural, serão apresentadas. As tabelas com os dados completos pertinentes encontram-se no Anexo 1.

Consumo de Gás Natural

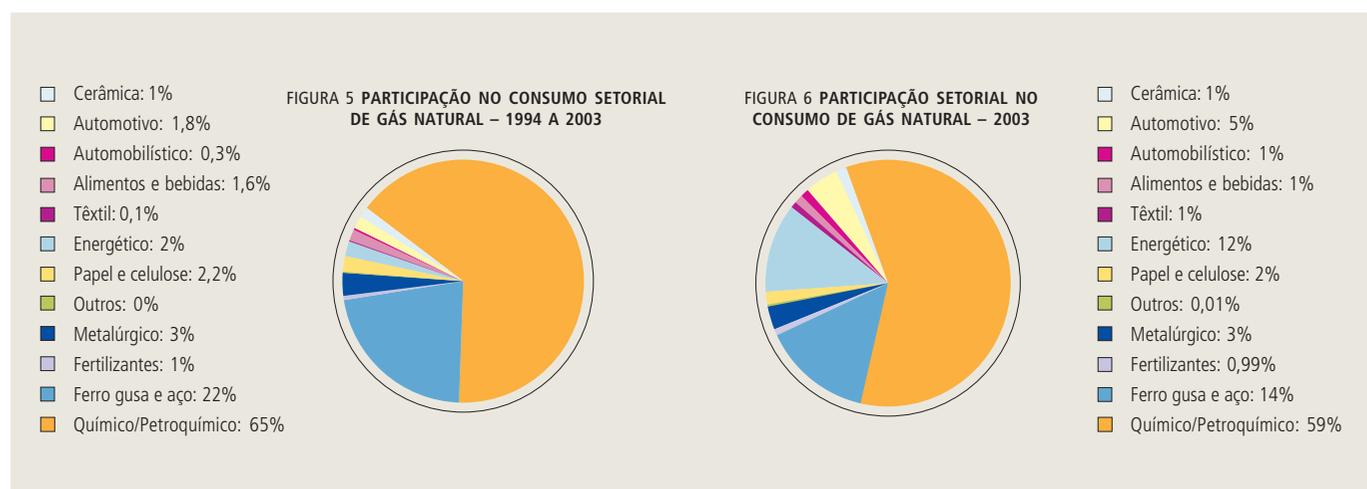
Do total do gás natural distribuído pela Bahiagás no período de 1994 a 2003, 8,2 bilhões de m³, apenas 6,6 bilhões de m³ foram considerados no estudo, para efeito de avaliação dos benefícios ambientais decorrentes das emissões evitadas pelo uso como combustível. Conforme já explicado no capítulo 3, no parágrafo que tratou do uso do gás natural como matéria-prima, 1,6 bilhão de m³ de gás natural usado como matéria-prima foi desconsiderado no projeto.

A tabela 12 mostra o consumo de gás natural utilizado como combustível por diversos setores da economia baiana, ao longo do período de operações da Bahiagás (1994 a 2003), mostrando também o consumo apenas em 2003. O consumo é mostrado detalhadamente, ano a ano, setor por setor, na tabela A1.1, no anexo 1.

Assim, o consumo de gás natural como combustível (ex-matéria-prima) no período de 1994 – 2003 atingiu um total de

TABELA 12 CONSUMO DE GÁS NATURAL USADO COMO COMBUSTÍVEL EM 2003 E NO ACUMULADO 1994 – 2003 (m³)

Setor	2003	Acumulado	Setor	2003	Acumulado
Alimentos e bebidas	16.297.375	105.366.890	Ferro gusa e aço	170.488.072	1.473.256.419
Automobilístico	9.696.223	18.655.113	Fertilizantes	7.549.749	44.182.583
Automotivo	54.601.655	118.465.512	Metalúrgico	34.176.184	182.836.715
Cerâmica	14.827.783	73.374.385	Outros	2.792.604	12.585.277
Químico/Petroquímico	712.988.083	4.332.615.794	Papel e celulose	24.086.648	149.386.889
Comercial	161.294	273.779	Energético	139.281.513	139.281.513
			Têxtil	6.401.830	7.387.030
Total					
2003	1.193.349.013		Acumulado	6.657.667.899	



6.657.667.899 m³, enquanto, somente no ano de 2003, o consumo foi de 1.193.349.013 m³. As figuras 5 e 6 mostram a participação percentual de cada setor no consumo, para os dois períodos acima considerados.

Consumo do Combustível Anterior

Como explicado no capítulo 3, no tópico Premissas de Conversão de Combustíveis, a análise aqui proposta está baseada no consumo de outros combustíveis, que teria ocorrido caso o gás natural não estivesse disponível. Nas figuras a seguir, é mostrado o consumo anual de gás natural para o período 1994 a 2003 e os consumos de outros combustíveis para o mesmo período. As quantidades são mostradas em toneladas-equivalentes de petróleo.

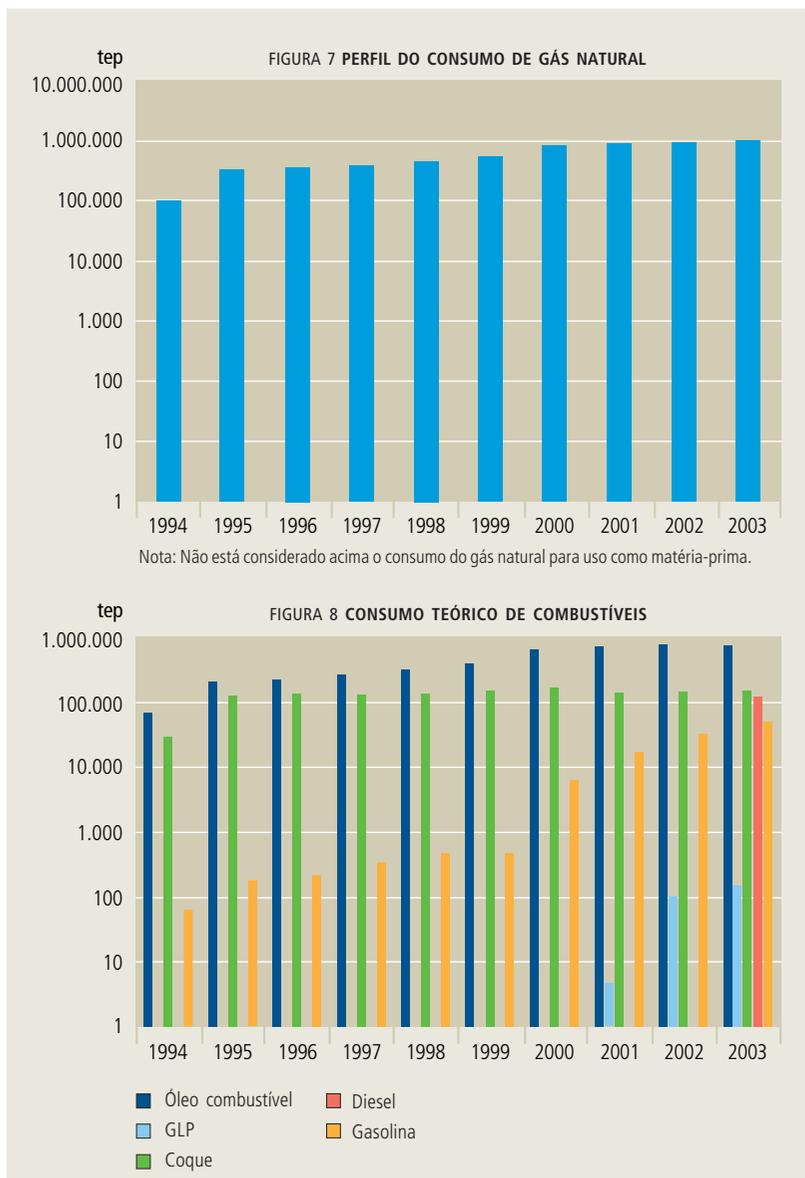
A análise das figuras 7 e 8 deve ser feita com cautela, já que o eixo vertical (ordenadas), que indica a quantidade de gás natural consumida, está em escala

logarítmica. Outro fator a ser considerado é que apenas as quantidades de gás natural correspondem efetivamente à realidade, isto é, foram realmente consumidas. As quantidades dos demais combustíveis são totalmente teóricas, tendo sido estimadas com base nas premissas explicitadas no Capítulo 3 deste trabalho.

A complementação à leitura das figuras 7 e 8, bem como o entendimento da construção dos mesmos, pode ser feita através da análise da tabela A.1.1, localizada no Anexo 1. Lá estão também os fatores de conversão para toneladas-equivalentes de petróleo utilizadas.

Como pode ser visto, o óleo combustível é o insumo energético que teria sido mais utilizado, caso o gás natural não estivesse disponível e seu total teria somado 4,27 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), no período de 1994 a 2003. O coque vem em segundo lugar, com um consumo total de aproximadamente 1,27 milhão de tep. Merece destaque a evolução que teria ocorrido no consumo de gasolina, caso a conversão de automóveis para o gás natural não tivesse ocorrido. Desde 1994, o consumo aumentou 776 vezes, sendo que o consumo total foi de 102,6 mil tep.

Não se pode deixar de mencionar aqui a quantidade de óleo diesel que teria sido consumida. Apesar de o setor energético ter operado somente em 2003, o total de óleo



diesel que deixou de ser consumido foi por volta de 121 mil tep. Finalmente, o GLP apareceria de forma inexpressiva e a quantidade consumida teria sido de 237 tep.

Reduções de Emissões por Setor

Emissões de Dióxido de Enxofre – SO₂

No caso do SO₂ serão apresentados os resultados da análise mais conservadora, isto é, considerando um teor de enxofre de 1% no óleo combustível e de 70 mg/m³ no gás natural. Com isso, aumentam-se as emissões a partir do gás e reduzem-se as emissões a partir do óleo combustível.

Nota-se que, assim como será mostrado para caso do CO₂, situação similar ocorre para o SO₂: o setor químico/petroquímico tem sido o grande contribuidor para redução das emissões deste poluente. Dessa forma, o gás natural mais uma vez mostra seus benefícios, sendo que cerca de 88,6 mil toneladas de SO₂ deixaram de ir para a atmosfera durante os 10 anos da Bahiagás.

São mostradas, na tabela 14, as reduções de emissão desse poluente no ano de 2003.

Conforme mostrado na tabela 13, no período de 1994 a 2003, nos primeiros dez anos de atividades da Bahiagás, as reduções de SO₂ propiciadas foram de 88,6 mil toneladas. As figuras 9 e 10, a seguir, mostram a distribuição percentual das reduções de emissões de SO₂ dentre os setores analisados.

Emissões de SO₂ – Setor Químico/Petroquímico

As reduções de emissão de SO₂, no cenário mais conservador, desmembradas pelos

TABELA 13 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DE SO₂ NO PERÍODO 1994 – 2003

Setor	Redução de Emissão de SO ₂ (t)	Setor	Redução de Emissão de SO ₂ (t)
Alimentos e bebidas	1.804	Ferro gusa e aço	3.742
Automotivo	89	Fertilizantes	715
Automobilístico	319	Metalúrgico	3.130
Cerâmica	1.256	Outros	215
Químico/Petroquímico	74.180	Papel e celulose	2.558
Comercial	-	Energético	466
		Têxtil	126

O total das reduções de SO₂ no período de 1994-2003 atingiu 88.600 toneladas.

TABELA 14 REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE SO₂ EM 2003

Setor	Redução de Emissão de SO ₂ (t)	Setor	Redução de Emissão de SO ₂ (t)
Alimentos e Bebidas	279	Ferro Gusa e Aço	433
Automotivo	41	Fertilizantes	129
Automobilístico	166	Metalúrgico	585
Cerâmica	254	Outros	48
Químico/Petroquímico	12.207	Papel e Celulose	412
Comercial	-	Energético	466
		Têxtil	110

O total das reduções de SO₂ no período de 2003 atingiu 15.130 toneladas.

- Cerâmica: 1,42%
- Automotivo: 0,10%
- Automobilística: 0,36%
- Alimentos e bebidas: 2,04%
- Têxtil: 0,14%
- Energético: 0,53%
- Papel e Celulose: 2,89%
- Outros: 0,24%
- Metalúrgico: 3,53%
- Fertilizantes: 0,81%
- Ferro Gusa e Aço: 4,22%
- Químico/Petroquímico: 83,72%

FIGURA 9 PARTICIPAÇÃO SETORIAL NAS REDUÇÕES DE EMISSÕES DE SO₂ DE 1994 A 2003

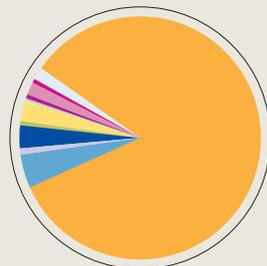
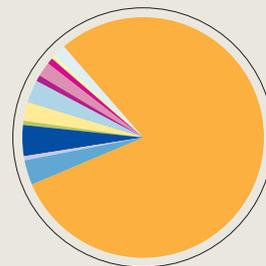


FIGURA 10 PARTICIPAÇÃO SETORIAL NAS REDUÇÕES DE EMISSÕES DE SO₂ EM 2003



- Cerâmica: 1,68%
- Automotivo: 0,27%
- Automobilística: 1,10%
- Alimentos e bebidas: 1,84%
- Têxtil: 0,72%
- Energético: 3,08%
- Papel e Celulose: 2,73%
- Outros: 0,32%
- Metalúrgico: 3,87%
- Fertilizantes: 0,85%
- Ferro Gusa e Aço: 2,86%
- Químico/Petroquímico: 80,68%



setores mais significativos, são mostradas a seguir.

Dentro de tal cenário, o setor químico/petroquímico novamente desponta como o grande contribuidor para a redução de emissões de um poluente, nesse caso o SO₂. Em 2003, por exemplo, a emissão de cerca de 12,2 mil toneladas de SO₂ foram evitadas por esse setor, ao eliminar o uso do óleo combustível e utilizar o gás natural, representando 80,7% do total.

A figura 11 mostra a evolução das emissões de SO₂ do setor químico/petroquímico ao longo de 10 anos, considerando a premissa mais conservadora – concentração de enxofre de 70 mg/m³ no gás e o teor de enxofre de 1% no óleo combustível.

Como parâmetro ilustrativo, no cenário mais otimista – concentração de enxofre de 7 mg/m³ no gás e o teor de enxofre de 2,5% no óleo combustível –, o setor químico/petroquímico teria evitado 187 mil toneladas de SO₂ no período de 1994 a 2003, representando 86% do total. Já no ano de 2003, as reduções de SO₂ teriam alcançado um total de 36,7 mil toneladas.

Emissões de SO₂ – Setor Siderúrgico

O setor siderúrgico teve sua participação mais expressiva no ano de 2000, tendo contribuído com a redução de 461,6 toneladas de SO₂. Em 2003, o valor caiu levemente e a contribuição foi de cerca de 433 toneladas de SO₂ evitadas. Conforme mostrado na figura 12, de 1994 a 2003 o setor contribuiu com a redução de aproximadamente 3,7 mil toneladas de SO₂ representando 4,2% sobre o total.

Emissões de SO₂ – Setor Energético

Assim como no caso do CO₂, apesar de o setor energético ter participado somente de um ano de toda a história da Bahiagás, contribuiu para a redução de 466 toneladas de SO₂ (ver figura 13), ao evitar o uso de diesel e gerar energia a partir do gás natural. A figura 14 considera também a capacidade instalada não-despachada. Expressivas 3.274 toneladas adicionais de SO₂

teriam sido evitadas, caso o despacho houvesse ocorrido, dada a grande quantidade de óleo diesel que não teria sido utilizada.

Emissões de SO₂ – Setores de Alimentos e Bebidas

Conforme a figura 15, o desempenho do setor de alimentos e bebidas apresenta resultados pouco expressivos diante do setor químico/ petroquímico. O setor contribuiu com a redução de 1,8 mil toneladas de SO₂, no período de 1994 a 2003, representando 2%.

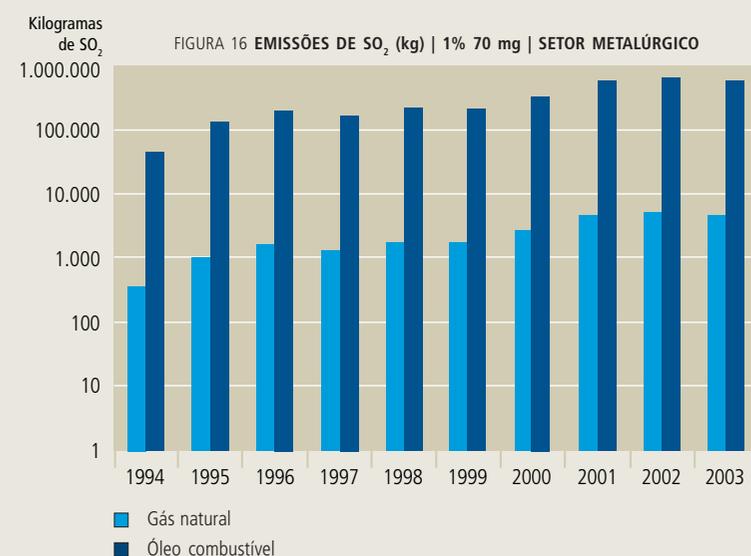
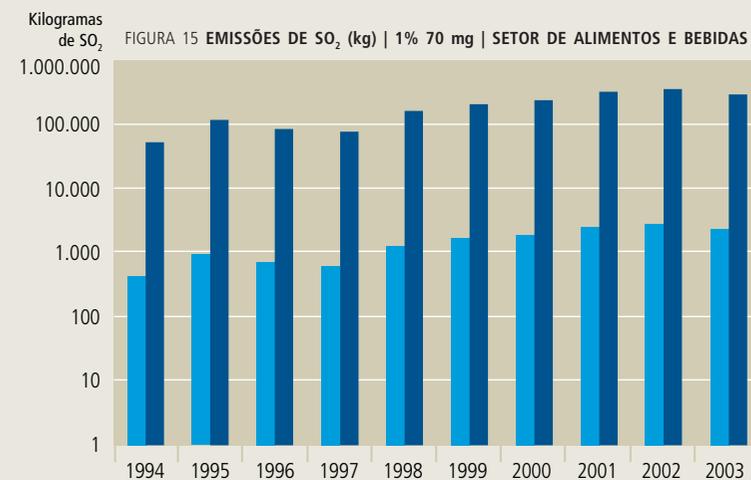
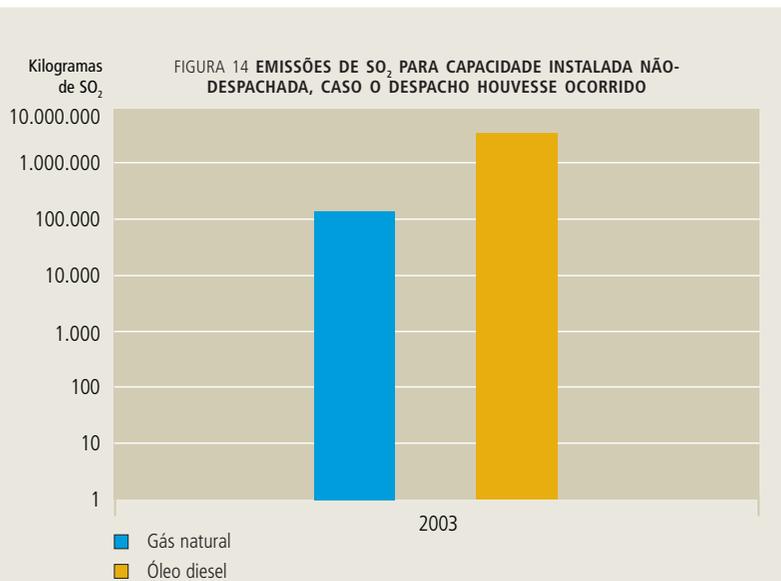
Emissões de SO₂ – Setores Metalúrgico e de Papel e Celulose

Os setores metalúrgicos e de papel e celulose são representados nas figuras 16 e 17, ficando um pouco acima da contribuição do setor de alimentos e bebidas. O setor metalúrgico contribuiu com 3,1 mil toneladas de redução SO₂, no período de 1994 a 2003. Já o setor de papel e celulose evitou 2,6 mil toneladas no mesmo período.

Emissões de Óxidos de Nitrogênio – NO_x

As reduções totais de NO_x a partir do uso do gás natural como insumo energético, substituindo os combustíveis já mencionados neste trabalho, podem ser melhor visualizadas na tabela 15.

Deve-se ressaltar aqui que, devido à indisponibilidade de um fator de emissões de NO_x para o gás natural, o setor comercial não pôde ser analisado. No caso do setor automotivo (GNV), optou-se também por desconsiderar as emissões de NO_x, apesar de estudos recentes sobre o tema, porém ainda insuficientes para a determinação de um fator de emissão. A argumentação baseada em um desses estudos, conforme já mencionado, encontra-se no Anexo 4. Finalmente, é importante mencionar que a redução total considerada acima foi descontada de um aumento das emissões de NO_x no setor energético.



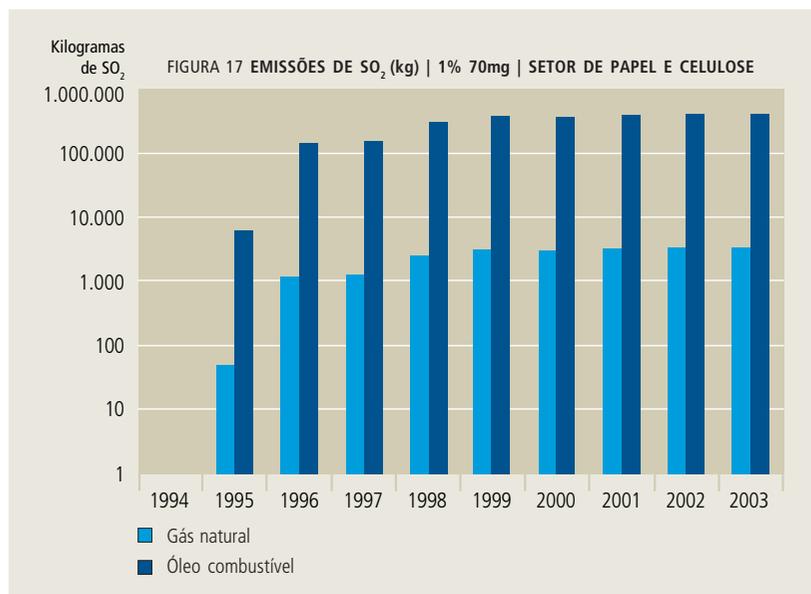


TABELA 15 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DE NO_x NO PERÍODO DE 1994 – 2003

Setor	Redução de emissão de NO _x (t)	Setor	Redução de emissão de NO _x (t)
Alimentos e bebidas	304	Ferro gusa e aço	4.734
Automotivo	-	Fertilizantes	128
Automobilístico	54	Metalúrgico	528
Cerâmica	212	Outros	36
Químico/Petroquímico	12.505	Papel e celulose	431
Comercial	-	Energético	-282
		Têxtil	21

O total das reduções de NO_x no período de 1994 – 2003 atingiu 18.671 toneladas.

TABELA 16 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DE NO_x EM 2003

Setor	Redução de emissão de NO _x (t)	Setor	Redução de emissão de NO _x (t)
Alimentos e bebidas	47	Ferro gusa e aço	548
Automotivo	-	Fertilizantes	22
Automobilístico	28	Metalúrgico	99
Cerâmica	43	Outros	8
Químico/Petroquímico	2.058	Papel e celulose	70
Comercial	-	Energético	-282
		Têxtil	18

O total das reduções de NO_x em 2003 atingiu 2.659 toneladas.

Em 2003, as reduções de emissão de NO_x ocorreram conforme mostra a tabela 16.

Os dados das duas tabelas anteriores podem ser analisados sob o ponto de vista da participação dos diversos setores para a redução total do NO_x, como foi mostrado para o caso do SO₂. As figuras 18 e 19 mostram tal participação.

Deve-se lembrar que, no início do texto deste trabalho (Sumário Executivo), foi exposto que, no caso das emissões de NO_x, considera-se como benefício propiciado pelo gás natural a redução das emissões nos setores analisados, bem como o aumento ocorrido no setor energético. Isso vai ao encontro do objetivo do trabalho de ser conservador e transparente.

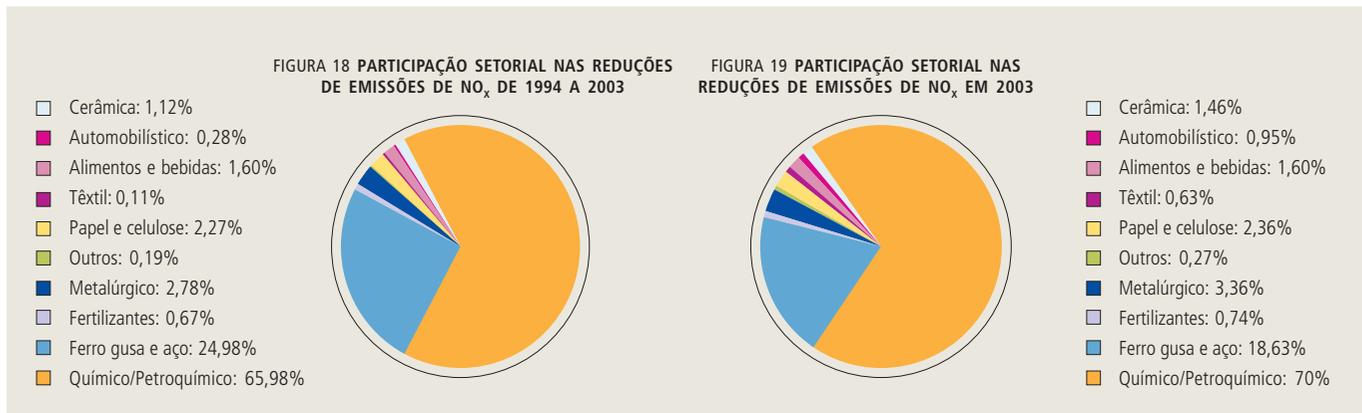
Não é possível, porém, considerar o aumento de emissões de NO_x ocasionado pelo uso do gás natural no setor energético, ao se fazer a totalização e análise da contribuição que cada setor analisado teve nas reduções totais de NO_x, seja no acumulado de 1994 a 2003, seja no ano de 2003 apenas.

Isso porque não há como mostrar uma “participação negativa”, num gráfico do tipo *pizza*. Dessa forma, a contribuição de cada setor foi comparada à redução bruta total, ou seja, o total reduzido apenas, sem considerar o aumento ocasionado pelo setor energético. Tal análise resultou nas figuras 18 e 19.

Nos parágrafos seguintes, a análise da participação de cada setor na redução total de NO_x é também feita sob tal ótica. Desmembrando-se as tabelas 15 e 16 entre os diversos setores analisados, tem-se o seguinte resultado:

Emissões de NO_x – Setor Químico/Petroquímico

O setor químico/petroquímico novamente apresenta-se como um grande contribuidor para a geração de benefícios ambientais, ao utilizar o gás natural como insumo energético em substituição ao óleo combustível. Isso permitiu a redução de cerca de 2,1 mil toneladas de NO_x apenas no ano de 2003. No período que vai de 1994 a 2003, esse setor contribuiu para evitar a liberação de cerca de 12,5 mil toneladas de NO_x, representando aproximadamente 66% do total reduzido.



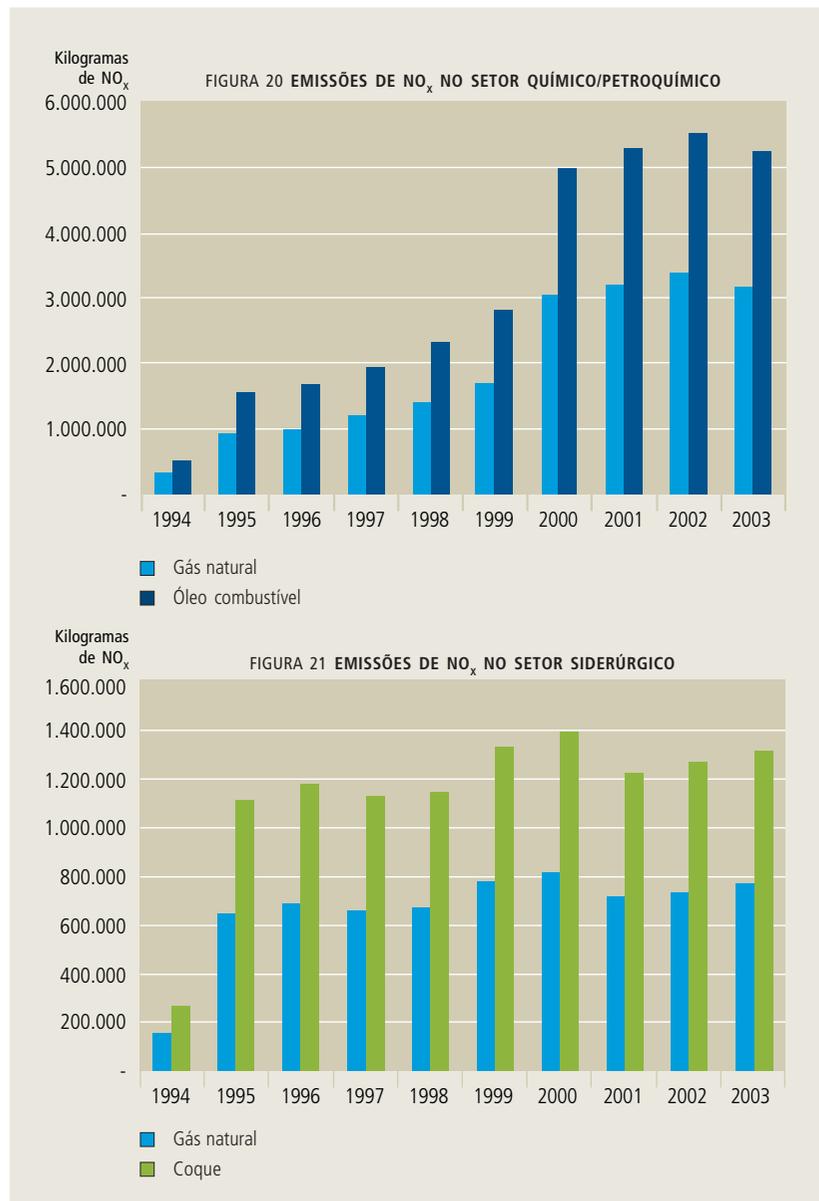
Emissões de NO_x – Setor Siderúrgico

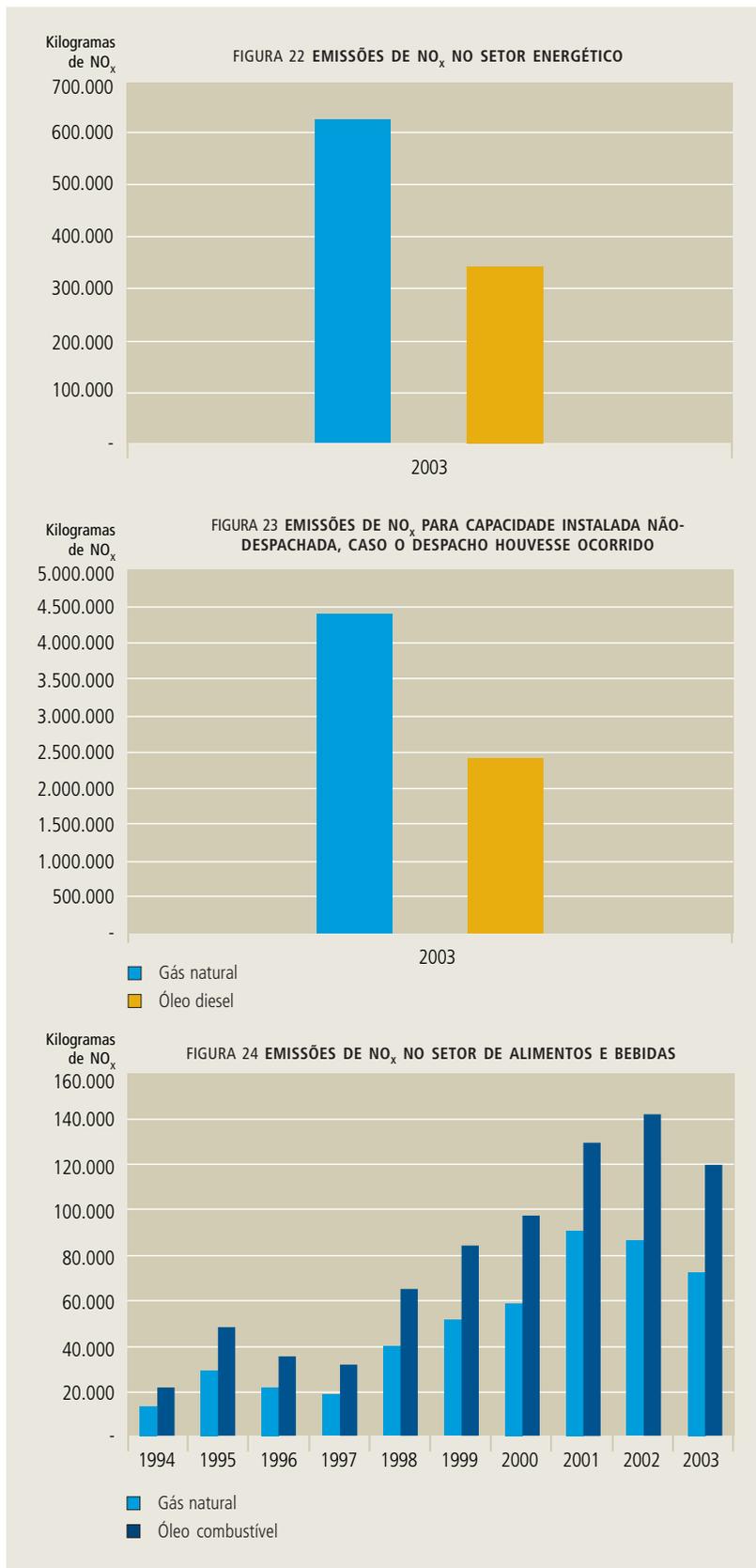
O setor siderúrgico apresenta-se igualmente importante na contribuição de redução das emissões de NO_x, apesar de sê-lo em uma escala bastante menor que o setor químico/ petroquímico. Nesse caso, aproximadamente, 584 toneladas de NO_x deixaram de ser emitidas em 2000, ano de maior consumo de gás natural por esse setor. Conforme figura 21, nos anos de atividade da Bahiagás – 1994 a 2003 –, ao evitar o uso do coque, o setor siderúrgico, cliente da Bahiagás, levou a uma não-emissão de 4,7 mil toneladas de NO_x.

Não diferente do que ocorreu com os dois outros poluentes, o setor químico/ petroquímico foi o que mais contribuiu para a redução de emissões de NO_x em 2003 – as reduções atingiram 2.058 toneladas, ou 70% do total. O setor siderúrgico aparece na seqüência, tendo contribuído para a redução de 548 toneladas de NO_x ou 18,6% do total reduzido no ano.

Emissões de NO_x – Setor Energético

O fato mais marcante relacionado às emissões de NO_x, em 2003, está vinculado ao uso do gás natural no setor energético. De fato, o uso nesse setor, onde ocorre a substituição do óleo diesel pelo gás natural, levou a um aumento das emissões de NO_x – aumento de 282 toneladas em comparação ao diesel. Longe de parecer um dado alarmante, essa informação deve ser bem analisada. Na





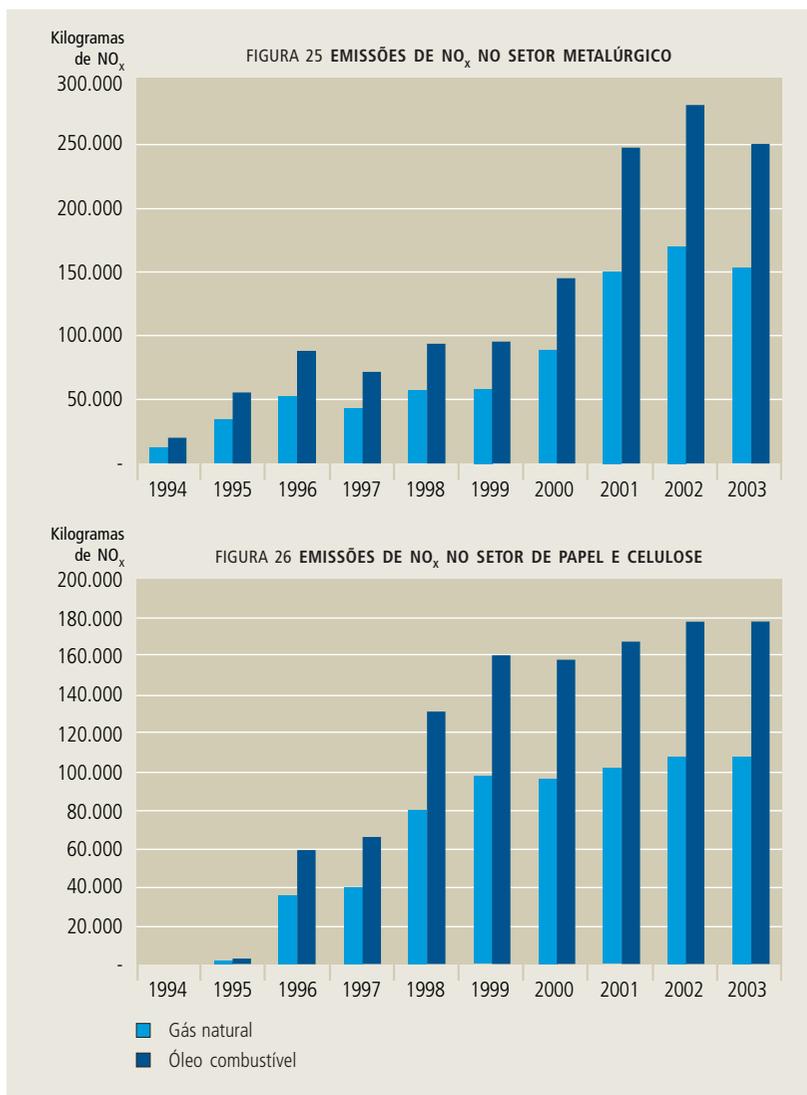
realidade, uma maior emissão de NO_x pode indicar a ocorrência de um bom processo de combustão (temperaturas mais elevadas), o que pode significar um melhor aproveitamento energético do gás natural e, portanto, um benefício ambiental no longo prazo.

Isso porque o melhor aproveitamento está associado a um menor consumo de gás natural para uma determinada geração elétrica (maior eficiência térmica), o que não ocorreria no caso do óleo diesel. Esse consumo reduzido associa-se, ainda, a reduções nas emissões de outros poluentes, como os analisados neste trabalho – CO₂, SO₂ e particulados.

Análise similar à conduzida no parágrafo anterior pode ser feita no caso da capacidade instalada não-despachada. De fato, caso o despacho tivesse efetivamente ocorrido (ver figura 23), o balanço de emissões de NO_x seria negativo. Ou seja, o uso do gás natural teria ocasionado maiores emissões do poluente (4,38 mil toneladas), em comparação às emissões que ocorreriam caso o óleo diesel tivesse sido usado como combustível (2,4 mil toneladas). No entanto, pelos motivos explicitados no parágrafo acima, esse não teria sido um motivo para alarmes, já que indicaria um melhor aproveitamento energético do gás e um benefício ambiental associado ao uso do mesmo no longo prazo.

Emissões de NO_x – Setores Metalúrgico, Papel e Celulose e Alimentos

As figuras 24, 25 e 26 apresentam o desempenho dos setores de alimentos e bebidas, metalúrgico, papel e celulose. A participação desses três setores não é tão representativa como os setores anteriores, acumulando um total de 1,3 mil toneladas de NO_x, no período de 1994 a 2003.



O benefício do gás natural, no caso dos particulados, é muito significativo, o que pode ser conferido pelas diferenças nos gráficos das figuras consideradas. Apenas uma análise visual já permite notar a grande vantagem, em termos de redução da poluição atmosférica, propiciada pelo gás, em contrapartida ao uso de outros combustíveis.

Emissões de Material Particulado

De maneira geral, as reduções de emissões de material particulado foram bastante significativas desde o início das atividades da Bahiagás, conforme mostra a tabela 17 a seguir.

O benefício do gás natural, no caso dos particulados, é muito significativo, o que pode ser conferido pelas diferenças nos gráficos das figuras consideradas. Apenas uma análise visual já permite notar a grande vantagem, em termos de redução da poluição atmosférica, propiciada pelo gás, em contrapartida ao uso de outros combustíveis. Dessa forma, apenas em 2003, cerca de 2,7 mil toneladas de particulados deixaram de ser emitidas para a atmosfera nos setores analisados.

TABELA 17 REDUÇÕES DE PARTICULADOS NO PERÍODO 1994 – 2003

Setor	Redução de emissão de particulados (t)	Setor	Redução de emissão de particulados (t)
Alimentos e bebidas	15	Ferro gusa e aço	17.072
Automotivo	144	Fertilizantes	6
Automobilístico	3	Metalúrgico	26
Cerâmica	10	Outros	2
Químico/Petroquímico	606	Papel e celulose	21
Comercial	-	Energético	560
		Têxtil	1

O total das reduções de particulados no período de 1994 – 2003 atingiu 18.466 toneladas.

FIGURA 27 PARTICIPAÇÃO SETORIAL NAS REDUÇÕES DE EMISSÕES DE PARTICULADOS DE 1994 A 2003

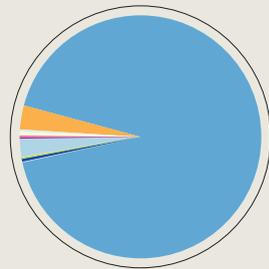


FIGURA 28 PARTICIPAÇÃO SETORIAL NAS REDUÇÕES DE EMISSÕES DE PARTICULADOS EM 2003

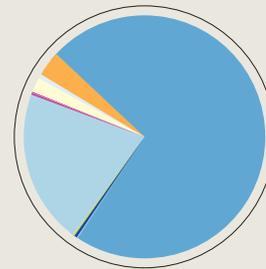


TABELA 18 REDUÇÕES DE PARTICULADOS EM 2003

Setor	Redução de emissão de particulados (t)	Setor	Redução de emissão de particulados (t)
Alimentos e bebidas	2	Ferro gusa e aço	1.976
Automotivo	66	Fertilizantes	1
Automobilístico	1	Metalúrgico	5
Cerâmica	2	Outros	0
Químico/Petroquímico	100	Papel e celulose	3
Comercial	-	Energético	560
		Têxtil	1

O total das reduções de particulados em 2003 atingiu 2.717 toneladas.

Na tabela 18, pode-se ver a distribuição das reduções de emissão de particulados entre os diversos setores no ano de 2003.

A participação dos diversos setores analisados na redução das emissões de particulados de 1994 a 2003, período estudado de atividades da Bahiagás, e no ano de 2003 é mostrada nas figuras 27 e 28.

As figuras a seguir fazem o desmembramento das emissões de particulados por setor analisado.

Emissões de Material Particulado – Setor Químico/Petroquímico

O setor químico/petroquímico, que tem liderado as reduções, foi o segundo setor em contribuição a evitar as emissões de particulados no período de 1994 a 2003, face à particularidade do setor siderúrgico de ter o coque como alternativa ao uso do gás natural. Em 2003, o setor químico/petroquímico contribuiu com a redução de 100 toneladas de particulados, representando 3,6% do total. Conforme a figura 29, é apresentada a evolução nos últimos 10 anos das reduções evitadas do setor químico/petroquímico.

Emissões de Material Particulado – Setor Siderúrgico

Como era de se esperar, o setor siderúrgico foi o que mais contribuiu nesse caso. No

FIGURA 29 EMISSÕES DE PARTICULADOS NO SETOR QUÍMICO/PETROQUÍMICO



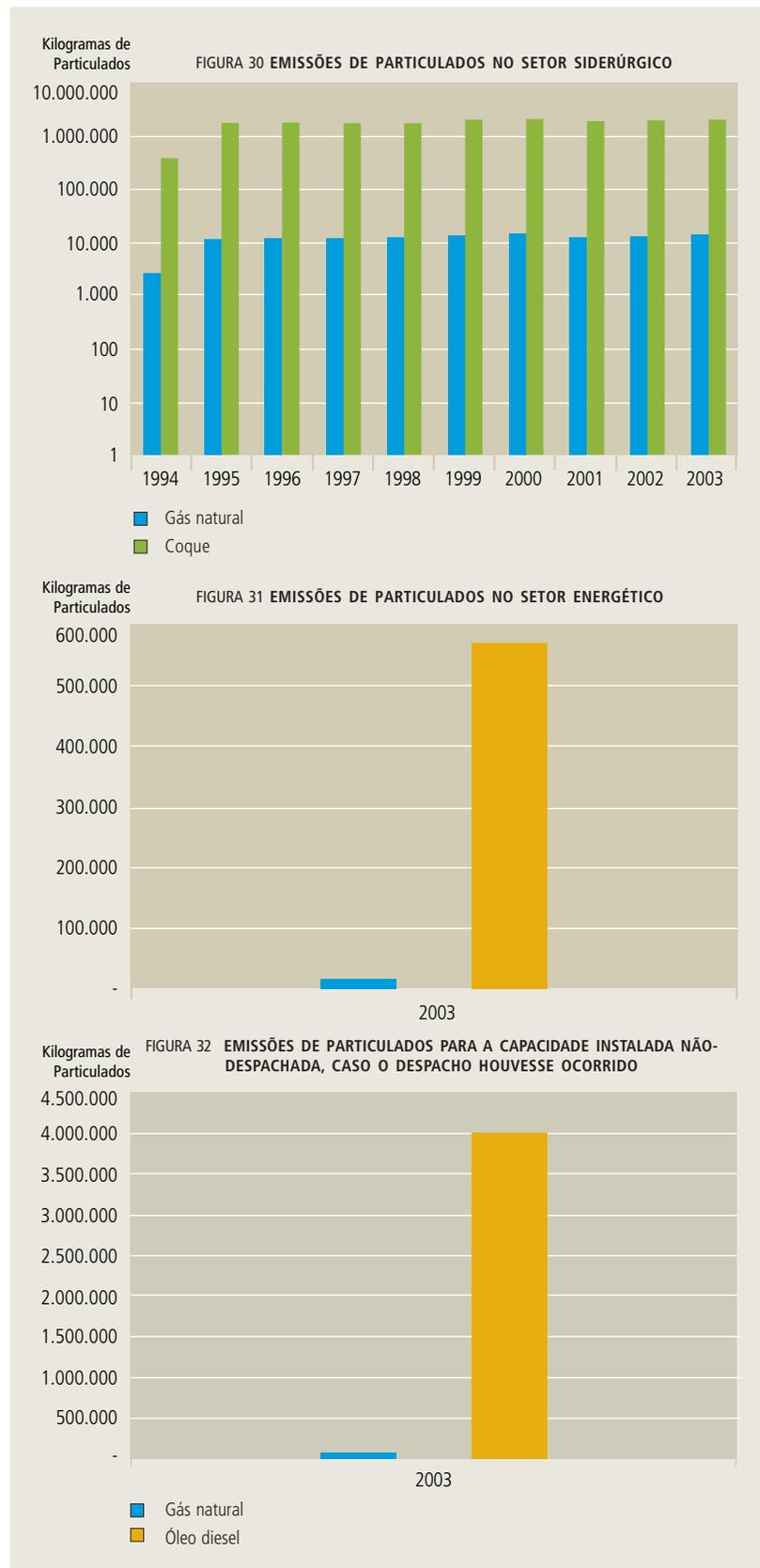
total acumulado nos últimos 10 anos, o uso do gás natural propiciou que cerca de 18,4 mil toneladas de material particulado deixassem de ser emitidas, sendo que o setor siderúrgico foi responsável por 17 mil toneladas (92,5% do total). A figura 30 apresenta a evolução das reduções das emissões de particulados de 1994 a 2003.

A combustão do coque acaba gerando quantidade de materiais particulados que, nas hipóteses feitas neste trabalho, teriam sido lançados na atmosfera, para prejuízo da saúde da população baiana. No entanto, o uso do gás natural propiciou um enorme benefício nesse caso, de forma que, em 2003, o setor deixou de emitir quase 2 mil toneladas de particulados, ao utilizar o gás natural em vez de usar o coque (72,7% do total). A participação do setor siderúrgico caiu em 2003, em relação ao valor acumulado dos últimos 10 anos, face à entrada em operação das térmicas, que também têm uma contribuição significativa, quando usam diesel nas turbinas em vez do gás natural.

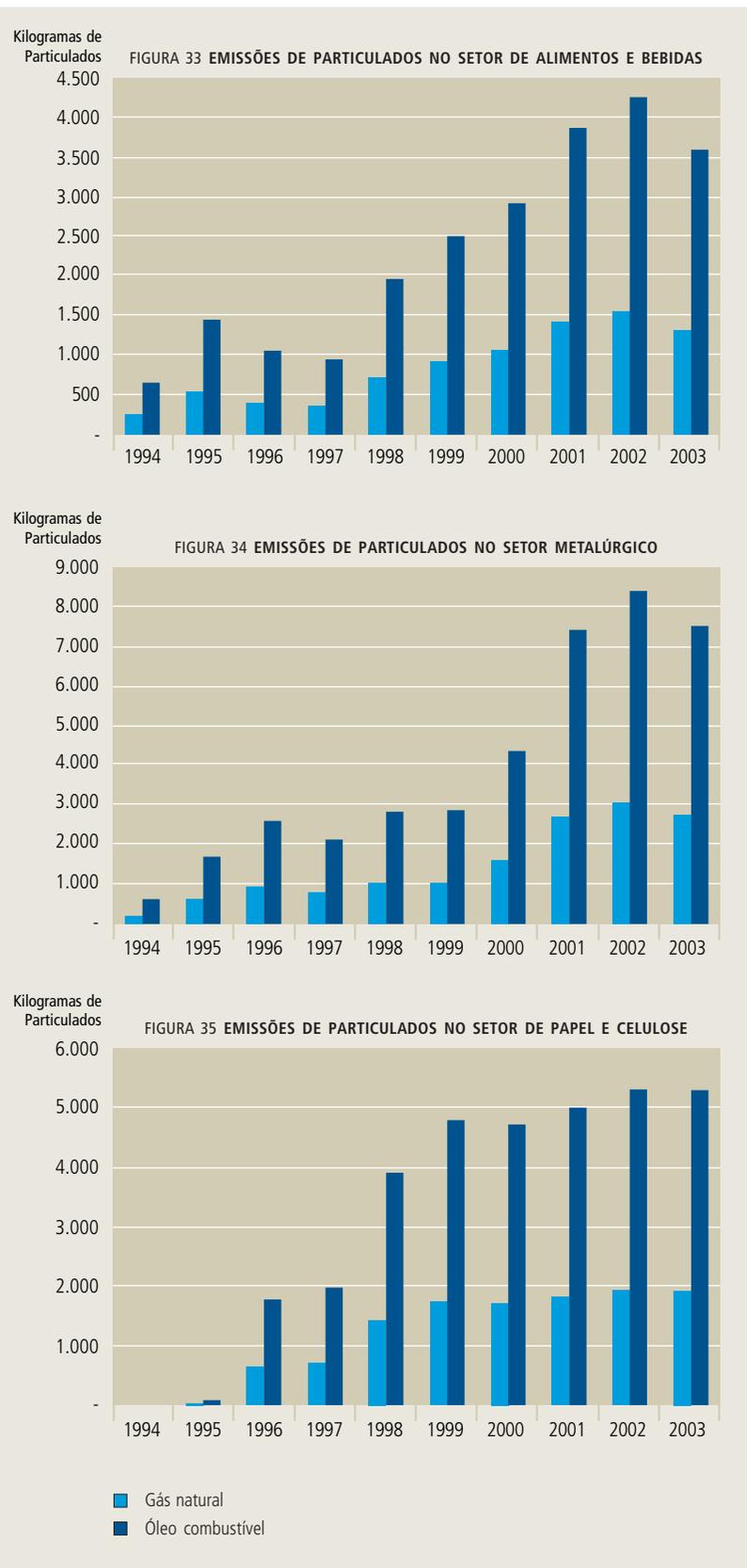
Emissões de Material Particulado – Setor Energético

O setor energético (excluindo as usinas que são operadas pela Petrobras) só começou a operar em 2003, com a termoeletrica da CHESF, em Camaçari; representou uma redução de 560 toneladas no ano (20% do total) e foi o segundo setor que mais contribuiu para evitar as emissões de particulados.

Considerando-se também o despacho da capacidade instalada das térmicas (não-despachadas) durante todos os meses do ano de 2003 (incluindo as usinas que são controladas pela Petrobras), grande quantidade de emissão de material particulado teria sido evitada, já que o gás natural substituiria o óleo diesel. Dessa forma, cerca de 3,9 mil toneladas de particulados teriam deixado de ir para a atmosfera, mostrando mais uma vez o grande benefício que o gás natural deverá prover quando as térmicas operarem com esse insumo. Essa situação pode dar margem, no futuro,



É importante frisar que, se o governo implantar o programa de GNV para substituição da frota de ônibus urbanos e de parte do transporte de carga, que é feita através de caminhões, haverá significativos ganhos nas emissões evitadas de particulados, proporcionando uma melhoria na qualidade do ar das grandes cidades.



a que o setor energético supere o setor siderúrgico em emissões de particulados evitados.

Emissões de Material Particulado – Setores Metalúrgico, Alimentos e Bebidas, Papel e Celulose

A participação dos setores de alimentos e bebidas, metalúrgico e papel e celulose não é representativa nas quantidades evitadas das emissões de particulados. As figuras 33, 34 e 35 apresentam a evolução do desempenho desses setores, no período de 1994 a 2003. No total, esses três setores evitaram 62 toneladas de particulados nos últimos 10 anos.

Emissões de Material Particulado – Setor de Transporte

Apesar de não ter sido considerado em separado nas figuras mostradas, vale ressaltar que o segmento automotivo (GNV) contribuiu com a redução de aproximadamente 66 toneladas de particulados em 2003. Considerando-se que tais reduções ocorrem em áreas urbanas e, portanto, de grande concentração populacional, qualquer benefício adicional deve ser relevado.

É importante frisar que, se o governo implantar o programa de GNV para substituição da frota de ônibus urbanos e de parte do transporte de carga, que é feita através de caminhões, haverá significativos ganhos nas emissões evitadas de particulados, proporcionando uma melhoria na qualidade do ar das grandes cidades.

Emissões de Dióxido de Carbono – CO₂

Inicialmente, consideram-se as reduções de emissão de CO₂ totais atingidas pelos diversos setores atendidos pelo gás natural da Bahiagás desde 1994, quando a empresa iniciou suas atividades. São apresentadas também, na sequência, as reduções de emissão de CO₂ para o ano de 2003, apenas mostrando a contribuição mais atual dos diversos setores clientes da Bahiagás para a redução das emissões do gás carbônico.

A seguir, apresentam-se os resultados da redução das emissões de CO₂ dos setores mais expressivos considerados neste trabalho. Nos gráficos, apresentamos as emissões do gás natural, comparando com o combustível alternativo. Antes disso, porém, são apresentadas as participações setoriais nas reduções de emissões de CO₂.

Emissões de CO₂ – Setor Químico/Petroquímico

Como era de se esperar, o setor químico/

TABELA 19 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DE CO₂ NO PERÍODO DE 1994 – 2003

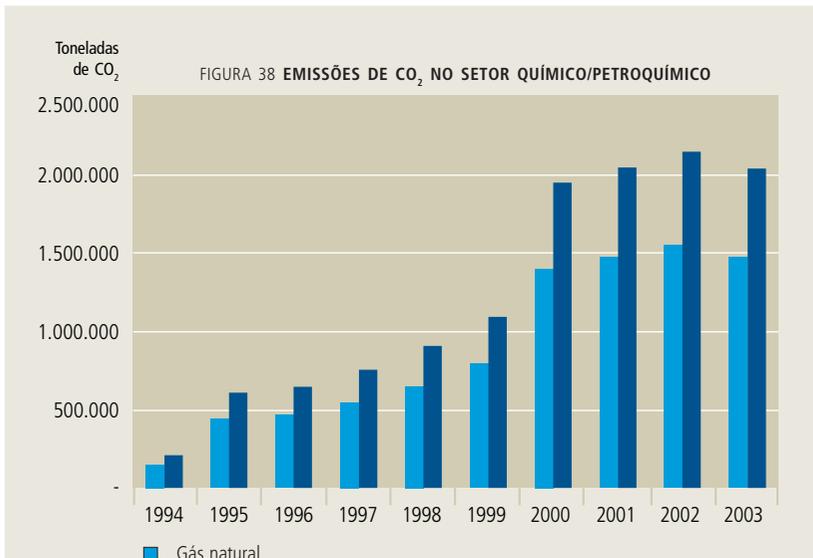
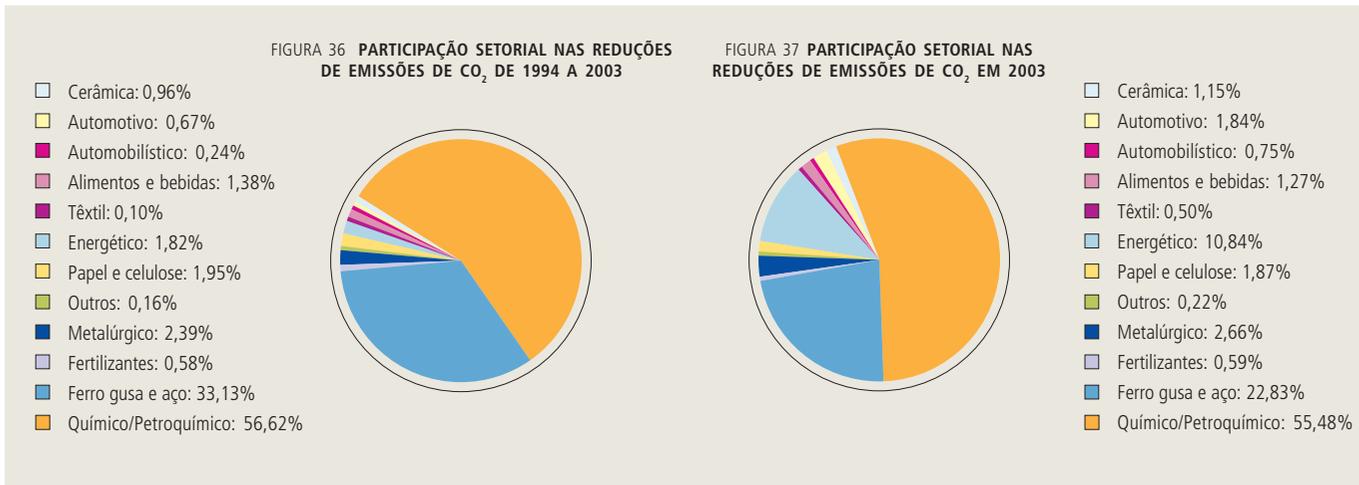
Setor	Redução de emissão de CO ₂ (t)	Setor	Redução de emissão de CO ₂ (t)
Alimentos e bebidas	84.333	Ferro gusa e aço	2.029.271
Automotivo	40.921	Fertilizantes	35.363
Automobilístico	14.931	Metalúrgico	146.338
Cerâmica	58.727	Outros	10.073
Químico/Petroquímico	3.467.714	Papel e celulose	119.565
Comercial	84	Energético	111.477
		Têxtil	5.912

O total das reduções no período de 1994 a 2003 foi 6.124 mil toneladas de CO₂.

TABELA 20 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DE CO₂ EM 2003

Setor	Redução de emissão de CO ₂ (t)	Setor	Redução de emissão de CO ₂ (t)
Alimentos e bebidas	13.044	Ferro gusa e aço	234.831
Automotivo	18.894	Fertilizantes	6.043
Automobilístico	7.761	Metalúrgico	27.354
Cerâmica	11.868	Outros	2.235
Químico/Petroquímico	570.657	Papel e celulose	19.278
Comercial	50	Energético	111.477
		Têxtil	5.124

O total das reduções em 2003 foi 1.028 mil toneladas de CO₂.



petroquímico, ao deixar de utilizar grande quantidade de óleo combustível em suas operações, em favorecimento ao gás natural como insumo energético, foi o que mais contribuiu para a redução das emissões de CO₂ durante os 10 anos de atividades da Bahiagás. Esse setor respondeu por reduções de cerca de 3,5 milhões de toneladas de CO₂, representando 57% do total. A figura 38 demonstra a evolução das emissões evitadas nos 10 anos.

A análise mais recente das reduções de emissão de CO₂, em 2003, mostra que, de fato, o setor químico/petroquímico continuou sendo o grande contribuidor, tendo respondido pela redução de aproximadamente 570,6 mil toneladas de CO₂, ou 55% do total reduzido.

Emissões de CO₂ – Setor Siderúrgico

Em seguida, o setor siderúrgico, também com contribuição expressiva para a redução de emissões de CO₂, se tivesse utilizado o coque teria emitido uma grande quantidade do gás de efeito estufa (CO₂). A figura 39 apresenta a evolução das reduções de CO₂ nos últimos 10 anos. É estimado que cerca de 2 milhões de toneladas de CO₂ tenham sido evitadas pelo uso do gás natural nesse setor. Em 2003, com aproximadamente 23% das reduções totais (cerca de 235 mil toneladas de CO₂ evitadas), continuou sendo o segundo setor mais expressivo.

Emissões de CO₂ – Setor Energético

É interessante notar que, para o ano de 2003 exclusivamente, aparece a figura do setor energético, já que uma termoelétrica foi acionada e consumiu o gás natural da Bahiagás. Somente esse setor foi responsável por cerca de 11% das reduções totais de emissão de CO₂ no ano considerado, que representaram a redução das emissões de, aproximadamente, 111,5 mil toneladas de CO₂.

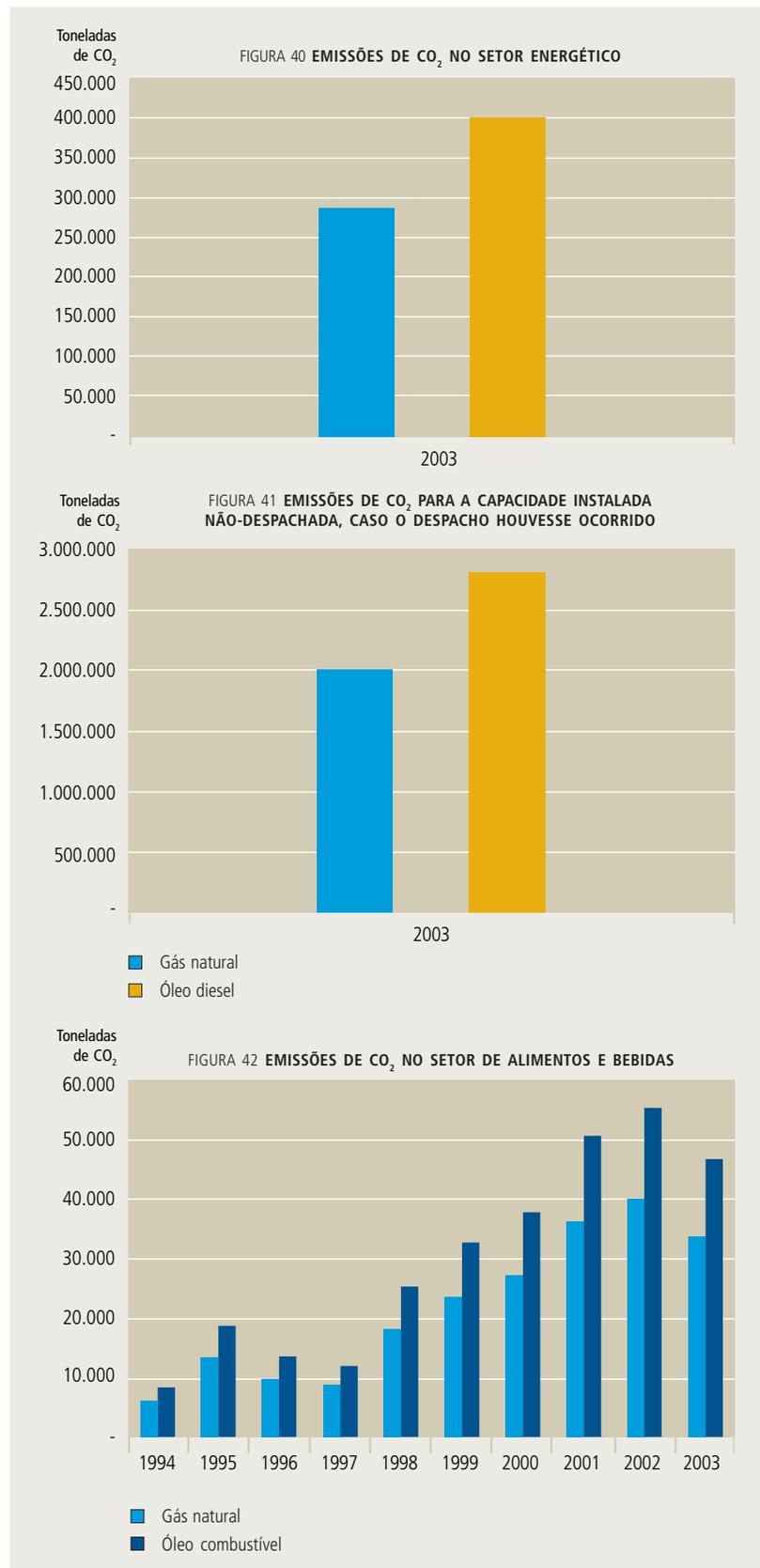
Ainda em 2003, não se pode deixar de considerar o fato de que, caso a capacidade instalada das termoelétricas tivesse sido totalmente despachada em todos os meses do ano, uma redução adicional de 784 mil toneladas de CO₂ teria sido atingida, conforme demonstra a figura 41. Dessa forma, o setor energético teria sido o mais expressivo, o que demonstra seu potencial, em função da política de despacho que venha ser adotada nas usinas termoelétricas.

Emissões de CO₂ – Setores Metalúrgico, Papel e Celulose, Alimentos e Bebidas

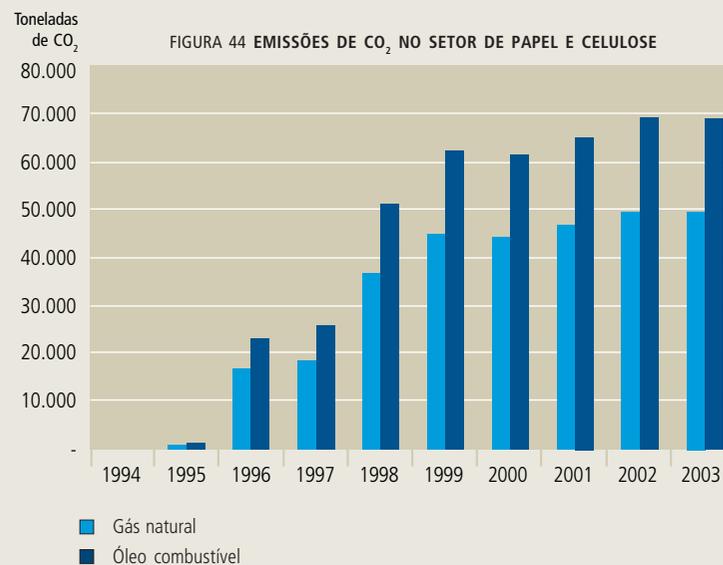
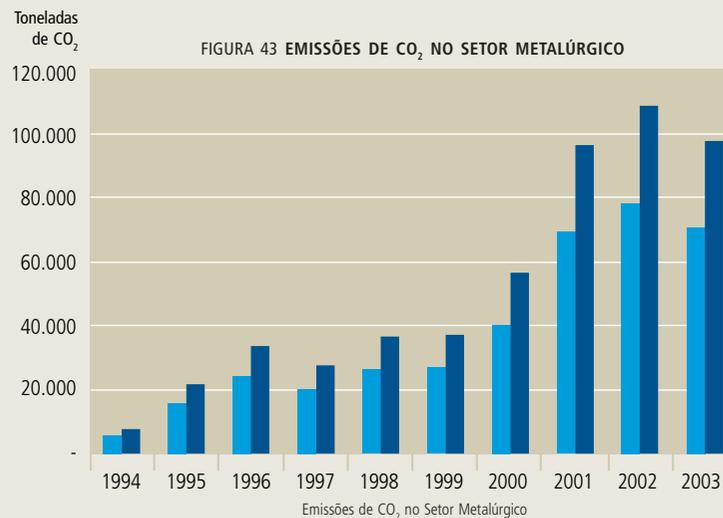
A participação dos setores de alimentos e bebidas, metalúrgico, papel e celulose não é representativa nas quantidades evitadas das emissões de dióxido de carbono em relação aos outros setores já mencionados. As figuras 42, 43 e 44 apresentam a evolução do desempenho desses setores no período de 1994 a 2003. Os três setores evitaram um total de 350 mil toneladas de dióxido de carbono no período de 10 anos.

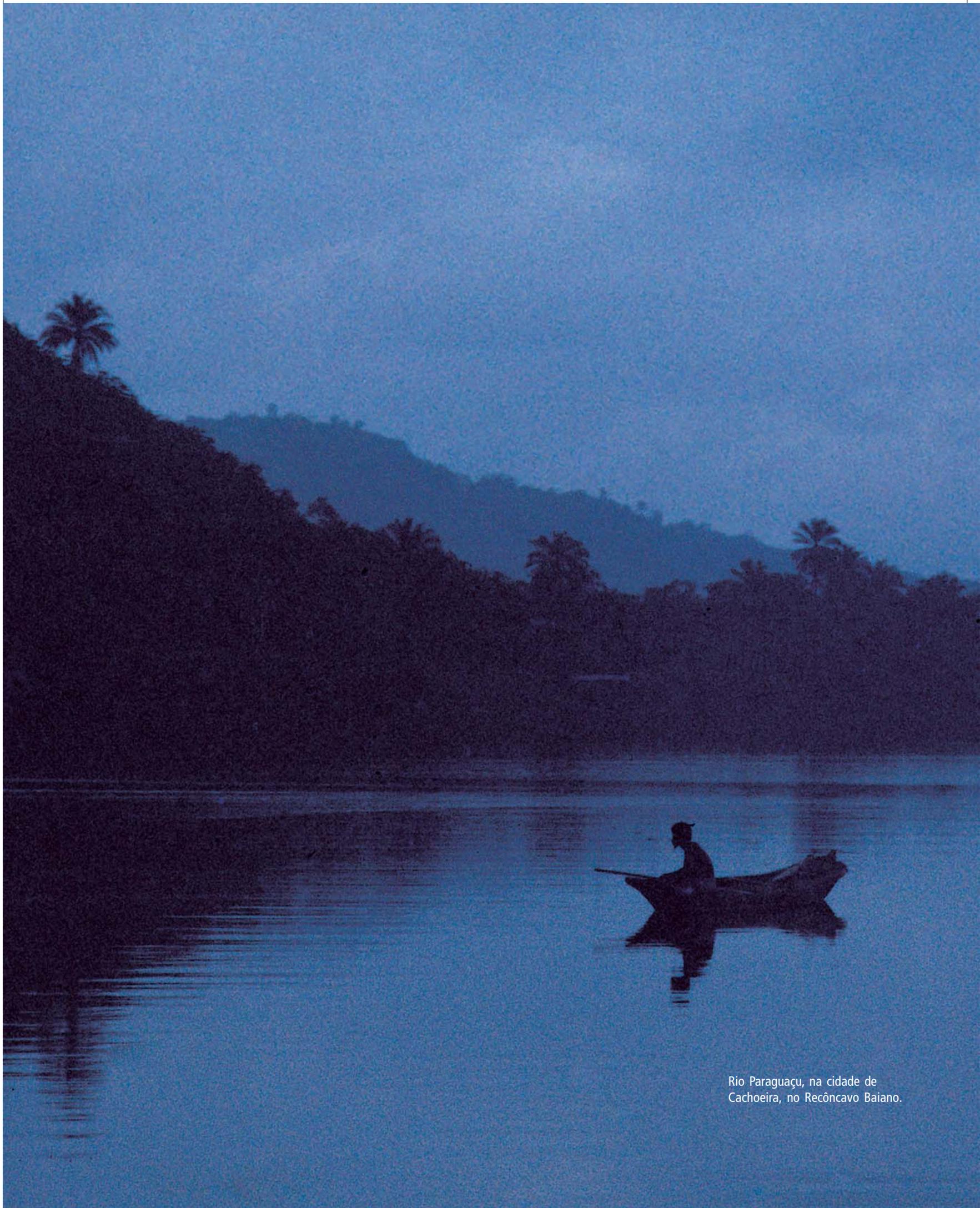
Emissões de CO₂ – Setor de Transporte

Apesar de não ter sido considerado em separado nas figuras mostradas, o segmento automotivo, ao não consumir a gasolina, evitou a emissão de aproximadamente 41 mil toneladas de CO₂. É importante ressaltar que o consumo de gás natural veicular foi ampliado a partir de 1999, o que comprova a existência de um grande potencial de redução no setor, principalmente com a incorporação do transporte urbano e de carga, movidos a gás.



O segmento automotivo, ao não consumir a gasolina, evitou a emissão de aproximadamente 41 mil toneladas de CO₂. É importante ressaltar que o consumo de gás natural veicular foi ampliado a partir de 1999, o que comprova a existência de um grande potencial de redução no setor.





Rio Paraguaçu, na cidade de
Cachoeira, no Recôncavo Baiano.



Lagoa da Cetrel, em Camaçari.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



O gás natural vem surgindo como uma alternativa energética de grande apelo comercial e ambiental. Seu uso, cada vez mais difundido, vem mostrando grandes perspectivas quanto à possibilidade de se minimizar impactos ambientais, oriundos da utilização de combustíveis fósseis utilizando tecnologia disponível, barata e de fácil replicabilidade. De 1998 a 2002, a participação do gás natural na matriz energética brasileira simplesmente dobrou, chegando a 7,7% (Ministério das Minas e Energia, 2003).

Os problemas de poluição atmosférica estão, sem dúvida, no centro dos debates da atualidade. Podem causar nos seres humanos, desde leves irritações até enfisemas pulmonares, além de provocar a degradação biológica em corpos d'água e contribuir para a destruição de patrimônios históricos. Por isso, a poluição atmosférica vem sendo combatida intensamente ao redor do Globo. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, onde medidas para melhorar a qualidade do ar normalmente esbarram na falta crônica de recursos e no excesso de burocracia, soluções de interesse econômico, que podem ser implementadas a baixo custo, exercem um papel fundamental na qualidade de vida dos cidadãos. O gás natural é, sem dúvida, uma dessas soluções.

Este trabalho teve como objetivo ilustrar o grave problema da poluição atmosférica e demonstrar os benefícios da utilização do gás natural, no que tange à redução de emissões de SO₂, NO_x, material particulado e CO₂. Apesar das premissas conservadoras utilizadas na elaboração, os resultados são significativos para comprovar que há uma melhoria substancial em relação à emissão dos poluentes acima mencionados.

Como pode ser visto na tabela 21, os benefícios associados à utilização do gás natural, em relação a outros combustíveis, são claros. Praticamente, o gás natural não gera emissões de particulados e SO₂. Quando os dados de vendas de gás natural da Bahiagás foram analisados, levando-se em consideração a utilização de outros combustíveis fósseis – que foram utilizados antes da conversão ao gás ou são a prática mais comum de uso em um determinado setor – notou-se que, de maneira geral, houve redução de emissões de todos os poluentes, o que comprova

O gás natural vem surgindo como uma alternativa energética de grande apelo comercial e ambiental. Seu uso, cada vez mais difundido, vem mostrando grandes perspectivas quanto à possibilidade de se minimizar impactos ambientais, oriundos da utilização de combustíveis fósseis utilizando tecnologia disponível, barata e de fácil replicabilidade.

TABELA 21 REDUÇÕES DE EMISSÕES DOS POLUENTES PELO USO DO GÁS NATURAL – ACUMULADO 1994 -2003 E 2003 (TONELADAS)

Emissões	SO ₂		NO _x		Particulados		CO ₂	
	2003	1994 - 2003	2003	1994 - 2003	2003	1994 - 2003	2003	1994 - 2003
Combustíveis/ Período								
Gás natural	167	932	5.100	29.294	95	533	2.398.101	13.570.455
Outros combustíveis	15.297	89.532	7.759	47.965	2.812	18.999	3.426.717	19.695.164
Reduções	15.130	88.600	2.659	18.671	2.717	18.466	1.028.616	6.124.709

Se as reduções de CO₂, devido à substituição de outros combustíveis para o gás natural, fossem líquidas, ou seja, já descontados outros fatores associados, tais como a emissão de N₂O e as emissões fugitivas, e todo o montante fosse passível de elegibilidade no mercado internacional de créditos de carbono, o total de CO₂ evitado poderia ser negociado a cerca de US\$ 30 milhões, a preços atuais para o crédito de carbono.

a teoria de que o gás natural é realmente o mais “limpo” dos combustíveis fósseis. A tabela 21 resume as emissões e reduções de emissões estudadas.

Considerando-se o potencial que poderia ter sido atingido, caso as térmicas tivessem sido despachadas, o ganho extra mostrado na tabela 22 teria ocorrido.

No cenário mais conservador (gás natural com concentração de enxofre de 70 mg/m³ e, no caso do óleo combustível, teor de 1% de enxofre), cerca de 88,6 mil toneladas de SO₂ deixaram de ser emitidas para a atmosfera, desde o início das atividades da Bahiagás, comparando-se com a situação em que outros combustíveis fósseis tivessem sido utilizados. Apenas para se ter uma idéia, no cenário mais otimista (concentração de enxofre no gás natural de 7 mg/m³ e teor de enxofre no óleo combustível de 2,5%) por volta de 217 mil toneladas de SO₂ teriam deixado de ser emitidas. Além disso, uma emissão de cerca de 6,1 milhões de toneladas de CO₂ foi poupada (30% de redução); aproximadamente 18,6 mil toneladas de NO_x não foram para a atmosfera e por volta de 18,4 mil toneladas de material particulado foram evitadas, devido à alternativa de uso do gás natural como combustível.

Se as reduções de CO₂, devido à substituição de outros combustíveis para o gás natural, fossem líquidas, ou seja, já descontados outros fatores associados, tais como a emissão de N₂O e as emissões fugitivas, e todo o montante fosse passível de elegibilidade no mercado internacional de créditos de carbono, o total de CO₂ evitado poderia ser negociado a cerca de US\$ 30 milhões, a preços atuais para o crédito de carbono.

Para se ter uma idéia comparativa da contribuição das reduções de 6,1 milhões de toneladas de CO₂, no período de 1994 a 2003, esse valor é equivalente às emissões de CO₂ de uma frota de um milhão de automóveis movidos a gasolina durante um ano.

Deve-se ressaltar, ainda, a grande significância da utilização do gás natural no setor químico/petroquímico. Esse setor foi responsável, no período de 1994 a 2003, por 65% (não computada a parcela de gás natural para matéria-prima) das vendas de gás natural da Bahiagás para fins de insumo energético. Considerando-se todos os 10 anos de atividades da Bahiagás, esse setor correspondeu a 83,7% das reduções de SO₂; 65,9% das reduções de NO_x; 3,3% das reduções de material particulado e 57% das reduções de CO₂.

Compete ainda destacar que o Pólo Petroquímico de Camaçari tem potencial de substituir resíduos, que teriam usos mais nobres como matéria-prima e que são utilizados atualmente como combustíveis, além de uma quantidade de óleo combustível que é comprada no mercado. A substituição desses produtos por gás natural acarretará um consumo adicional de pelo menos um milhão de m³/dia de gás. Estimam-se as seguintes emissões evitadas, em virtude da substituição mencionada: CO₂, 306.000 toneladas/ano; SO₂, 3.400 toneladas/ano; NO_x 1.100 toneladas/ano; particulados 52 toneladas/ano. A conversão das caldeiras para substituição dos produtos citados por gás natural deverá ocorrer a partir de 2006, quando haverá maior disponibilidade de gás natural na região.

No caso especial do material particulado, durante os 10 anos de atividades da Bahiagás, o setor siderúrgico isoladamente respondeu por cerca de 92,5% da redução de

emissões. Com isso, os demais setores participaram com reduções menores, como foi o caso do setor energético (3% das reduções de particulados, de 1994 a 2003).

A consideração do ano de 2003 isoladamente mostrou que, assim como no período consolidado de atividades da Bahiagás (1994-2003), o grande destaque é sempre o setor químico/petroquímico. Esse fato decorre do grande volume de gás natural consumido no setor e da consideração de que o combustível substituído foi o óleo combustível, fazendo com que o setor estivesse sempre à frente, no que diz respeito à redução das emissões dos poluentes analisados. Dessa forma, o setor contribuiu, em 2003, com 80,7% das reduções de SO₂, 70% das reduções de NO_x; 3,6% das reduções de particulados e 55% das reduções de CO₂.

Na verdade, o fato de o setor siderúrgico deixar de consumir coque para usar o gás natural como redutor do processo de fabricação do aço contribui de forma muito mais expressiva para a redução de emissão de particulados do que contribui o uso do gás no setor químico/petroquímico. De fato, em 2003, a redução de emissões desse poluente no setor siderúrgico foi cerca de 20 vezes a redução ocorrida no setor químico/petroquímico.

Em 2003, se a capacidade instalada para geração de eletricidade (520 MW) tivesse sido despachada no sistema elétrico em sua totalidade – na verdade, apenas uma parte desse potencial foi utilizada (52 MW), parte esta que, neste trabalho, foi analisada como setor energético –, um benefício significativo poderia ter sido inferido em termos da emissão dos poluentes aqui analisados. Como pode ser constatado durante o estudo, tal despacho teria consumido cerca de 979 milhões de metros cúbicos de gás no ano, o que teria representado uma redução adicional de 3,3 mil toneladas de SO₂, no cenário mais conservador (70 mg de enxofre por metro cúbico de gás); 3,9 mil toneladas de particulados e de 784 mil toneladas de CO₂, conforme pode ser visto na tabela 22.

TABELA 22 REDUÇÕES DAS EMISSÕES DOS POLUENTES, CASO AS TÉRMICAS TIVESSEM SIDO DESPACHADAS – 2003 (TONELADAS)

	SO ₂	NO _x	Particulados	CO ₂
Emissões do gás natural	137	4.388	78	2.014.482
Diesel	3.411	2.402	4.014	2.798.464
Redução de emissões	3.274	(1.986)	3.936	783.982

* No caso do NO_x, um aumento nas emissões teria ocorrido em função do despacho.

É interessante notar que, no caso do NO_x para o setor energético, assim como no caso da capacidade instalada que teria sido despachada, o gás natural acaba aparecendo, numa primeira análise, como um “emissor poluente”. Porém, há que se levar em consideração o fato de que um alto valor de emissões de NO_x indica, de maneira geral, que há um bom processo de combustão em andamento. Isso significa um melhor aproveitamento energético do combustível que, por sua vez, conduz a uma redução no consumo global do mesmo, no longo prazo.

Assim, ainda que pontualmente – só se tem dados do ano de 2003 – a análise tenha mostrado uma vantagem para o óleo diesel, é de se esperar que, ao longo do tempo, a situação se inverta em favor do gás natural. Deve-se ressaltar ainda que uma combustão mais eficiente significa, através da redução do consumo do

Para se ter uma idéia comparativa da contribuição das reduções de 6,1 milhões de toneladas de CO₂, no período de 1994 a 2003, esse valor é equivalente às emissões de CO₂ de uma frota de um milhão de automóveis movidos a gasolina durante um ano.

A Bahia é o Estado brasileiro onde mais se usa o gás natural para co-geração, ou seja, para geração simultânea de calor e eletricidade. Essa é a tecnologia mais eficiente em termos de aproveitamento energético do gás.

combustível, menos emissões de SO₂, CO₂ e particulados, o que sem dúvida reforça a utilização eficiente do gás natural.

Compete registrar os estudos que a CHESF vem realizando para modificar as instalações de sua usina, que opera com turbinas de ciclo aberto, para ciclo combinado. A alteração deverá dobrar o nível de eficiência térmica da usina de Camaçari.

A desconsideração do setor automotivo para determinação das reduções de emissão de NO_x, por sinal, é motivo para relevar aqui as limitações do trabalho. Dado o fato de que são as condições de combustão, e as características do combustível em si, os fatores preponderantes na quantidade de NO_x gerado, uma pesquisa mais aprofundada teria que ser conduzida, de forma a se estudar estatisticamente as condições de operação da frota baiana de veículos, especialmente no que diz respeito aos *kits* de conversão para o gás natural.

Outra limitação diz respeito à base do estudo em si, as quantidades de gás natural providas pela Bahiagás. Apesar de serem representativos, os dados poderiam ser complementados para todo o estado da Bahia, já que uma parte do gás natural é consumida em algumas unidades da Petrobras no Estado. Sugere-se, dessa forma, que um estudo posterior possa levar em consideração essa parcela de consumo do combustível, como forma de deixar a análise mais representativa, englobando todo o Estado da Bahia. Paralelamente a tal complementação, poder-se-ia analisar a questão das emissões dos poluentes, tratados neste trabalho, não mais por setores de atividade, mas sim por microrregiões geográficas no Estado, onde as informações poderiam ser cruzadas com dados sobre a qualidade do ar local, por exemplo.

Não se pode deixar de reforçar, uma vez mais, que apesar de a análise aqui apresentada estar centrada em dados de 1994 a 2003, no que se refere ao uso do gás natural como combustível, o Estado da Bahia vem, há muito tempo, beneficiando-se das vantagens ambientais do gás natural. De fato, a Bahia é o Estado brasileiro onde mais se usa o gás natural para co-geração, ou seja, para geração simultânea de calor e eletricidade. Essa é a tecnologia mais eficiente em termos de aproveitamento energético do gás. A Bahia está à frente no uso mais eficiente do gás natural como combustível.

Naturalmente, dadas às circunstâncias de elaboração deste estudo, algumas premissas tiveram de ser adotadas. É claro que o acesso a informações precisas de eficiências e características dos processos de combustão, antes e após a conversão ao gás natural, tornaria o estudo mais preciso, com dados mais próximos da realidade. Fica, assim, a sugestão para que outros estudos sejam conduzidos na mesma linha, objetivando, porém, coletar dados de campo que possam expressar a realidade da maneira mais fiel possível.

O programa de gerenciamento energético da Bahiagás, oferecido para as empresas do setor industrial, cuja operacionalização vem sendo executada pela Universidade Federal da Bahia – UFBA, deve ser ampliado. Esse programa visa a auditar o uso ecoeficiente do gás natural como combustível nas indústrias, trazendo economia para as empresas e um ganho ambiental, devido ao uso mais racional do gás natural.

Não se pode deixar de mencionar, também, que a Petrobras, através de sua subsidiária RedeGasEnergia – Rede de Excelência de Gás e Energia – vem dando suporte ao

desenvolvimento técnico e mercadológico das diversas alternativas de uso do gás natural. Com a perspectiva de adoção de tecnologias inovadoras no uso do insumo gasoso, visando à sua massificação, é possível que poderão ser vistos benefícios ainda maiores a partir do uso do gás natural no curto, médio e longo prazos.

Considerando, também, que o banco de dados disponibilizado à Bahiagás poderá ser atualizado todos os anos, ampliando o histórico de dados sobre os benefícios do gás natural, seria pertinente que a compilação anual ocorresse entre os meses de fevereiro e abril de cada ano, com a divulgação dos resultados no dia 5 de junho, por ocasião das comemorações do Dia Internacional do Meio Ambiente.

Verifica-se, assim, que no século nascente, o gás natural deverá desempenhar um papel fundamental na sociedade mundial, permitindo a estruturação de uma civilização tecnológica e economicamente desenvolvida, ambiental e ecologicamente sustentável, atendendo à demanda energética industrial, comercial e residencial e à demanda de insumos da moderna indústria química e de materiais, base do progresso industrial do Século XX.

A lógica da destruição do meio ambiente ou do aproveitamento sem limites dos bens naturais, dos modelos de produção baseados exclusivamente na rentabilidade econômica e na otimização financeira, está chegando ao fim. O novo paradigma se apóia na tecnologia para encontrar soluções efetivamente globais e justas para o binômio Meio Ambiente – Desenvolvimento.

Esse desenvolvimento sustentável tem passagem obrigatória pela transformação da matriz energética do mundo, transformação que será bastante árdua e exigirá, antes de qualquer coisa, a mobilização coordenada e a conscientização dos interessados.

Cada vez mais, se fortalece a percepção de que o ótimo técnico-econômico de um processo industrial é menos dependente dos fatores econômicos, principalmente a longo prazo. No que diz respeito à energia, sua participação relativa em um processo otimizado é constante, dependente basicamente das tecnologias utilizadas, sendo pouco dependente de fatores econômicos.

Por outro lado, a participação da energia nos custos dos processos industriais não energo-intensivos é marginal e a otimização do consumo energético depende prioritariamente das tecnologias empregadas e não do preço da energia. Assim, as soluções industriais futuras deverão reduzir o consumo energético para os processos térmicos e para os processos de transporte de bens ou de informações. O gás natural será uma energia mais eficiente se, e somente se, as tecnologias associadas forem divulgadas, tendo suas aplicações um papel fundamental na educação industrial futura.

O gás natural hoje e, no futuro, o hidrogênio não são energias alternativas nem substitutos do petróleo ou da eletricidade. São, na verdade, vetores de desenvolvimento de tecnologias específicas e competitivas, ambientalmente adequadas e economicamente atrativas. Ainda que não seja o estágio final ou definitivo, após algumas décadas de especulação sobre as fontes energéticas adequadas para o futuro, o gás natural surge como a melhor alternativa para realizar, de forma ordenada e segura, a transição da sociedade industrial atual para uma nova sociedade tecnológica e ecológica, baseada em insumos e processos ambiental e economicamente sustentáveis¹.

O gás natural hoje e, no futuro, o hidrogênio não são energias alternativas nem substitutos do petróleo ou da eletricidade. São, na verdade, vetores de desenvolvimento de tecnologias específicas e competitivas, ambientalmente adequadas e economicamente atrativas. Ainda que não seja o estágio final ou definitivo, após algumas décadas de especulação sobre as fontes energéticas adequadas para o futuro, o gás natural surge como a melhor alternativa para realizar, de forma ordenada e segura, a transição da sociedade industrial atual para uma nova sociedade tecnológica e ecológica, baseada em insumos e processos ambiental e economicamente sustentáveis.

¹ Trecho transcrito do Portal da Gásnet. 'O Gás - A Matéria-Prima' (p. 15- 16)

Finalmente, há que se lembrar que as mudanças do clima, que vêm se intensificando conforme aumentam as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, gases esses encabeçados pelo CO₂, têm sido combatidas através de políticas de mercado, onde o uso de combustíveis mais “limpos”, como o gás natural, pode se beneficiar financeiramente. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite aos países em desenvolvimento comercializar créditos de carbono por tonelada de CO₂ que tenha deixado de ir para a atmosfera. Dessa forma, quaisquer iniciativas que objetivem a troca de um combustível mais emissor de GEE – como óleo combustível, diesel, coque e até mesmo a gasolina – para o gás natural devem ser analisadas, com vistas a entrar nesse novo mercado.

Assim sendo, ainda que as circunstâncias de acesso à informação e disponibilidade para coleta de dados tenham ocorrido, o trabalho contribui para exemplificar como o uso de combustíveis mais limpos, a exemplo do gás natural, pode contribuir para a redução da poluição atmosférica. Fica claro que o gás natural é, dentre as alternativas consideradas neste trabalho – óleo combustível, gasolina, coque e óleo diesel –, aquela que menos agride o meio ambiente. Dessa maneira, a expansão de seu uso como alternativa a tais combustíveis contribuirá para a melhoria da qualidade do meio ambiente e, por consequência, da qualidade de vida da população que de sua energia se beneficiar.

Foto abaixo:

Marreca-toicinho (*Anas bahamensis*) – espécie migratória, que chega às lagoas da Cetrel entre abril e setembro. A população estimada na região é de aproximadamente três mil aves, uma das maiores no Brasil. A caça é a principal ameaça. Em 1989, a população na área não passava de 30 aves. O trabalho de educação ambiental desenvolvido com os funcionários da Cetrel e com as comunidades vizinhas motivou o aumento de indivíduos dessa espécie.



ANEXO 1

DADOS DA ANÁLISE

TABELA A1.1 CONSUMO DE GÁS NATURAL E OUTROS COMBUSTÍVEIS

Setor	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado	
Alimentos e bebidas	Gás natural (m³)	2.954.214	6.547.203	4.799.604	4.270.023	8.854.398	11.448.921	13.223.265	17.619.551	19.352.336	16.297.375	105.366.890
	Gás natural (tep)	2.560	5.674	4.160	3.701	7.674	9.922	11.460	15.270	16.772	14.124	91.318
	Óleo combustível (ton)	2.742	6.077	4.455	3.963	8.218	10.626	12.273	16.353	17.961	15.126	97.792
	Óleo combustível (tep)	2.560	5.674	4.160	3.701	7.674	9.922	11.460	15.270	16.772	14.124	91.318
Automobilístico	Gás natural (m³)	-	-	-	-	-	-	-	1.718.975	7.239.915	9.696.223	18.655.113
	Gás natural (tep)	-	-	-	-	-	-	-	1.490	6.275	8.403	16.168
	Óleo combustível (ton)	-	-	-	-	-	-	-	1.595	6.719	8.999	17.314
	Óleo combustível (tep)	-	-	-	-	-	-	-	1.490	6.275	8.403	16.168
Automotivo	Gás natural (m³)	70.349	196.968	235.710	373.210	519.044	510.459	6.952.717	19.547.724	35.457.676	54.601.655	118.465.512
	Gás natural (tep)	61	171	204	323	450	442	6.026	16.941	30.730	47.321	102.670
	Gasolina (ton)	59	164	197	311	433	426	5.800	16.307	29.580	45.550	98.827
	Gasolina (tep)	61	171	204	323	450	442	6.026	16.941	30.730	47.321	102.670
Cerâmica	Gás natural (m³)	635.664	3.874.798	3.224.644	4.483.433	5.567.150	5.931.666	8.697.050	12.764.702	13.367.495	14.827.783	73.374.385
	Gás natural (tep)	551	3.358	2.795	3.886	4.825	5.141	7.537	11.063	11.585	12.851	63.591
	Óleo combustível (ton)	590	3.596	2.993	4.161	5.167	5.505	8.072	11.847	12.407	13.762	68.100
	Óleo combustível (tep)	551	3.358	2.795	3.886	4.825	5.141	7.537	11.063	11.585	12.851	63.591
Química/ Petroquímica	Gás natural (m³)	70.876.069	211.611.903	225.449.440	264.962.873	316.388.610	382.806.638	680.174.981	716.621.409	750.735.788	712.988.083	4.332.615.794
	Gás natural (tep)	61.426	183.397	195.390	229.634	274.203	331.766	589.485	621.072	650.638	617.923	3.754.934
	Óleo combustível (ton)	65.781	196.399	209.242	245.915	293.644	355.287	631.278	665.104	696.766	661.732	4.021.149
	Óleo combustível (tep)	61.426	183.397	195.390	229.634	274.203	331.766	589.485	621.072	650.638	617.923	3.754.934
Comercial	Gás natural (m³)	-	-	-	-	-	-	-	5.182	107.303	161.294	273.779
	Gás natural (tep)	-	-	-	-	-	-	-	4	93	140	237
	G.L.P.(m³)	-	-	-	-	-	-	-	7	155	233	395
	G.L.P.(tep)	-	-	-	-	-	-	-	4	93	140	237
Ferro gusa e aço	Gás natural (m³)	33.599.686	144.213.204	152.847.802	146.339.561	148.768.973	172.805.825	181.772.460	158.866.787	163.554.048	170.488.072	1.473.256.419
	Gás natural (tep)	29.120	124.985	132.468	126.828	128.933	149.765	157.536	137.685	141.747	147.756	1.276.822
	Coque (ton)	43.081	184.909	195.980	187.635	190.750	221.570	233.067	203.698	209.708	218.598	1.888.997
	Coque (tep)	29.120	124.985	132.468	126.828	128.933	149.765	157.536	137.685	141.747	147.756	1.276.822
Fertilizantes	Gás natural (m³)	-	1.587.281	3.338.311	4.601.956	4.626.762	4.581.815	4.724.305	5.748.428	7.423.975	7.549.749	44.182.583
	Gás natural (tep)	-	1.376	2.893	3.988	4.010	3.971	4.094	4.982	6.434	6.543	38.292
	Óleo combustível (ton)	0	1.473	3.098	4.271	4.294	4.252	4.385	5.335	6.890	7.007	41.006
	Óleo combustível (tep)	0	1.376	2.893	3.988	4.010	3.971	4.094	4.982	6.434	6.543	38.292
Metalúrgico	Gás natural (m³)	2.672.808	7.578.991	11.741.232	9.651.713	12.750.743	12.932.205	19.686.780	33.614.939	38.031.120	34.176.184	182.836.715
	Gás natural (tep)	2.316	6.568	10.176	8.365	11.051	11.208	17.062	29.133	32.960	29.619	158.458
	Óleo combustível (ton)	2.481	7.034	10.897	8.958	11.834	12.003	18.272	31.198	35.297	31.719	169.693
	Óleo combustível (tep)	2.316	6.568	10.176	8.365	11.051	11.208	17.062	29.133	32.960	29.619	158.458
Outros	Gás natural (m³)	-	-	-	-	-	1.524.289	2.225.573	3.074.704	2.968.107	2.792.604	12.585.277
	Gás natural (tep)	-	-	-	-	-	1.321	1.929	2.665	2.572	2.420	10.907
	Óleo combustível (ton)	-	-	-	-	-	1.415	2.066	2.854	2.755	2.592	11.681
	Óleo combustível (tep)	-	-	-	-	-	1.321	1.929	2.665	2.572	2.420	10.907
Papel e celulose	Gás natural (m³)	-	353.087	8.047.209	8.960.797	17.779.991	21.780.447	21.465.136	22.752.002	24.161.572	24.086.648	149.386.889
	Gás natural (tep)	-	306	6.974	7.766	15.409	18.876	18.603	19.718	20.940	20.875	129.469
	Óleo combustível (ton)	-	328	7.469	8.317	16.502	20.215	19.922	21.116	22.425	22.355	138.648
	Óleo combustível (tep)	-	306	6.974	7.766	15.409	18.876	18.603	19.718	20.940	20.875	129.469
Energético	Gás natural (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.281.513	139.281.513
	Gás natural (tep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120.711	120.711
	Diesel (ton)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121.272	121.272
	Diesel (tep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120.711	120.711
Têxtil	Gás natural (m³)	-	-	-	-	-	-	142.571	427.394	415.235	6.401.830	7.387.030
	Gás natural (tep)	-	-	-	-	-	-	124	370	360	5.548	6.402
	Óleo combustível (ton)	-	-	-	-	-	-	132	397	385	5.942	6.856
	Óleo combustível (tep)	-	-	-	-	-	-	124	370	360	5.548	6.402
Totalização	Gás natural (m³)	110.808.790	375.963.434	409.683.953	443.643.566	515.255.671	614.322.265	939.064.840	992.761.797	1.062.814.570	1.193.349.013	6.657.667.899
	Gás natural (tep)	96.034	325.835	355.059	384.491	446.555	532.413	813.856	860.394	921.106	1.034.236	5.769.979
	Óleo combustível (ton)	71.593	214.907	238.154	275.585	339.659	409.303	696.399	755.800	801.605	769.234	4.572.238
	Óleo combustível (tep)	66.854	200.679	222.387	257.340	317.172	382.205	650.294	705.763	748.536	718.308	4.269.539
	Gasolina (ton)	59	164	197	311	433	426	5.800	16.307	29.580	45.550	98.827
	Gasolina (tep)	61	171	204	323	450	442	6.026	16.941	30.730	47.321	102.670
	G.L.P. (m³)	-	-	-	-	-	-	-	7	155	233	395
	G.L.P. (tep)	-	-	-	-	-	-	-	4	93	140	237
	Diesel (ton)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121.272	121.272
	Diesel (tep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120.711	120.711
	Coque (ton)	43.081	184.909	195.980	187.635	190.750	221.570	233.067	203.698	209.708	218.598	1.888.997
	Coque (tep)	29.120	124.985	132.468	126.828	128.933	149.765	157.536	137.685	141.747	147.756	1.276.822

Obs: Tabela A1.1

- Automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto automotivo refere-se ao gás natural veicular.
- Volumes de gás medidos a 1 atm e 20°C.
- Não foi considerado o consumo de gás natural usado como matéria-prima.
- Fatores de conversão para toneladas-equivalentes de petróleo utilizadas:
 - Gás natural (m³): 0,000867
 - Gasolina (ton): 1,038889
 - Óleo combustível (ton): 0,933796
 - Coque (ton): 0,675926
 - Diesel (ton): 0,99537
 - GLP (m³): 0,600556



Mãe-da-lua (*Nyctibius griseus*). São aves de hábito noturno. Alimentam-se de insetos que apanham em pleno vôo, abrindo o seu grande bico. Durante o dia essa ave fica imóvel, pousada em um galho seco imitando o formato do galho. Põem um único ovo, que é colocado na fenda de um galho seco. O filhote tem a mesma capacidade do adulto de ficar imóvel, imitando um galho seco, assim que nasce. Essa foto foi tirada em 2002 próximo a Refinaria Landulpho Alves – RLAM.



TABELA A1.2 ANÁLISE DE SO₂ (QUILOGRAMAS DE SO₂) – PARTE 1

Setor	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado	
Alimentos e bebidas	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	41,36	91,66	67,19	59,78	123,96	160,28	185,13	246,67	270,93	228,16	1.475
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	413,59	916,61	671,94	597,80	1.239,62	1.602,85	1.851,26	2.466,74	2.709,33	2.281,63	14.751
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	127.483	282.532	207.118	184.264	382.094	494.056	570.624	760.337	835.112	703.281	4.546.902
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	50.993	113.013	82.847	73.706	152.838	197.622	228.250	304.135	334.045	281.313	1.818.761
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 7mg	127.442	282.440	207.050	184.205	381.970	493.895	570.439	760.091	834.841	703.053	4.545.427
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 70mg	127.070	281.615	206.446	183.667	380.855	492.453	568.773	757.870	832.403	701.000	4.532.150
	Balanço de SO ₂ (1%) 7mg	50.952	112.921	82.780	73.646	152.714	197.462	228.065	303.888	333.774	281.084	1.817.286
Balanço de SO ₂ (1%) 70mg	50.580	112.096	82.175	73.108	151.598	196.019	226.398	301.668	331.336	279.031	1.804.009	
Automobilístico	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	-	-	-	-	-	-	24	101	136	261
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	-	-	-	-	-	-	241	1.014	1.357	2.612
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	-	-	-	-	-	-	74.179	312.424	418.422	805.025
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	-	-	-	-	-	-	29.672	124.970	167.369	322.010
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	-	-	-	-	-	-	74.155	312.323	418.286	804.764
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	-	-	-	-	-	-	73.938	311.411	417.064	802.413
	Balanço de SO ₂ (1%) 7mg	-	-	-	-	-	-	-	29.648	124.868	167.233	321.749
Balanço de SO ₂ (1%) 70mg	-	-	-	-	-	-	-	29.431	123.956	166.011	319.398	
Automotivo	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	1	3	3	5	7	7	97	274	496	764	1.659
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	10	28	33	52	73	71	973	2.737	4.964	7.644	16.585
	Emissão anterior de SO ₂	63	176	211	334	464	456	6.218	17.481	31.709	48.830	105.942
	Balanço de SO ₂ 7mg	62	173	207	329	457	449	6.120	17.208	31.213	48.065	104.284
	Balanço de SO ₂ 70mg	53	149	178	282	392	385	5.244	14.745	26.745	41.185	89.357
Cerâmica	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	8,90	54,25	45,15	62,77	77,94	83,04	121,76	178,71	187,14	207,59	1.027
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	88,99	542,47	451,45	627,68	779,40	830,43	1.217,59	1.787,06	1.871,45	2.075,89	10.272
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	27.431	167.209	139.153	193.474	240.239	255.969	375.304	550.836	576.848	639.864	3.166.328
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	10.972	66.884	55.661	77.390	96.096	102.388	150.122	220.334	230.739	255.946	1.266.531
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 7mg	27.422	167.155	139.108	193.411	240.162	255.886	375.182	550.657	576.661	639.656	3.165.301
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 70mg	27.342	166.667	138.702	192.846	239.460	255.139	374.087	549.049	574.977	637.788	3.156.055
	Balanço de SO ₂ (1%) 7mg	10.963	66.829	55.616	77.327	96.018	102.305	150.000	220.156	230.552	255.738	1.265.504
	Balanço de SO ₂ (1%) 70mg	10.883	66.341	55.210	76.762	95.316	101.557	148.904	218.547	228.868	253.870	1.256.259
	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	992,26	2.962,57	3.156,29	3.709,48	4.429,44	5.359,29	9.522,45	10.032,70	10.510,30	9.981,83	60.657
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	9.922,65	29.625,67	31.562,92	37.094,80	44.294,41	53.592,93	95.224,50	100.327,00	105.103,01	99.818,33	606.566
Química/ Petroquímica	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	3.058.518	9.131.697	9.728.829	11.433.954	13.653.131	16.519.271	29.351.619	30.924.393	32.396.532	30.767.604	186.965.548
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	1.223.407	3.652.679	3.891.532	4.573.582	5.461.252	6.607.708	11.740.648	12.369.757	12.958.613	12.307.042	74.786.219
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 7mg	3.057.526	9.128.735	9.725.673	11.430.244	13.648.701	16.513.911	29.342.097	30.914.360	32.386.022	30.757.622	186.904.891
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 70mg	3.048.595	9.102.072	9.697.266	11.396.859	13.608.836	16.465.678	29.256.394	30.824.066	32.291.429	30.667.786	186.358.982
	Balanço de SO ₂ (1%) 7mg	1.222.415	3.649.716	3.888.375	4.569.872	5.456.823	6.602.349	11.731.125	12.359.725	12.948.103	12.297.060	74.725.563
	Balanço de SO ₂ (1%) 70mg	1.213.485	3.623.053	3.859.969	4.536.487	5.416.958	6.554.115	11.645.423	12.269.430	12.853.510	12.207.223	74.179.653
Comercial	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	-	-	-	-	-	-	0,07	1,50	2,26	4
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	-	-	-	-	-	-	0,73	15,02	22,58	38
	Emissão anterior de SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,111	0,168	0
	Balanço de SO ₂ 7mg	-	-	-	-	-	-	-	(0)	(1)	(2)	(4)
	Balanço de SO ₂ 70mg	-	-	-	-	-	-	-	(1)	(15)	(22)	(38)
Ferro gusa e aço	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	470,40	2.018,98	2.139,87	2.048,75	2.082,77	2.419,28	2.544,81	2.224,14	2.289,76	2.386,83	20.626
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	4.703,96	20.189,85	21.398,69	20.487,54	20.827,66	24.192,82	25.448,14	22.241,35	22.897,57	23.868,33	206.256
	Emissão anterior de SO ₂	90.040	386.460	409.599	392.158	398.668	463.082	487.110	425.728	438.289	456.871	3.948.004
	Balanço de SO ₂ 7mg	89.569	384.441	407.459	390.109	396.585	460.662	484.566	423.504	435.999	454.484	3.927.379
	Balanço de SO ₂ 70mg	85.336	366.270	388.200	371.670	377.841	438.889	461.662	403.487	415.391	433.002	3.741.748
Fertilizantes	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	22,22	46,74	64,43	64,77	64,15	66,14	80,48	103,94	105,70	619
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	222,22	467,36	644,27	647,75	641,45	661,40	804,78	1.039,36	1.056,96	6.186
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	68.496	144.058	198.588	199.659	197.719	203.868	248.062	320.367	325.795	1.906.613
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	25.585	53.808	74.176	74.576	73.852	76.149	92.656	119.663	130.318	720.783
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	68.474	144.012	198.524	199.594	197.655	203.802	247.982	320.263	325.689	1.905.994
	Balanço de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	68.274	143.591	197.944	199.011	197.078	203.207	247.257	319.328	324.738	1.900.427
	Balanço de SO ₂ (1%) 7mg	-	25.562	53.762	74.112	74.512	73.788	76.082	92.575	119.559	130.212	720.164
Balanço de SO ₂ (1%) 70mg	-	25.362	53.341	73.532	73.929	73.210	75.487	91.851	118.624	129.261	714.597	

Obs: Tabela A1.2

Setor automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto setor automotivo refere-se a frotas movidas a GNV.

TABELA A1.3 ANÁLISE DE SO₂ (QUILOGRAMAS DE SO₂) – PARTE 2

Setor	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado	
Fertilizantes	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	22,22	46,74	64,43	64,77	64,15	66,14	80,48	103,94	105,70	619
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	222,22	467,36	644,27	647,75	641,45	661,40	804,78	1.039,36	1.056,96	6.186
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	68.496	144.058	198.588	199.659	197.719	203.868	248.062	320.367	325.795	1.906.613
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	25.585	53.808	74.176	74.576	73.852	76.149	92.656	119.663	130.318	720.783
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	68.474	144.012	198.524	199.594	197.655	203.802	247.982	320.263	325.689	1.905.994
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	68.274	143.591	197.944	199.011	197.078	203.207	247.257	319.328	324.738	1.900.427
	Balanco de SO ₂ (1%) 7mg	-	25.562	53.762	74.112	74.512	73.788	76.082	92.575	119.559	130.212	720.164
	Balanco de SO ₂ (1%) 70mg	-	25.362	53.341	73.532	73.929	73.210	75.487	91.851	118.624	129.261	714.597
Metalúrgico	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	37,42	106,11	164,38	135,12	178,51	181,05	275,61	470,61	532,44	478,47	2.560
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	374,19	1.061,06	1.643,77	1.351,24	1.785,10	1.810,51	2.756,15	4.706,09	5.324,36	4.784,67	25.597
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	115.340	327.056	506.670	416.501	550.233	558.064	849.544	1.450.587	1.641.158	1.474.806	7.889.960
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	46.136	130.823	202.668	166.600	220.093	223.226	339.818	580.235	656.463	589.923	3.155.984
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 7mg	115.302	326.950	506.505	416.366	550.055	557.883	849.269	1.450.116	1.640.626	1.474.328	7.887.401
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 70mg	114.966	325.995	505.026	415.150	548.448	556.253	846.788	1.445.881	1.635.834	1.470.022	7.864.363
	Balanco de SO ₂ (1%) 7mg	46.098	130.716	202.504	166.465	219.915	223.045	339.542	579.764	655.931	589.444	3.153.424
	Balanco de SO ₂ (1%) 70mg	45.762	129.762	201.024	165.249	218.308	221.415	337.062	575.529	651.139	585.138	3.130.387
Outros	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	-	-	-	-	21,34	31,16	43,05	41,55	39,10	176
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	-	-	-	-	213,40	311,58	430,46	415,53	390,96	1.762
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	-	-	-	-	65.778	96.040	132.683	128.083	120.509	543.093
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	-	-	-	-	26.311	38.416	53.073	51.233	48.204	217.237
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	-	-	-	-	65.756	96.009	132.640	128.041	120.470	542.917
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	-	-	-	-	65.564	95.729	132.252	127.667	120.118	541.331
	Balanco de SO ₂ (1%) 7mg	-	-	-	-	-	26.290	38.385	53.030	51.192	48.165	217.061
	Balanco de SO ₂ (1%) 70mg	-	-	-	-	-	26.098	38.105	52.643	50.818	47.813	215.475
Papel e celulose	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	4,94	112,66	125,45	248,92	304,93	300,51	318,53	338,26	337,21	2.091
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	49,43	1.126,61	1.254,51	2.489,20	3.049,26	3.005,12	3.185,28	3.382,62	3.372,13	20.914
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	15.237	347.262	386.686	767.261	939.893	926.286	981.818	1.042.645	1.039.412	6.446.499
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	6.095	138.905	154.674	306.904	375.957	370.514	392.727	417.058	415.765	2.578.599
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	15.232	347.149	386.560	767.012	939.588	925.985	981.500	1.042.307	1.039.075	6.444.407
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	15.187	346.135	385.431	764.771	936.843	923.281	978.633	1.039.263	1.036.040	6.425.584
	Balanco de SO ₂ (1%) 7mg	-	6.090	138.792	154.549	306.655	375.652	370.214	392.409	416.720	415.428	2.576.508
	Balanco de SO ₂ (1%) 70mg	-	6.045	137.778	153.420	304.415	372.908	367.509	389.542	413.676	412.393	2.557.685
Energético	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.949,94	1.950
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.499,41	19.499
	Emissão anterior de SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	485.088	485.088
	Balanco de SO ₂ 7mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	483.138	483.138
	Balanco de SO ₂ 70mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	465.589	465.589
Têxtil	Emissão atual de SO ₂ (7mg)	-	-	-	-	-	2,00	5,98	5,81	89,63	103	
	Emissão atual de SO ₂ (70mg)	-	-	-	-	-	19,96	59,84	58,13	896,26	1.034	
	Emissão anterior de SO ₂ (2,5%)	-	-	-	-	-	6.152	18.443	17.919	276.258	318.773	
	Emissão anterior de SO ₂ (1%)	-	-	-	-	-	2.461	7.377	7.167	110.503	127.509	
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 7mg	-	-	-	-	-	6.150	18.437	17.913	276.169	318.669	
	Balanco de SO ₂ (2,5%) 70mg	-	-	-	-	-	6.132	18.384	17.861	275.362	317.739	
	Balanco de SO ₂ (1%) 7mg	-	-	-	-	-	2.459	7.371	7.162	110.414	127.406	
	Balanco de SO ₂ (1%) 70mg	-	-	-	-	-	2.441	7.318	7.109	109.607	126.475	

Obs.: Setor automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto setor automotivo refere-se a frota movidas a GNV.

TABELA A1.4 ANÁLISE DE NO_x (QUILOGRAMAS DE NO_x)

Setor	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado	
Alimentos e bebidas	Emissão atual de NO _x	13.235	29.331	21.502	19.130	39.668	51.291	59.240	78.936	86.698	73.012	472.044
	Emissão anterior de NO _x	21.761	48.228	35.355	31.454	65.224	84.336	97.406	129.790	142.554	120.051	776.159
	Balanco de NO _x	8.527	18.897	13.853	12.324	25.556	33.044	38.166	50.854	55.856	47.038	304.115
Automobilístico	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	7.701	32.435	43.439	83.575
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	12.662	53.331	71.425	137.418
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	4.961	20.896	27.986	53.843
Automotivo	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cerâmica	Emissão atual de NO _x	2.848	17.359	14.446	20.086	24.941	26.574	38.963	57.186	59.886	66.428	328.717
	Emissão anterior de NO _x	4.682	28.543	23.754	33.026	41.009	43.694	64.065	94.028	98.468	109.225	540.494
	Balanco de NO _x	1.835	11.184	9.307	12.940	16.068	17.120	25.102	36.842	38.582	42.797	211.777
Químico/Petroquímico	Emissão atual de NO _x	317.525	948.021	1.010.013	1.187.034	1.417.421	1.714.974	3.047.184	3.210.464	3.363.296	3.194.187	19.410.119
	Emissão anterior de NO _x	522.091	1.558.787	1.660.717	1.951.783	2.330.598	2.819.850	5.010.340	5.278.814	5.530.109	5.252.050	31.915.138
	Balanco de NO _x	204.566	610.765	650.704	764.750	913.177	1.104.876	1.963.156	2.068.350	2.166.812	2.057.863	12.505.019
Comercial	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	23	481	723	1.227
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	(23)	(481)	(723)	(1.227)
Ferro gusa e aço	Emissão atual de NO _x	150.527	646.075	684.758	655.601	666.485	774.170	814.341	711.723	732.722	763.787	6.600.189
	Emissão anterior de NO _x	258.487	1.109.454	1.175.881	1.125.812	1.144.502	1.329.421	1.398.403	1.222.186	1.258.246	1.311.590	11.333.984
	Balanco de NO _x	107.961	463.379	491.123	470.211	478.017	555.251	584.062	510.463	525.524	547.804	4.733.795
Fertilizantes	Emissão atual de NO _x	-	7.111	14.956	20.617	20.728	20.527	21.165	25.753	33.259	33.823	197.938
	Emissão anterior de NO _x	-	11.692	24.591	33.899	34.082	33.751	34.800	42.344	54.687	55.613	325.460
	Balanco de NO _x	-	4.581	9.635	13.282	13.354	13.224	13.636	16.591	21.427	21.790	127.522
Metalúrgico	Emissão atual de NO _x	11.974	33.954	52.601	43.240	57.123	57.936	88.197	150.595	170.379	153.109	819.108
	Emissão anterior de NO _x	19.689	55.829	86.489	71.097	93.925	95.262	145.018	247.616	280.147	251.750	1.346.821
	Balanco de NO _x	7.714	21.875	33.888	27.857	36.802	37.326	56.821	97.021	109.767	98.641	527.713
Outros	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	6.829	9.971	13.775	13.297	12.511	56.382
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	11.228	16.394	22.649	21.864	20.571	92.706
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	4.399	6.424	8.874	8.567	8.060	36.324
Papel e celulose	Emissão atual de NO _x	-	1.582	36.051	40.144	79.654	97.576	96.164	101.929	108.244	107.908	669.253
	Emissão anterior de NO _x	-	2.601	59.278	66.007	130.972	160.440	158.118	167.597	177.980	177.428	1.100.421
	Balanco de NO _x	-	1.019	23.226	25.863	51.318	62.864	61.954	65.668	69.736	69.520	431.168
Energético	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	623.981	623.981
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	341.612	341.612
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(282.370)	(282.370)
Têxtil	Emissão atual de NO _x	-	-	-	-	-	-	639	1.915	1.860	28.680	33.094
	Emissão anterior de NO _x	-	-	-	-	-	-	1.050	3.148	3.059	47.157	54.415
	Balanco de NO _x	-	-	-	-	-	-	411	1.234	1.198	18.477	21.321

Obs.: Setor automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto setor automotivo refere-se a frotas movidas a GNV.

TABELA A1.5 ANÁLISE DE PARTICULADOS (QUILOGRAMAS DE PARTICULADOS)

Setor		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado
Alimentos e bebidas	Emissão atual de particulados	236	524	384	342	708	916	1.058	1.410	1.548	1.304	8.429
	Emissão anterior de particulados	650	1.440	1.055	939	1.947	2.517	2.908	3.874	4.255	3.584	23.169
	Balanco de particulados	413	916	671	597	1.239	1.602	1.850	2.465	2.707	2.280	14.740
Automobilístico	Emissão atual de particulados	-	-	-	-	-	-	-	138	579	776	1.492
	Emissão anterior de particulados	-	-	-	-	-	-	-	378	1.592	2.132	4.102
	Balanco de particulados	-	-	-	-	-	-	-	240	1.013	1.356	2.610
Automotivo	Emissão atual de particulados	6	16	19	30	42	41	556	1.564	2.837	4.368	9.477
	Emissão anterior de particulados	91	255	305	483	672	661	9.005	25.318	45.924	70.719	153.435
	Balanco de particulados	85	239	286	454	631	620	8.449	23.754	43.088	66.351	143.957
Cerâmica	Emissão atual de particulados	51	310	258	359	445	475	696	1.021	1.069	1.186	5.870
	Emissão anterior de particulados	140	852	709	986	1.224	1.304	1.912	2.807	2.939	3.260	16.134
	Balanco de particulados	89	542	451	627	779	830	1.217	1.786	1.870	2.074	10.264
Química/Petroquímica	Emissão atual de particulados	5.670	16.929	18.036	21.197	25.311	30.625	54.414	57.330	60.059	57.039	346.609
	Emissão anterior de particulados	15.585	46.531	49.574	58.262	69.570	84.175	149.562	157.577	165.078	156.778	952.691
	Balanco de particulados	9.915	29.602	31.538	37.065	44.259	53.550	95.148	100.247	105.019	99.739	606.081
Comercial	Emissão atual de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Emissão anterior de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Balanco de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro gusa e aço	Emissão atual de particulados	2.688	11.537	12.228	11.707	11.902	13.824	14.542	12.709	13.084	13.639	117.861
	Emissão anterior de particulados	392.039	1.682.672	1.783.420	1.707.482	1.735.828	2.016.289	2.120.911	1.853.649	1.908.340	1.989.245	17.189.875
	Balanco de particulados	389.351	1.671.135	1.771.192	1.695.775	1.723.927	2.002.464	2.106.369	1.840.940	1.895.255	1.975.606	17.072.015
Fertilizantes	Emissão atual de particulados	-	127	267	368	370	367	378	460	594	604	3.535
	Emissão anterior de particulados	-	349	734	1.012	1.017	1.007	1.039	1.264	1.632	1.660	9.715
	Balanco de particulados	-	222	467	644	647	641	661	804	1.039	1.056	6.181
Metalúrgico	Emissão atual de particulados	214	606	939	772	1.020	1.035	1.575	2.689	3.042	2.734	14.627
	Emissão anterior de particulados	588	1.667	2.582	2.122	2.804	2.844	4.329	7.392	8.363	7.515	40.204
	Balanco de particulados	374	1.060	1.642	1.350	1.784	1.809	2.754	4.702	5.320	4.781	25.577
Outros	Emissão atual de particulados	-	-	-	-	-	122	178	246	237	223	1.007
	Emissão anterior de particulados	-	-	-	-	-	335	489	676	653	614	2.767
	Balanco de particulados	-	-	-	-	-	213	311	430	415	391	1.761
Papel e celulose	Emissão atual de particulados	-	28	644	717	1.422	1.742	1.717	1.820	1.933	1.927	11.951
	Emissão anterior de particulados	-	78	1.769	1.970	3.910	4.789	4.720	5.003	5.313	5.296	32.848
	Balanco de particulados	-	49	1.126	1.254	2.487	3.047	3.003	3.183	3.380	3.369	20.897
Energético	Emissão atual de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.143	11.143
	Emissão anterior de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	570.776	570.776
	Balanco de particulados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	559.633	559.633
Têxtil	Emissão atual de particulados	-	-	-	-	-	-	11	34	33	512	591
	Emissão anterior de particulados	-	-	-	-	-	-	31	94	91	1.408	1.624
	Balanco de particulados	-	-	-	-	-	-	20	60	58	896	1.033

Obs.: Setor automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto setor automotivo refere-se a frotas movidas a GNV.

TABELA A1.6 ANÁLISE DE CO₂ (TONELADAS DE CO₂)

Setor		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Acumulado
Alimentos e bebidas	Emissão atual de CO ₂	6.076	13.465	9.871	8.782	18.210	23.546	27.195	36.236	39.800	33.517	216.698
	Emissão anterior de CO ₂	8.440	18.705	13.712	12.199	25.297	32.709	37.779	50.339	55.289	46.561	301.031
	Balanco de CO ₂	2.364	5.240	3.841	3.418	7.087	9.163	10.584	14.102	15.489	13.044	84.333
Automobilístico	Emissão atual de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	3.535	14.890	19.941	38.366
	Emissão anterior de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	4.911	20.684	27.702	53.297
	Balanco de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	1.376	5.795	7.761	14.931
Automotivo	Emissão atual de CO ₂	145	203	242	384	534	525	7.149	20.101	36.461	56.147	121.891
	Emissão anterior de CO ₂	97	271	324	513	713	702	9.555	26.865	48.731	75.041	162.812
	Balanco de CO ₂	(48)	68	82	129	180	177	2.406	6.764	12.270	18.894	40.921
Cerâmica	Emissão atual de CO ₂	1.307	7.969	6.632	9.221	11.449	12.199	17.886	26.252	27.492	30.495	150.902
	Emissão anterior de CO ₂	1.816	11.070	9.213	12.809	15.905	16.947	24.847	36.468	38.191	42.363	209.629
	Balanco de CO ₂	509	3.101	2.581	3.588	4.456	4.748	6.961	10.217	10.699	11.868	58.727
Química/ Petroquímica	Emissão atual de CO ₂	145.764	435.202	463.660	544.924	650.686	787.282	1.398.851	1.473.807	1.543.967	1.466.335	8.910.478
	Emissão anterior de CO ₂	202.491	604.571	644.104	756.993	903.916	1.093.670	1.943.246	2.047.372	2.144.836	2.036.992	12.378.192
	Balanco de CO ₂	56.727	169.369	180.444	212.069	253.229	306.389	544.394	573.565	600.870	570.657	3.467.714
Comercial	Emissão atual de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	11	221	332	563
	Emissão anterior de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	12	254	381	647
	Balanco de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	2	33	50	84
Ferro gusa e aço	Emissão atual de CO ₂	69.101	296.590	314.348	300.963	305.959	355.393	373.834	326.726	336.366	350.627	3.029.906
	Emissão anterior de CO ₂	115.382	495.230	524.881	502.531	510.874	593.417	624.208	545.550	561.646	585.458	5.059.177
	Balanco de CO ₂	46.280	198.640	210.533	201.569	204.915	238.024	250.374	218.824	225.280	234.831	2.029.271
Fertilizantes	Emissão atual de CO ₂	-	3.264	6.866	9.464	9.515	9.423	9.716	11.822	15.268	15.527	90.866
	Emissão anterior de CO ₂	-	4.535	9.537	13.148	13.219	13.090	13.497	16.423	21.210	21.569	126.229
	Balanco de CO ₂	-	1.270	2.672	3.683	3.703	3.667	3.781	4.601	5.942	6.043	35.363
Metalúrgico	Emissão atual de CO ₂	5.497	15.587	24.147	19.850	26.223	26.596	40.488	69.133	78.215	70.287	376.023
	Emissão anterior de CO ₂	7.636	21.653	33.544	27.575	36.429	36.947	56.245	96.037	108.654	97.641	522.361
	Balanco de CO ₂	2.139	6.066	9.397	7.725	10.205	10.351	15.757	26.905	30.439	27.354	146.338
Outros	Emissão atual de CO ₂	-	-	-	-	-	3.135	4.577	6.323	6.104	5.743	25.883
	Emissão anterior de CO ₂	-	-	-	-	-	4.355	6.358	8.784	8.480	7.978	35.956
	Balanco de CO ₂	-	-	-	-	-	1.220	1.781	2.461	2.376	2.235	10.073
Papel e celulose	Emissão atual de CO ₂	-	726	16.550	18.429	36.566	44.794	44.145	46.792	49.691	49.537	307.230
	Emissão anterior de CO ₂	-	1.009	22.991	25.601	50.797	62.226	61.325	65.002	69.029	68.815	426.795
	Balanco de CO ₂	-	283	6.441	7.172	14.231	17.433	17.180	18.210	19.338	19.278	119.565
Energético	Emissão atual de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	286.447	286.447
	Emissão anterior de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	397.924	397.924
	Balanco de CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111.477	111.477
Têxtil	Emissão atual de CO ₂	-	-	-	-	-	-	293	879	854	13.166	15.192
	Emissão anterior de CO ₂	-	-	-	-	-	-	407	1.221	1.186	18.290	21.105
	Balanco de CO ₂	-	-	-	-	-	-	114	342	332	5.124	5.912

Obs.: Setor automobilístico refere-se à indústria automobilística, enquanto setor automotivo refere-se a frotas movidas a GNV.

TABELA A1.7 DADOS DAS TÉRMICAS NÃO-DESPACHADAS

GN (m ³)	979.518.487
Emissão atual de CO ₂	2.014.482
Emissão anterior de CO ₂	2.798.464
Balanco de CO ₂	783.981
Emissão atual de SO ₂ (7mg)	13.713
Emissão atual de SO ₂ (70mg)	137.133
Emissão anterior de SO ₂	3.411.458
Balanco de SO ₂ (7mg)	3.397.745
Balanco de SO ₂ (70mg)	3.274.325
Emissão atual de NO _x	4.388.243
Emissão anterior de NO _x	2.402.435
Balanco de NO _x	(1.985.808)
Emissão atual de Particulados	78.361
Emissão anterior de Particulados	4.014.069
Balanco de Particulados	3.935.707
Diesel (ton)	852.864

Obs.: Dados de redução de emissão em Quilogramas; para o CO₂, redução de emissões em toneladas.

ANEXO 2

COMBUSTÃO

Devido ao seu estado gasoso, o gás natural não necessita ser atomizado (como acontece com o óleo combustível) e a reação com o oxigênio ocorre de forma mais eficiente, em relação a outros combustíveis fósseis, assegurando que a combustão se processe com um menor excesso de ar e conseqüentemente de forma mais eficiente.



Introdução

Desde os tempos mais remotos, o fogo é uma fonte de energia para a humanidade; entretanto, a aplicação para fornecimento de energia térmica, controlada nos processos físico-químicos, tornou-se conhecida como combustão.

A energia química contida nos combustíveis durante o processo é liberada sob a forma de calor de combustão. Para que exista esse processo, são necessários alguns condicionantes, tais como, o combustível, o comburente e a energia de ativação. O resultado do processo de combustão constitui-se na liberação de calor, luz e dos gases de exaustão, dos quais destacamos o dióxido de carbono, água, monóxido de carbono, particulados e o nitrogênio. Para temperaturas elevadas, maiores que 1500°C, o nitrogênio, que é um gás inerte, pode se dissociar e converter-se em gases nocivos para o meio ambiente.

Particularizando para a queima do gás natural, a reação química se processa, tendo os parâmetros dióxido de carbono, água e nitrogênio. Como se trata de um gás, o material particulado não é gerado, como também o monóxido de carbono é produzido em menor quantidade. O metano (presente no gás natural em cerca de 89%) é o hidrocarboneto que apresenta a maior relação de hidrogênio-carbono, responsável pela menor emissão de dióxido de carbono e particulados. Portanto, a queima do gás natural é mais limpa que os outros combustíveis derivados de petróleo.

Devido ao seu estado gasoso, o gás natural não necessita ser atomizado (como acontece com o óleo combustível) e a reação com o oxigênio ocorre de forma mais eficiente, em relação a outros combustíveis fósseis, assegurando que a combustão se processe com um menor excesso de ar e conseqüentemente de forma mais eficiente.

A Reação de Combustão

Combustão consiste em uma reação química entre um combustível e o oxigênio (geralmente proveniente do ar atmosférico), que resulta em gases de exaustão e libera grande quantidade de calor.

Para que a combustão ocorra são necessários três componentes básicos: combustível, comburente e ignição. Essas condições são expressas através do triângulo do fogo.

Combustíveis

Combustíveis são todas as substâncias ou misturas que reagem com o oxigênio presente do ar atmosférico, produzindo calor.

Normalmente, os elementos que entram na composição química dos com-

bustíveis são: carbono, hidrogênio, enxofre, nitrogênio, oxigênio, umidade e, em pequenas quantidades, os metais, como sódio, potássio, cálcio, alumínio, ferro e vanádio.

Desses elementos, os mais importantes são carbono e hidrogênio; o enxofre embora libere calor durante a queima, é considerado um elemento indesejável no combustível, devido à formação de óxido de enxofre, ácidos sulfurosos e sulfúricos, que, além de provocarem corrosão nos equipamentos, são fortes poluentes.

Os outros elementos, além de não liberarem calor, são poluentes (nitrogênio e metais), reduzem o poder calorífico (nitrogênio, cinzas e umidade), além de diminuir a eficiência da combustão.

Os combustíveis podem ser classificados com base na sua natureza física e origem, nas categorias mostradas na tabela A2.1.

O Comburente

O comburente universalmente utilizado é o oxigênio, e o ar é a fonte natural desse gás. O ar é constituído principalmente de dois gases: oxigênio e nitrogênio. Apenas para comparação didática e prática, vejamos as proporções de nitrogênio e oxigênio existentes no ar.

Energia de Ativação ou Ignição

As reações químicas de combustão são exotérmicas; entretanto, elas necessitam de energia de ativação para que ocorram. Essa energia inicial é chamada de energia de ativação ou de ignição.

Devem ser satisfeitas determinadas condições para que ocorra a ignição:

- a temperatura deve ser tal que ocorra vaporização;
- a proporção de mistura ar/gás deve estar dentro da faixa de inflamabilidade;
- três temperaturas são importantes: ponto de fulgor, de combustão e ignição propriamente dita.

Ponto de fulgor é a menor temperatura na qual o combustível emite uma quantidade suficiente de vapores para formar uma mistura inflamável, mas insuficiente para manter a chama.

Se a emissão dos gases for grande, eles podem explodir ou provocar grandes incêndios, pois suas chamas podem fazer o combustível passar para o ponto de combustão.

Ponto de combustão é a menor temperatura na qual o combustível, sendo aquecido, emite uma quantidade suficiente de vapores, para formar uma mistura inflamável e manter a chama por pelo menos cinco segundos.

Na maioria dos casos, é necessária uma fonte de ignição para inflamar um combustível; entretanto, existem casos em que o combustível inflama-se sem uma fonte de ignição. Nesses casos os combustíveis têm uma temperatura baixa de ignição. Existem processos em que certos combustíveis reagem diretamente com o comburente. É o caso de óleos e graxas com o oxigênio puro ou processos conhecidos de combustão espontânea a exemplo de fardos de algodão, enxofre em pó etc.

TABELA A2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS

Sólidos	Naturais	Lenha		
		Xisto		
	Derivados	Carvão mineral		
		Carvão vegetal		
		Coque		
Líquidos	Naturais	Petróleo		
	Derivados	Álcool metílico (metanol)		
		Álcool etílico (etanol)		
		Gasolina		
		Querosene		
		Óleo diesel		
		Óleo combustível		
		Óleo de xisto		
		Gasosos	Naturais	Gás natural
			Derivados	Gás de nafta
GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)				
Gasogênio				
Gás de coque				
Biogás				
Hidrogênio				

TABELA A2.2 PROPORÇÕES DE NITROGÊNIO E OXIGÊNIO NO AR

Elementos	Porcentagem em volume	Porcentagem em peso	Relação N ₂ /O ₂ em volume	Relação N ₂ /O ₂ em peso
Nitrogênio	79	77	3,76	3,35
Oxigênio	21	23	-	-

Energia de Ativação ou Ignição

TABELA A2.3 PONTO DE FULGOR E IGNIÇÃO DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS

Substância	Ponto de fulgor (°C)	Ponto de ignição (°C)
Álcool etílico	12,6	371
Álcool metílico	11,1	426
Enxofre	207	232
Fósforo amarelo	-	29,9
Fósforo vermelho	-	260
Gás natural	-	620
Gasolina	Menos 42	257
Naftalina	80	257
Óleos lubrificantes p/ motores	232	-
Querosene	38 a 73,5	254
Solvente (tipo varsol)	38 a 43	232

Fonte: GEH, 1965

TABELA A2.4 LIMITES DE INFLAMABILIDADE DE ALGUNS GASES

Combustível	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
Gás natural	3,1	19,6
CH ₄	5,0	15,0
C ₂ H ₆	3,0	12,5
C ₃ H ₈	2,1	10,1
H ₂	4,0	75

Fonte: GEH, 1965

Se a proporção entre o combustível e o oxigênio for muito baixa (pouco oxigênio), a mistura será muito pobre para queimar-se. Por outro lado, se a proporção entre o oxigênio e o combustível for alta (excesso de oxigênio), a mistura será muito rica para queimar-se. Entre esses limites teremos a faixa de inflamabilidade.

Existem proporções de mistura ar/combustível na qual a combustão é possível; essas proporções não correspondem a valores fixos, mas variam dentro de uma faixa de inflamabilidade. Esta varia de um para outro combustível e seus pontos extremos são conhecidos como limites de inflamabilidade.

O limite inferior de inflamabilidade corresponde ao teor mínimo de combustível na mistura inflamável. Abaixo dele, há excesso de ar, que impede o desenvolvimento da combustão. Nessas condições, pode-se dizer que a mistura é pobre em combustível.

O limite superior de inflamabilidade corresponde ao teor máximo de combustível na mistura. Acima dele existe ar em quantidade insuficiente para que a combustão possa se desenvolver. Em tais condições, pode-se dizer que a mistura é pobre em ar.

A tabela A2.4 mostra os limites de inflamabilidade de alguns combustíveis, tomando por base o volume de ar.

As inflamações muito rápidas podem ser explosivas. Para que elas se tornem explosões perigosas, são necessárias quatro condições:

- a mistura ar/combustível deve estar dentro dos limites de inflamabilidade;
- a quantidade da mistura deve ser suficiente para provocar fortes ondas de choque;
- deve haver uma fonte de ignição;
- a resistência mecânica do equipamento à pressão de explosão é pequena.

Essas condições ocorrem com frequência, na prática. Por esse motivo, os equipamentos que trabalham com chamas, fornos e caldeiras, por exemplo, devem ter um sistema de proteção contra explosões, tais como, fotocélula – que aciona automaticamente o fechamento da válvula de combustíveis –, discos de ruptura, portas de explosão – que devem atuar principalmente durante o processo de acendimento da chama, quando ocorre a maioria dos acidentes.

Reação em Cadeia

É a queima sustentável através dos três itens descritos (comburente, combustível e uma fonte de ignição), gerando o calor irradiado das chamas que atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o comburente e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante.

Formas de Propagação do Calor

O calor gerado na reação de combustão pode propagar-se de três diferentes maneiras: condução, convecção e irradiação. Como tudo na natureza tende ao equilíbrio, o calor é transferido do corpo com a temperatura mais alta para aqueles corpos com temperatura mais baixa. O mais frio de dois corpos absorverá o calor, até que esteja com a mesma quantidade de energia do outro.

Condução: É a transferência de calor através de um corpo sólido de molécula a molécula. Quando dois ou mais corpos estão em contato, o calor é conduzido através deles como se fosse um corpo único.

Convecção: É a transferência de calor pelo próprio movimento ascendente de uma massa de gases ou líquido.

Irradiação: É a transmissão de calor por ondas de energia calorífica, que se deslocam através do espaço.

Mecanismos de Transferência de Calor

Serão descritas, a seguir, as principais formas pelas quais o calor pode ser transferido: condução, convecção e radiação.

Condução

A condução ocorre pela transferência de energia causada por colisões entre moléculas vizinhas de um corpo. Quando uma barra de ferro é aquecida em uma ponta, as moléculas nesse local recebem uma quantidade de calor que aumenta sua energia cinética, aumentando a temperatura. Essas moléculas, ao colidirem com as moléculas a seu lado, transferem parte da energia cinética, ou seja, transferem calor. Desse modo, o calor propaga-se através da barra, até que as temperaturas nas duas extremidades sejam iguais. Esse processo ocorre principalmente em materiais sólidos, sendo os metais os melhores condutores.

Convecção

A convecção é o processo de transferência de calor que ocorre em fluidos de maneira geral. O princípio da convecção pode ser observado no exemplo a seguir: quando um recipiente contendo água é aquecido por baixo, por uma fonte de calor, a água que está na parte inferior recebe calor pela condução, através da parede desse recipiente. Como os líquidos, de maneira geral, são maus condutores de calor, apenas uma pequena parcela de água é aquecida. Como o líquido da parte inferior recebe grande parte do calor, ele se expande, tornando-se menos

TABELA A2.5 PODER CALORÍFICO DE ALGUNS COMBUSTÍVEIS

Combustível	Poder calorífico superior
Óleo combustível	10.085 kcal/kg
Óleo diesel	10.750 kcal/kg
Gás liquefeito de petróleo	11.750 kcal/kg
Lenha	1.200.000 kcal/m ³
Carvão vegetal	6.789 kcal/kg
Gás natural	9.360 kcal/ m ³

Observação: Estes valores são médios

denso. Dessa maneira, essa parcela do líquido desloca-se para a superfície, causando o movimento da água ainda fria para o fundo. Esse ciclo repete-se e, se a fonte de calor mantiver-se presente, continua até ocorrer a vaporização.

Radiação

Radiação é o processo pelo qual o calor é transferido através de ondas. O exemplo mais comum é a transferência de calor entre o sol e a terra. Como no espaço não existe um meio material para transportar a energia do sol à terra, esta chega através de ondas, movendo-se à velocidade da luz. Uma característica relevante desse modo de transmissão é que os gases que envolvem a terra não são aquecidos.

Poder Calorífico

O poder calorífico de um combustível é a quantidade de calor liberada, quando se queima um quilograma. Nos casos de combustíveis gasosos, um metro cúbico de combustível médio, nas condições normais de temperatura e pressão, ou outras condições definidas de pressão e temperatura.

O poder calorífico pode ser medido num calorímetro adiabático em volume constante. Nessas condições, a água formada pela queima do hidrogênio permanece no estado líquido e o poder calorífico é denominado superior (PCS).

Nas situações práticas, entretanto, a queima é realizada a pressão constante e a água formada sai no estado de vapor, absorvendo 2.260 kJ/kg. Nesse caso, o poder calorífico medido é denominado de poder calorífico inferior (PCI).

Princípios da Combustão Industrial

Economicamente é inviável e mesmo desnecessário realizar a combustão com o oxigênio puro na maior parte das aplicações (exceção para o maçarico oxi-acetileno). Na maioria das aplicações industriais, o ar atmosférico é uma fonte natural de obtenção do oxigênio necessário à combustão.

Ocorrem três tipos de combustão:

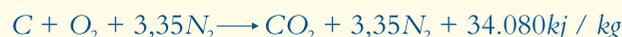
- Combustão com quantidade exata de ar, ou estequiométrica.
- Combustão com excesso de ar.
- Combustão com falta de ar.

Combustão com Quantidade Exata de Ar - Estequiométrica

A combustão com quantidade exata de ar, ou estequiométrica, ocorre quando a mistura de combustível e ar está em tal proporção que todo o combustível é queimado e a quantidade de ar para realizar a queima é exata, não sobrando oxigênio nos gases de exaustão.

Reações básicas de combustão na base mássica:

Combustão do Carbono



a. Combustão do Hidrogênio



b. Combustão do Enxofre



Essa condição de combustão é praticamente remota, devido à dificuldade de se obter uma boa mistura entre o combustível e o ar atmosférico.

Combustão com Excesso de Ar

No capítulo 2, no item que trata da reação de combustão foi apresentada a combustão na condição estequiométrica ou teórica, que é difícil de acontecer nas condições operacionais industriais, porque as moléculas de combustível e as moléculas de oxigênio precisam entrar em contato físico para haver reação.

Nessa condição, existirão quatro moléculas de nitrogênio para cada molécula de oxigênio. As moléculas de nitrogênio não participam da reação e somente dificultam o encontro das moléculas de oxigênio com as moléculas do combustível.

Com a seqüência da reação, o número de moléculas de oxigênio em estado livre diminui; enquanto aumenta o número de moléculas de nitrogênio, dióxido de carbono, água e dióxido de enxofre, produzidos na reação, dificultando o contato entre os reagentes.

Portanto, na prática, a combustão só será possível com porcentagem de excesso de ar para determinada quantidade de combustível. Através de cálculo, sabe-se a quantidade exata de ar, para a queima de 1kg de gás natural, com características do que é comercializado pela Bahiagás, necessita-se de 17 kg de ar teórico, aproximadamente.

No entanto, para haver a combustão completa, seriam necessários mais de 17 kg de ar/kg de GN. Esse excesso de ar deverá ser criteriosamente controlado e analisado durante o processo. Para saber qual a quantidade ideal de excesso a ser introduzida na queima e quais as correções necessárias, é preciso utilizar instrumentos analisadores portáteis, ou ainda, um analisador contínuo. Nesse caso, poderão ser obtidas as porcentagens de O_2 , CO e CO_2 , em volume, nos gases da combustão.

Para cada combustível, é possível traçar curvas e tabelas que indiquem a porcentagem de excesso de ar em função da porcentagem de O_2 , CO e CO_2 , em volume, nos gases da combustão. As tabelas e os ábacos fornecem valores de excesso de ar em função da análise dos teores de O_2 e CO_2 , encontrados nos gases da combustão, conseqüente da perda de combustível no processo.

O excesso de ar, muito além da quantidade teórica necessária numa combustão, fará com que parte do calor liberado na combustão seja transferida para aquecer o excesso de ar, ocasionando redução da temperatura da chama, e como conseqüência, a diminuição do rendimento do processo.

A melhor eficiência da combustão será obtida observando-se fatores como: controle da qualidade do combustível, pressão e temperatura do combustível, uso do queimador adequado, nebulização perfeita (se óleo combustível), vazão de ar correta, manutenção periódica do equipamento, análise dos gases, observações da coloração da chama, fumaça na chaminé e comprimento da chama etc.

O excesso de ar na combustão é em função da qualidade do combustível, comburente e do sistema de combustão. Em geral, pode-se dizer que combustíveis sólidos requerem maior excesso de ar para queimar (de 30 a 50%), seguidos dos combustíveis líquidos (de 10 a 30%) e dos gases de (5 a 15%).

Combustão com Insuficiência de Ar

É aquela na qual a quantidade de ar na reação é menor que a teoricamente necessária. As proporções entre os reagentes e a dificuldade para as moléculas de oxigênio entrarem em contato com as moléculas do combustível ocasionarão a combustão incompleta e haverá desperdício de combustível.

A combustão incompleta pode ser identificada por diversos fatores, tais como:

- Presença de CO na análise dos gases da combustão.
- Excesso de fumaça na atmosfera da fornalha.
- Formação de “fumaça negra” na chaminé.
- Necessidade do aumento da vazão de combustível e a diminuição da temperatura da fornalha; uma vez que a liberação de calor é função da reação do oxigênio com o combustível.

A perda será maior pela combustão incompleta do que pelo excesso de ar de 20%. Para ser ter uma idéia, para cada quilograma de fuligem que sai da chaminé, perderemos 8.100 kcal e, para o monóxido de carbono, essa perda é de 5.780 kcal, por quilograma de carbono não queimado completamente.

Controle da Combustão

A melhor eficiência da combustão será obtida observando-se fatores como: controle da qualidade do combustível, pressão e temperatura do combustível, uso do queimador adequado, nebulização perfeita (se óleo combustível), vazão de ar correta, manutenção periódica do equipamento, análise dos gases, observações da coloração da chama, fumaça na chaminé e comprimento da chama etc.

O controle da combustão pela coloração da chama, fumaça na chaminé e comprimento da chama é puramente empírico ou qualitativo. Esse controle tem a vantagem da rapidez, porque com uma simples inspeção visual é possível detectar problemas na combustão.

A análise de gases nos permite avaliar com precisão quanto existe de excesso ou falta de ar, através da composição química dos gases que saem da chaminé. Porém, quando não dispomos de analisadores contínuos, essas análises são feitas em intervalos de tempo relativamente grandes. Nesse intervalo pode-se ter problemas.

A seguir, a combustão de gás natural é apresentada de forma sucinta. Inicialmente, foi calculado o excesso de ar, que foi realizado a partir do balanço dos componentes antes e depois da combustão, utilizando a equação.



onde A = porcentagem, em volume, de ar de combustão que entra na caldeira; b , c , d , e , f são as porcentagens, em volume, de CO_2 , CO , H_2O , O_2 e N_2 , respectivamente, nos gases de exaustão.

n = número de carbono presente no combustível

m = número de hidrogênio presente no combustível

Eficiência de Combustão

Muitos fatores influenciam na eficiência da combustão, dentre eles o excesso de ar, o tipo de queimador, as propriedades do combustível, tipo de fornalha, tempo de residência, tamanho e distribuição das partículas. Portanto, nesse processo deseja-se converter a máxima energia química, presente nas ligações das moléculas, em energia térmica, na forma de calor através da oxidação do combustível. A quantidade de combustível que reage com o oxigênio na proporção estequiométrica mede o grau de eficiência da combustão.

Um indicador da conversão do carbono presente no combustível é a quantidade de dióxido de carbono presente nos gases de combustão, e, conseqüentemente, a mínima quantidade de oxigênio. Por conta disso, o gás natural tem uma queima robusta, gerando quantidades mínimas de monóxido de carbono e de particulados.

Eficiência Térmica

A eficiência térmica é a quantidade de energia na forma de calor gerada na combustão, que efetivamente é aproveitada como energia útil. O gás natural tende a apresentar uma eficiência maior em relação aos outros combustíveis fósseis, por todos os aspectos que foram mencionados neste capítulo.



Foto acima:
Processo de combustão usando óleo combustível, descontrolado por falta de ar, gerando uma grande quantidade de fuligem.

ANEXO 3

USO DO GÁS NATURAL COMO MATÉRIA-PRIMA

Uma planta de pirólise com uma boa integração energética tem um consumo de energia numa faixa de 5.000 - 5.500 kcal/kg de eteno (usando nafta como matéria-prima). Para a produção de uma mesma quantidade de eteno a partir de nafta se gasta muito mais energia, já que o rendimento da nafta em eteno é cerca de 2,45 vezes menor do que o etano. Em compensação, a nafta produz outros petroquímicos básicos e uma quantidade de resíduos que a pirólise do etano não produz. O Pólo de Camaçari apresenta um déficit de eteno e um excedente de outros petroquímicos básicos, além dos resíduos que são queimados como combustível.

Conforme mencionado no capítulo 3, no tópico que trata do gás natural como matéria-prima, neste estudo considerou-se somente a fração do gás natural vendida pela Bahiagás, que é utilizada com o propósito de gerar energia. Sendo assim, a parte comercializada que é usada como matéria-prima não fez parte das análises aqui apresentadas.

Não obstante ao pressuposto acima, uma pequena fração do gás natural usado como matéria-prima acaba sendo utilizada como fonte energética nas situações acima, dadas as características inerentes aos processos produtivos considerados – o mesmo ocorreria se, em vez do gás natural, a nafta tivesse sido usada. As emissões de gases poluentes que decorrem de tal uso, porém, não foram levadas em consideração. A produção do etileno, por exemplo, ilustra bem essa situação, e argumenta o porquê de não se considerar tais emissões.

O etileno é uma importante matéria-prima para a produção do plástico mais usado no mundo. De acordo com dados da ABIQUIM (2000), cerca de 89% da produção de etileno destina-se à indústria do plástico no Brasil.

O etileno é um produto petroquímico básico, cuja produção pode derivar de uma diversidade de matérias-primas, tais como: etano, nafta, gasóleo, propano/butano. O processo de obtenção de etileno envolve a pirólise¹ das matérias-primas, usando vapor d'água para baixar a pressão parcial dos hidrocarbonetos (*steam cracking*). Essa tecnologia é a mais usada no mundo para a produção de etileno.

Quanto maior o peso molecular da matéria-prima, menor é o rendimento em etileno, variando entre 23% para o gasóleo, até 76% para o etano. Em compensação, a pirólise do etano gera menos produtos petroquímicos básicos e resíduos do que a pirólise da nafta, por exemplo.

Uma característica importante com relação à matéria-prima empregada na pirólise, diz respeito ao desempenho energético do processo. Quando o etano é a matéria-prima utilizada, existe a necessidade de uma importação de um consumo líquido de energia para suprir a demanda energética total. Já usando matérias-primas de maior peso molecular, como a nafta, o processo tende a auto-suprir sua demanda em energia ou ser até mesmo exportador de energia (“Office of Industrial Technologies”/U.S. Depto of Energy, 2000).

Uma planta de pirólise com uma boa integração energética tem um consumo de energia numa faixa de 5.000 - 5.500 kcal/kg de eteno (usando nafta como matéria-prima). Para a produção de uma mesma quantidade de eteno a partir de nafta se gasta muito mais energia, já que o rendimento da nafta em eteno é cerca de 2,45 vezes menor do que o etano. Em compensação, a nafta produz

¹ Ação de quebrar, através do uso de calor, moléculas maiores em moléculas menores. Também conhecido por craqueamento térmico.

outros petroquímicos básicos e uma quantidade de resíduos que a pirólise do etano não produz. O Pólo de Camaçari apresenta um *déficit* de eteno e um excedente de outros petroquímicos básicos, além dos resíduos que são queimados como combustível.

O etano recuperado do gás natural para a produção de eteno representou 27,8% em 2003 e 7,7 % no total acumulado dos últimos 10 anos, do gás natural vendido pela Bahiagás para fins de matéria-prima petroquímica.

Admitir que não houvesse impacto ambiental no combustível usado para atender à demanda de calor na reação de pirólise e demais utilidades geradas para atender ao processo de pirólise, na hipótese de que o etano do gás natural tivesse sido substituído pela nafta, é o pressuposto deste trabalho. Tendo em vista a dificuldade de mensurar esses diferenciais, considerou-se essa variação de emissões como sendo zero.

Essa premissa assume uma posição conservadora, em prol das emissões geradas pela pirólise do etano do gás natural, uma vez que a nafta tenderia a gerar de uma forma global (computando a diferença de rendimento de eteno) um nível maior de emissões incluindo, também, a queima dos resíduos como combustível, devido ao não aproveitamento dos mesmos como matéria-prima petroquímica.

Na indústria, o gás natural é utilizado como combustível para o fornecimento de calor e geração de eletricidade em vários setores, como: químico/petroquímico, siderúrgico, energético, papel e celulose, automobilístico, metalúrgico e alimentos e bebidas. A Bahiagás está consolidada no setor industrial, principalmente nas áreas do Pólo Industrial de Camaçari, que inclui o Pólo Petroquímico.



ANEXO 4

USO DO GÁS NATURAL VEICULAR (GNV)

O gás natural veicular (GNV) é um combustível gasoso cujas propriedades químicas permitem sua utilização como excelente substituto dos combustíveis tradicionais, que funcionam através de centelhamento (ciclo Otto). Já o uso do GNV para propulsão de veículos movidos a óleo diesel (ciclo diesel), através da conversão desses motores, é mais complexa, porém possível.

A conversão dos veículos movidos a gasolina ou álcool para GNV ocorre com a instalação de *kits* de conversão, que permitem ao veículo ser abastecido tanto com o gás quanto com o combustível anteriormente utilizado. Tais *kits* são basicamente constituídos dos seguintes componentes:

- Conjunto de reservatórios, denominados de cilindros, para acondicionar o GNV.
- Rede de tubos de alta e baixa pressão, por onde o gás flui desde os cilindros até o regulador de pressão.
- Dispositivo regulador de pressão, que regula a pressão do gás desde alta pressão (saída dos cilindros) até pressão atmosférica (pressão de combustão).
- Motor de passo, que regula a mistura de ar atmosférico e gás.
- Válvula de abastecimento, que controla a passagem do combustível para o motor.
- Chave comutadora de combustível, que aciona o uso do combustível convencional (gasolina ou álcool) ou gás natural.
- Indicadores de condição do sistema, que mostram o estado geral de funcionamento do *kit* (pressão dos cilindros, etc.).

Em função do preço, há no mercado de *kits* uma versão básica, que dispensa alguns componentes do *kit* completo, como forma de baratear o custo do equipamento. Estudo recente realizado na COPPE/UFRJ, por BELCHIOR, C.R.P. et al. (2004), mostra que há vantagens significativas no uso do gás natural veicular, quando o *kit* completo de conversão é instalado, seja em termos de emissões de poluentes, seja em quantidade de combustível consumido. Ainda assim, é importante ressaltar que os atuais problemas relativos ao uso de *kits* “básicos” se devem majoritariamente a fatos circunstanciais, que deverão ser superados com o avanço dessa tecnologia e de uma melhor regulação por parte do Estado.

Como substituto da gasolina e do álcool hidratado, o GNV tem todas as propriedades físicas e químicas de que um veículo necessita para um bom desempenho. O estudo de BELCHIOR, C.R.P. et al. (2004) mostra que o uso do GNV, substituindo a gasolina, proporcionou potência para o desempenho regular do motor, em várias situações de rotação do mesmo. Esse desempenho fica mais evidente para as conversões dos motores com *kits* completos (mais instrumentados) e à medida que a tecnologia dos *kits* de conversão evolua (atualmente já estamos na segunda geração de *kits*), a eficiência térmica deverá melhorar, transmitindo esse ganho para a potência do veículo.

O estudo menciona o fato de que um motor especialmente projetado ou adequadamente adaptado para o uso de GNV pode chegar a operar normalmente com altas taxas de compressão (da ordem de 14/1 a 16/1), taxas possíveis, devido ao elevado poder antidetonante¹ inerente ao GNV. Isso faz com que esse tipo de motor apresente uma eficiência térmica superior à dos motores a gasolina ou a álcool hidratado. Devido à necessidade de conciliar a operação da forma bicombustível, em função de uma rede de abastecimento de gás natural limitada, os veículos convertidos devem manter as taxas de compressão originais de seus motores a gasolina (8 a 11:1) ou a álcool hidratado (10 a 13:1), o que pode acarretar uma subutilização das características originais do GNV e uma aparente perda de potência.

Dadas as incertezas inerentes a emissões de NO_x , devido ao setor automotivo, e por não se tratar de objeto de estudo deste trabalho, resolveu-se por não considerar tal setor na contabilização final dos benefícios advindos da conversão para o gás natural. Não obstante a esse fato, certas conclusões de BELCHIOR, C.R.P. et al. (2004) foram consideradas na etapa conclusiva deste estudo, como forma de enriquecer a discussão.

De maneira geral, as constatações do estudo revelam que a geração de CO_2 é sempre menor nos veículos que utilizam *kits* de conversão que no veículo original, qualquer que seja o combustível utilizado após a conversão (gasolina ou GNV). O carro mantém a flexibilidade de uso bicombustível. De qualquer forma, constatou-se que as emissões decorrentes da utilização de GNV nos *kits* básicos são sempre menores que a situação original (a menor geração de CO_2 , pode estar ocorrendo em razão do aumento da produção de monóxido de carbono). Além disso, ficou constatado que uma boa regulagem poderia elevar a geração de dióxido de carbono aos níveis observados no *kit* completo.

As conclusões acima permitem inferir que, no âmbito da análise prevista para este trabalho, a consideração da frota convertida para estudo do impacto do uso do GNV, no que se refere à redução de emissões de dióxido de carbono é, de fato, conservadora, já que nos *kits* mal regulados a tendência é que uma menor quantidade de CO_2 seja gerada (em compensação, existe uma elevação da quantidade de monóxido de carbono). Isso permitiu a inclusão dessa variável no presente estudo, sem comprometer a credibilidade do mesmo, ainda que os dados possam estar sujeitos a determinados graus de incerteza. Tal aspecto, porém, contribui para um saldo menor de redução de emissões de CO_2 , o que torna factível a argumentação.

¹ O índice de octanas é uma medida do desempenho antidetonante, a propriedade de resistir à detonação (autodetonação) enquanto o combustível queima na câmara de combustão.

ANEXO 5

FUNDAMENTOS DA CONVENÇÃO- QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA: O PROTOCOLO DE QUIOTO E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

No decorrer da década de 80 e início de 90, várias conferências intergovernamentais focaram o assunto mudança do clima. Entretanto, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (conhecido pela sigla IPCC, do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change), estabelecido em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, PNUMA – United Nations Environment Programme, UNEP, em inglês, e pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), gerou seu primeiro relatório em 1990, onde se confirmavam evidências científicas sobre a mudança do clima.

Aquecimento global e a convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima

Amplamente estudada e discutida, a mudança do clima apresenta-se como um dos maiores desafios ao contínuo desenvolvimento da humanidade no planeta Terra. O reconhecimento da importância desse problema firmou-se em 1979, na Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, onde se introduziu o conceito de que ações do homem, potencialmente, podem afetar o clima e serem adversas à qualidade de vida do próprio homem.

No decorrer da década de 80 e início de 90, várias conferências intergovernamentais focaram o assunto mudança do clima. Entretanto, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas¹ (conhecido pela sigla IPCC, do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change), estabelecido em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, PNUMA – United Nations Environment Programme, UNEP, em inglês, e pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), gerou seu primeiro relatório em 1990, onde se confirmavam evidências científicas sobre a mudança do clima. Esse relatório forneceu as bases para a negociação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima² (CQNUMC), também conhecida pela sigla UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change).

Ainda em 1990, realizou-se a Segunda Conferência Mundial sobre o Clima, onde princípios importantes como o de “responsabilidades comuns, mas diferenciadas” – que quer dizer que todos os países têm responsabilidade pela mitigação do aquecimento do planeta, mas que o papel que cada um deve exercer é diferenciado entre países ricos e pobres – foram levantados e mais tarde incluídos na CQNUMC (CLIMATE CHANGE INFORMATION KIT, 1999).

Em 1992, no Rio de Janeiro, a “Cúpula da Terra” reuniu negociadores de todo o mundo e assim 175 países (sendo 150 naquela data e demais posteriormente) assinaram a CQNUMC. Essa convenção passou a ser válida na data de 21 de março de 1994, e já em setembro do mesmo ano os países desenvolvidos estavam enviando comunicações descrevendo suas estratégias para a mudança do clima. As discussões relacionadas ao comprometimento da Convenção seguiram sendo coordenadas pelo Comitê Intergovernamental de Negociação, o qual havia sido

¹ www.ipcc.ch

² www.unfccc.int

criado para a Convenção. Entretanto, esse Comitê foi dissolvido em fevereiro de 1995, passando a autoridade máxima da Convenção à Conferência das Partes (COP – *Conference of Parties*).

A Conferência das Partes, estabelecida pelo Artigo 7 da CQNUMC, é representada pelas “Partes”, que são os países signatários da Convenção. De acordo com o segundo parágrafo desse artigo, “como órgão supremo desta Convenção, a Conferência das Partes manterá regularmente sob exame a implementação desta Convenção e de quaisquer de seus instrumentos jurídicos que a Conferência das Partes possa adotar, além de tomar, conforme seu mandato, as decisões necessárias para promover a efetiva implementação desta Convenção” (UNFCCC, 1992, p. 17).

A CQNUMC enfoca o problema de como as ações antrópicas afetam a forma pela qual a energia solar interage com a atmosfera e escapa dela. Tal alteração na forma como interagem a energia solar e a atmosfera, embora ainda muito discutida em sua magnitude, resulta de uma mudança na concentração de certos gases chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE). Isso se aplica, principalmente, aos gases dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), provocando o aumento da temperatura no globo terrestre e outros efeitos decorrentes. Embora, na composição da atmosfera terrestre, 78 por cento seja nitrogênio, 21 por cento oxigênio e 0,9 por cento argônio, esses gases não causam efeito estufa. Os gases de efeito estufa são gases com no mínimo três átomos, o que faz com que vibrem a frequência mais baixa, ou seja, a mesma frequência da energia infravermelha refletida pela Terra (HAWKEN, 1999, p. 220).

Há ainda o vapor d’água como gás de efeito estufa predominante na atmosfera, porém, esse gás não é influenciado pelas atividades do homem. Outro gás causador do efeito estufa é o cloro-flúor-carbono (CFC), que devido ao seu impacto para a redução da camada de ozônio, tem sua emissão regida pelo Protocolo de Montreal, não tendo, assim, a regulamentação de sua emissão no âmbito do Protocolo de Quioto.

A concentração de dióxido de carbono, o gás que mais contribui para a intensificação do efeito estufa, aumentou, em volume, de 280 partes por milhão, antes da Revolução Industrial, para quase 370 partes por milhão, atualmente. Resultado devido, basicamente, à queima de combustíveis fósseis para geração de energia.

Mantendo-se os níveis de emissão no ritmo atual, duplicar-se-ão os níveis de dióxido de carbono na atmosfera, comparativamente ao período pré-industrial, no decorrer do Século 21. Há consenso científico de que o aquecimento global será incrementado de 1 a 3,5°C durante os próximos 100 anos. Portanto, a solução para o problema está no fim da era dos combustíveis fósseis, utilizando energias mais “limpas” ou renováveis, como forma de reduzir drasticamente as emissões de GEE.

As sessões da Conferência das Partes ocorreram no ano de 1995, em Berlim (COP-1), no ano seguinte em Genebra (COP-2) e, posteriormente, em dezembro de 1997, na cidade de Quioto, no Japão (COP-3), onde se estabeleceu o Protocolo de Quioto. Seqüencialmente, ocorreram COP-4, no ano de 1998, em Buenos

A concentração de dióxido de carbono, o gás que mais contribui para a intensificação do efeito estufa, aumentou, em volume, de 280 partes por milhão, antes da Revolução Industrial, para quase 370 partes por milhão, atualmente. Resultado devido, basicamente, à queima de combustíveis fósseis para geração de energia.



Futuramente, a mudança do padrão de vegetações, movendo-se no sentido dos trópicos para a região polar, levaria à cobertura vegetal de regiões onde anteriormente havia neve, resultando em menor reflexo da energia solar e maior absorção, devido à coloração escura das plantas em comparação com a neve, aumentando ainda mais o aquecimento global.

Aires; COP-5, no ano de 1999, em Bonn, na Alemanha; e COP-6, na cidade de Haia, na Holanda, no ano de 2000. É importante ressaltar que havia uma grande expectativa depositada na reunião de Haia, por parte dos grupos de interesse para uma imediata ratificação do Protocolo de Quioto e, conseqüentemente, para o início da formatação do modelo de transação de créditos de carbono.

Essa expectativa, porém, foi frustrada, devido ao impasse entre negociadores de governos europeus e do governo norte-americano. Dessa forma, a reunião da COP-6 foi adiada para uma segunda etapa de negociações, que ocorreram em julho de 2001 em Bonn, Alemanha, chamada de COP-6.5 ou COP-6 bis. As COPs subseqüentes foram em 2002 (COP-8), em Nova Deli, na Índia, e 2003 (COP-9), em Milão, na Itália. A COP-10 ocorreu em Buenos Aires, de 6 a 17 de dezembro de 2004.

Como já havia levantado o Sr. James Gustave Speth, administrador do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a CQNUMC, por si só, representa uma oportunidade para os países em desenvolvimento direcionarem suas prioridades em energia (SPETH, 1998, p. 12). Tal oportunidade é facilitada pela transferência tecnológica, expressa no Artigo 4, parágrafo 1, alínea (c) da CQNUMC e transcrita abaixo:

Todas as Partes, levando em conta suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas, e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, devem:

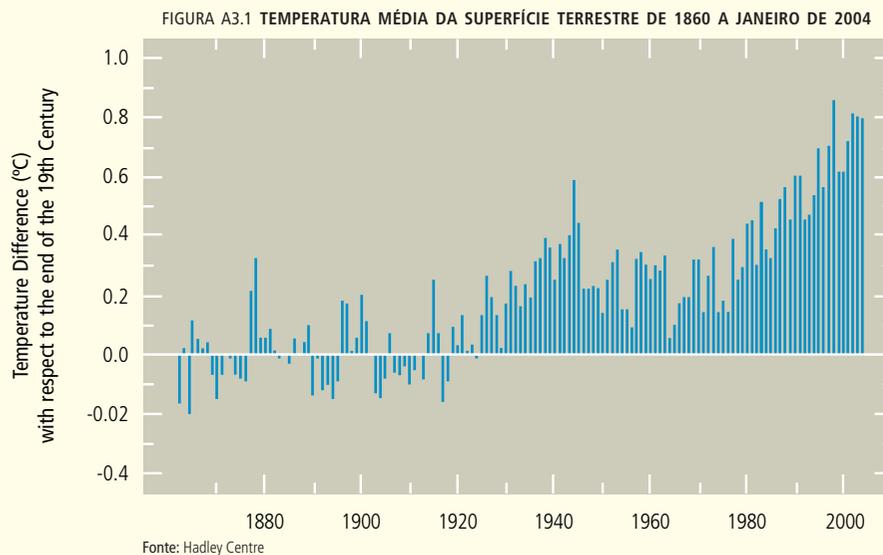
[...]

c) Promover e cooperar para o desenvolvimento, aplicação e difusão, inclusive transferência, de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam as emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em todos os setores pertinentes, inclusive nos setores de energia, transporte, indústria, agricultura, silvicultura e tratamento de resíduos. (CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA).

Dados Recentes do Aquecimento Global

Embora todos os esforços hoje empregados para ratificar o tratado que regulamenta as emissões de GEE e, possivelmente, reduzirá a concentração de tais gases na atmosfera, ainda paira no ar a dúvida sobre a existência de um aquecimento global e se este está diretamente ligado às ações antrópicas. Em decorrência dessa dúvida, muitas instituições de pesquisa conduzem estudos, a fim de comprovar o efeito estufa e construir modelos que possam prever os efeitos futuros. Dentre estas instituições está o *Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, o qual faz parte do *Met Office* – Escritório Meteorológico – na Inglaterra e também contribui com o IPCC na compreensão do assunto mudança do clima.

Este centro conta com uma equipe de 100 pesquisadores que trabalham com supercomputadores *Cray T3E*, no sentido de estabelecer modelos matemáticos que se aproximem da realidade do aquecimento global. Em novembro de 2000, emitiram um relatório intitulado *An update of recent research from the Hadley Centre*, que apresenta um modelo atualizado onde os efeitos da concentração de GEE, de origem antrópica, somados a efeitos naturais, como o chamado *El Niño*,



aproxima-se da curva de aquecimento global com maior precisão. Utilizando, então, tal modelo, o *Hadley Centre* prevê que o aquecimento global deve ser incrementado de 2 a 4°C para o ano de 2100. Entretanto, tal estimativa é dependente de dados como crescimento econômico, crescimento populacional e tecnologia de eficiência energética. Seguindo o mesmo modelo, mas variando os dados pressupostos, o aquecimento global pode atingir 6°C.

Não obstante toda a incerteza pertinente a qualquer modelo matemático que tente reproduzir os efeitos biológicos, o estudo do *Hadley Centre* apresenta um fato ainda não incluso nos estudos anteriores. Isso diz respeito ao efeito “retroalimentar” causado pela maior concentração de CO₂ na atmosfera. Com o aumento da temperatura, haveria uma emissão “natural” de carbono do solo para a atmosfera; haveria também mortandade de vegetação, principalmente na região tropical do planeta, causado pelo clima mais seco e quente na região Amazônica, liberando então GEE. Ainda mais, o aquecimento dos oceanos resultaria em menor seqüestro de carbono, já que os oceanos atuam como “seqüestradores” de carbono nas zonas de baixas temperaturas. Futuramente, a mudança do padrão de vegetações, movendo-se no sentido dos trópicos para a região polar, levaria à cobertura vegetal de regiões onde anteriormente havia neve, resultando então em menor reflexo da energia solar e maior absorção, devido à coloração escura das plantas em comparação com a neve, aumentando ainda mais o aquecimento global.

Ao que tudo indica, as incertezas sempre estarão relacionadas aos modelos matemáticos. A acurácia desses modelos, entretanto, está tornando claro e evidente que o aquecimento global é um fato que deve ser tratado pela sociedade como uma ameaça à própria sobrevivência desta. Os esforços no sentido de se criar um modelo energético renovável que minimize as alterações no clima e no equilíbrio ecológico, há muito estabelecido no planeta, mostram-se necessários, haja vista a alteração de 0,5°C na temperatura média do globo terrestre desde o início do Século XX, confirmado no gráfico da figura A3.1, onde os anos mais quentes em temperatura média já registrados desde a Revolução Industrial são 1998, seguido por 2002 e 2003.

ANEXO 6

O MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO

A crescente importância do tema aquecimento global direcionou esforços grandiosos no sentido de estimular os países signatários da Convenção a chegarem a um consenso, de forma a se obter a ratificação do Protocolo de Quioto pelo maior número possível de países. Um impasse foi criado pela posição do presidente dos Estados Unidos da América, Sr. George W. Bush, ao criticar o Protocolo de Quioto e, subseqüentemente, retirar o apoio daquele país no sentido de ratificação do mesmo.

Esse fato, ocorrido logo após a posse do presidente norte-americano, no início de 2001, levou os defensores do Protocolo de Quioto a acreditar que os mais de 10 anos de trabalho dedicados à Convenção seriam infrutíferos. Apesar de tudo, depois de muita especulação e negociações políticas e econômicas, principalmente com a União Européia, o governo russo decidiu apoiar o protocolo, ratificando-o. Com isso, atingiu-se a quota mínima necessária de representação de 55% das emissões de gases de efeito estufa, emitidas por países industrializados (Anexo-I) em 1990. Os documentos com a ratificação russa foram para a ONU, o que levou o Protocolo a entrar em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005.

Antes mesmo da ratificação, a conscientização sobre o problema do aquecimento global fez com que regulamentações locais e/ou voluntárias fossem criadas. Atualmente, a União Européia sai na frente, com a Diretiva 87, aprovada pelo Parlamento Europeu em Outubro de 2003, que em última instância é uma lei para implementar a redução das emissões de GEE em instalações industriais na área da União Européia. Esse fato é importante, pois é o primeiro “criador” de demanda legalmente implementado para as RCE.

Entretanto, antes mesmo de o Protocolo de Quioto entrar em vigor, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, nele incluso, foi reconhecido com a forma de documentar, mensurar e monitorar a geração de RCE em projetos energéticos. Assim, o registro no banco de dados das Nações Unidas é a forma de “custódia” mais segura para comercialização dos créditos de carbono, seja de projetos de energia, industriais ou florestais.

Dentre os países que apóiam o Protocolo de Quioto temos importantes nações, como Japão e Canadá. Essas nações estão seguindo a União Européia e criando suas regulamentações locais, para implementar uma redução de emissões obrigatória e, muito provavelmente, o MDL será utilizado por ambas como mecanismo de flexibilização. Na hipótese de um acordo entre União Européia, Japão e Canadá para unificar os mercados de transações de redução de emissões, aqueles que desenvolvem projetos que reduzam as emissões de GEE, comparativamente a um cenário de linha de base, terão acesso a um mercado de créditos de carbono estimado em, aproximadamente, US\$ 10 bilhões anuais em transações.

ANEXO 7

CHUVA ÁCIDA

Desde o século XIX já se reconhece a chuva ácida como um processo de poluição do ar, mas o problema passou a se constituir em grande preocupação quando se observou, na Suécia, há mais de trinta anos, que o declínio da população de peixes nos rios e lagos poderia estar ligado a mudanças na acidez da água.

Sabe-se que a poluição atmosférica é causada pela emissão excessiva de gases e de partículas sólidas tóxicas, fruto principalmente da queima de combustíveis fósseis e seus derivados (SO_2 , NO_x , COV^1 , principalmente). Assim, quanto maior a concentração populacional, maior será a interação entre o homem e o ambiente, sendo maior também o uso das diferentes fontes energéticas. Com o maior nível de emissões, cresce a tendência do aumento do nível de acidez das chuvas (LORA e TEIXEIRA, 2001; RISTINEN e KRAUSHAAR, 1999).

Goldemberg, citando dados do *Science Concepts Inc.*, estima que uma planta de 1.000 MW, operando com carvão, emita 75.000 toneladas por ano de SO_2 , enquanto se operada com petróleo residual, cairia para 30.000 toneladas e para zero, com gás natural.

A emissão para a atmosfera dos ácidos do dióxido de enxofre (SO_2) e dos óxidos de nitrogênio (NO_x), resultantes principalmente da queima de combustíveis fósseis, resultam na formação de ácidos sulfúrico (H_2SO_4) e nítrico (HNO_3), que se constituem nos dois principais ácidos da chuva ácida.

Esse problema ambiental apresenta impacto não só local, mas também regional. Em nível local relaciona-se com a acidificação dos solos, que ocasiona perdas de produtividade na agricultura e de vitalidade das florestas; a contaminação dos recursos hídricos, resultando na diminuição da população de peixes e demais seres vivos aquáticos; desgaste de equipamentos, tubulações, turbinas etc.; aumento na incidência das doenças respiratórias, aumento das necessidades de limpeza de prédios e variadas construções (corrosão de construções e monumentos, p. e.). Admite-se que, no longo prazo, pode ter um efeito positivo em função da ação fertilizante do nitrogênio e, de um modo geral, os sistemas aquáticos são mais afetados que os terrestres.

Os óxidos de enxofre e nitrogênio podem ser levados a distâncias de centenas e até alguns milhares de quilômetros do ponto de emissão, ocasionando chuvas ácidas distantes da fonte primária de poluição; assim se constituindo num problema regional, que pode atravessar fronteiras estaduais e nacionais.

Alguns autores admitem que a chuva com pH abaixo de 5.6 poderia ser considerada como ácida. Em algumas regiões da Europa e dos Estados Unidos já se registraram níveis do pH da chuva em torno de 3. Braga et al., 2002 reporta níveis da ordem de 4.7, na Amazônia, devido, provavelmente, à oxidação de gás

Goldemberg, citando dados do Science Concepts Inc., estima que uma planta de 1.000 MW, operando com carvão, emita 75.000 toneladas por ano de SO_2 , enquanto se operada com petróleo residual, cairia para 30.000 toneladas e para zero, com gás natural.

A emissão dos gases na atmosfera, provoca a chuva ácida, o que ocasiona o aumento da necessidade de limpeza de prédios, monumentos e variadas construções. Na foto abaixo o monumento ao Dois de Julho na praça do Campo Grande antes da limpeza, e na página seguinte o monumento após recente limpeza realizada pela prefeitura.



¹ Compostos Orgânicos Voláteis.

O controle da chuva ácida passa por medidas de controle de emissão de óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre. Ambos já são controlados pela legislação ambiental brasileira, embora em níveis que mereçam maiores avaliações. O controle de redução de emissões, uma maior penetração das energias renováveis e de iniciativas de conservação de energia e a utilização reduzida dos emissores estão entre as medidas a serem implementadas.



sulfídrico produzido nos alagados ou à formação de ácidos orgânicos na queima de biomassa. Entretanto, o ponto mais crítico reportado no Brasil seria na região de Cubatão, onde a acidez contribuiu para o desmatamento e conseqüentes escorregamentos nas encostas da Serra do Mar.

Apesar de ser normalmente chamada de chuva ácida, a deposição ácida pode se dar sob as formas úmida ou seca. A forma seca contribui para a corrosão de construções de deposição nos solos. A forma úmida pode resultar na chuva propriamente dita, na neve e neblina ácidas.

A química do processo de formação das chuvas ainda não é completamente entendida. Mecanismos diversos podem resultar na produção dos ácidos. As condições do tempo, o regime dos ventos, a composição da atmosfera local, a luz solar e poluentes diversos podem potencializar a deposição ácida. Ademais, uma vez recebida a chuva, seus efeitos nos ecossistemas dependem do tipo de solo e rochas.

Os problemas ambientais, o da chuva ácida em particular, de um modo geral têm sido alvo de intensos debates. No que se refere a poluentes atmosféricos, tem-se procurado incentivos em pesquisas, com modelos matemáticos que consigam caracterizar o transporte dos mesmos. Avanços nesse sentido propiciarão uma melhor avaliação dos impactos ambientais, planejando e gerindo mais racionalmente as fontes poluidoras. Segundo Braga et al. (2002) essa modelagem constitui-se em um exercício de contabilidade: fixa-se uma região no espaço e avalia-se as entradas e saídas de gases, levando em consideração o que foi gerado ou destruído por processos físicos, químicos e biológicos no interior da região. É estabelecida a equação de transporte, através da redução ao infinitésimo do tamanho da região. Nessa, correlaciona-se concentração de um poluente X a coordenadas espaciais, tempo e concentrações de outros poluentes que possam ter interferência sobre o poluente em análise.

Críticas à implementação desses modelos sempre ocorrerão, já que os mesmos apresentam limitantes. Independentemente de o modelo ser simplificado ou não, o que de fato importa é a forma como ele ilustra os cenários de emissão de poluentes, ao longo de um espaço de tempo.

O controle da chuva ácida passa por medidas de controle de emissão de óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre. Ambos já são controlados pela legislação ambiental brasileira, embora em níveis que mereçam maiores avaliações. O controle de redução de emissões, uma maior penetração das energias renováveis e de iniciativas de conservação de energia e a utilização reduzida dos emissores estão entre as medidas a serem implementadas. No caso dos Estados Unidos foram estabelecidos limites de emissão por empresa, com mecanismos de flexibilização, através da criação de um mercado de troca ou venda das reduções, que se mostrou extremamente eficiente como mecanismo de controle.

ANEXO 8

RESOLUÇÕES CONAMA

RESOLUÇÃO/Conama/Nº 005 de 15 de junho de 1989

Publicada no D.O.U, de 30/08/89, Seção I, Pág. 15.048

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso VII, do Art. 8º, da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 e o Art 48, do Decreto nº 88.351 de 01 de junho de 1983,

Considerando o acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores;

Considerando o progressivo e decorrente aumento da poluição atmosférica principalmente nas regiões metropolitanas;

Considerando seus reflexos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente;

Considerando as perspectivas de continuidade destas condições e,

Considerando a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, válidas para todo o território nacional, conforme previsto na Lei 6.938 de 31.08.81 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, RESOLVE:

1 Instituir o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica com vistas a:

- a) uma melhoria na qualidade do ar;
- b) o atendimento aos padrões estabelecidos;
- c) o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

2 - ESTRATÉGIAS

A estratégia básica do PRONAR é limitar, à nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

2.1 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO

Entende-se por limite máximo de emissão a quantidade de poluentes permissível de ser lançada por fontes poluidoras para a atmosfera.

Os limites máximos de emissão serão diferenciados em função da classificação de usos pretendidos para as diversas áreas e serão mais rígidos para as fontes novas de poluição.

2.1.1 - Entende-se por fontes novas de poluição aqueles empreendimentos que não tenham obtido a licença prévia do órgão ambiental licenciador na data de publicação desta Resolução.

Os limites máximos de emissão aqui descritos serão definidos através de Resoluções específicas do CONAMA.

2.2 - ADOÇÃO DE PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR

Considerando a necessidade de uma avaliação permanente das ações de controle estabelecidas no PRONAR, é estratégica a adoção de padrões de qualidade do ar como ação complementar e referencial aos limites máximos de emissão estabelecidos.

2.2.1 - Ficam estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

a) São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

b) São padrões secundários de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora aos materiais e meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Os padrões de qualidade do ar aqui escritos serão definidos através de Resolução específica do CONAMA.

2.3 - PREVENÇÃO DE DETERIORAÇÃO SIGNIFICATIVA DA QUALIDADE DO AR

Para a implementação de uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar em todo o território nacional, suas áreas serão enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos:

Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.

Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.

Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade.

Através de Resolução específica do CONAMA serão definidas as áreas Classe I e Classe III, sendo as demais consideradas Classe II.

2.4 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Considerando a necessidade de conhecer e acompanhar os níveis de qualidade do ar no país, como forma de avaliação das ações de controle estabelecidas pelo PRONAR, é estratégica a criação de uma Rede Nacional de monitoramento da Qualidade do Ar.

Nestes termos, será estabelecida uma Rede Básica e Monitoramento que permitirá o acompanhamento dos níveis de qualidade do ar e sua comparação com os respectivos padrões estabelecidos.

2.5 - GERENCIAMENTO DO LICENCIAMENTO DE FONTES DE POLUIÇÃO DO AR

Considerando que o crescimento industrial e urbano, não devidamente planejado, agrava as questões de poluição do ar, é estratégico estabelecer um sistema de disciplinamento da ocupação do solo baseado no licenciamento prévio das fontes de poluição. Por este mecanismo o impacto de atividades poluidoras poderá ser analisado previamente, prevenindo uma deterioração descontrolada da qualidade do ar.

2.6 - INVENTÁRIO NACIONAL DE FONTES E POLUENTES DO AR

Como forma de subsidiar o PRONAR, no que tange às cargas e locais de emissão de poluentes, é estratégica a criação de um Inventário Nacional de Fontes e Emissões objetivando o desenvolvimento de metodologias que permitam o cadastramento e a estimativa das emissões, bem como o devido processamento dos dados referentes às fontes de poluição do ar.

2.7 - GESTÕES POLÍTICAS

Tendo em vista a existência de interfaces com os diferentes setores da sociedade, que se criam durante o estabelecimento e a aplicação de medidas de controle da poluição do ar é estratégia do PRONAR que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA coordene gestões junto aos órgãos da Administração Pública Direta ou Indireta. Federais, Estaduais ou Municipais e Entidades Privadas, no intuito de se manter um permanente canal de comunicação visando viabilizar a solução de questões pertinentes.

2.8 - DESENVOLVIMENTO NACIONAL NA ÁREA DE POLUIÇÃO DO AR

A efetiva implantação do PRONAR está intimamente correlacionada com a capacitação técnica dos órgãos ambientais e com o desenvolvimento tecnológico na área de poluição do ar.

Nestes termos, é estratégia do PRONAR promover junto aos órgãos ambientais meios de estruturação de recursos humanos e laboratoriais a fim de se desenvolverem programas regionais que viabilizarão o atendimento dos objetivos estabelecidos.

Da mesma forma o desenvolvimento científico e tecnológico em questões relacionadas com a poluição atmosférica envolvendo órgãos ambientais, universidades, setor produtivo e demais instituições afetas à questão, deverá ser propiciado pelo PRONAR como forma de criar novas evidências científicas que possam ser úteis ao Programa.

2.9 - AÇÕES DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO

Considerando que os recursos disponíveis para a implementação do PRONAR são finitos, é estratégico que se definam metas de curto, médio e longo prazo para que se dê prioridade à alocação desses recursos. Nestes termos, fica definida como seqüência de ações:

a) A Curto Prazo:

- Definição dos limites de emissão para fontes poluidoras prioritárias;
- Definição dos padrões de qualidade do ar
- Enquadramento das áreas na classificação de usos pretendidos;
- Apoio a formulação dos Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar;
- Capacitação Laboratorial;
- Capacitação de Recursos Humanos.

b) A Médio Prazo:

- Definição dos demais limites de emissão para fontes poluidoras;
- Implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar;
- Criação do Inventário Nacional de Fontes e Emissões;
- Capacitação Laboratorial (continuidade);
- Capacitação de Recursos Humanos (continuidade).

c) A Longo Prazo:

- Capacitação laboratorial (continuidade);
- Capacitação de Recursos Humanos (continuidade);
- Avaliação e Retro-avaliação do PRONAR.

3 - INSTRUMENTOS

Para que as ações de controle definidas pelo PRONAR possam ser concretizadas a nível nacional, ficam estabelecidos alguns instrumentos de apoio e operacionalização.

3.1 - SÃO INSTRUMENTOS DO PRONAR:

- Limites máximos de emissão;
- Padrões de Qualidade do Ar;
- PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, criado pela Resolução CONAMA N° 018/86;
- PRONACOP – Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial;
- Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar;
- Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar
- Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar.

4 - DISPOSIÇÕES GERAIS

- Compete ao IBAMA o gerenciamento do PRONAR.
- Compete ao IBAMA o apoio na formulação dos programas de controle, avaliação e inventário que instrumentalizam o PRONAR.
- Compete aos Estados o estabelecimento e implementação dos Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar, em conformidade com o estabelecido no PRONAR.

- Sempre que necessário, os limites máximos de emissão poderão ter valores mais rígidos, fixados a nível estadual.

- Sempre que necessário, poderão ser adotadas ações de controle complementares.

As estratégias de controle de poluição do ar estabelecidas no PRONAR estarão sujeitas a revisão a qualquer tempo, tendo em vista a necessidade do atendimento dos padrões nacionais de qualidade do ar.

5 - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Fernando César de Moreira Mesquita João Alves Filho

RESOLUÇÃO/Conama/N.º 003 de 28 de junho de 1990

Publicada no D.O.U, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27.04.76, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar PRONAR, RESOLVE:

Art. 1º- São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

I - Partículas Totais em Suspensão

a) Padrão Primário

1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de urna vez por ano.

III - Partículas Inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

V - Monóxido de carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI - Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente.

b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.

c) Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.

- d) Dióxido de Enxofre – Método de Pararonasilina ou Método Equivalente.
- e) Monóxido de Carbono – Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.
- f) Ozônio – Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
- g. Dióxido de Nitrogênio – Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

§ 1º - Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º - Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º - Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 4º - O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados.

Art. 5º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta tem por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5º - O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida urna ou mais das condições a seguir enumeradas:

concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

produto, igual a 65x10³, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão – ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);

concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;

concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico.

concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora, de 1130 (hum mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º - O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (hum mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;

produto, igual a 261 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão – ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);

concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º - O nível de Emergência será declarado quando prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

concentração de dióxido de enxofre (SO₂); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

produto, igual a 393 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão – ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;

concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º - Cabe aos Estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 6º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 7º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução/CONAMA nº 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Art. 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Tânia Maria Tonelli Munhoz José A. Lutzenberger

RESOLUÇÃO/Conama/N.º 008 de 06 de dezembro de 1990

Publicada no D.O.U, de 28/12/90, Seção I, Pág. 25.539

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pela Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando o previsto na Resolução/conama/nº 05, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar PRONAR;

Considerando a necessidade do estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) em fontes fixas de poluição;

Considerando, que o estabelecimento deste mecanismo, em nível nacional, constitui-se no mais eficaz instrumento de controle da poluição atmosférica, em conjunto com os limites máximos de emissão veiculares, já fixados pelo PROCONVE,

Considerando que, entre toda a tipologia industrial, os processos de combustão externa constituem-se no maior contingente de fontes fixas de poluentes atmosféricos, o que justifica ser a primeira atividade a ter emissões regulamentadas em nível nacional, RESOLVE:

Art. 1º - Estabelecer, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores.

§ 1º - A definição de limites máximos de emissão é aquela dada pela Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o PRONAR.

§ 2º - Para os efeitos desta Resolução fontes novas de poluição são aquelas pertencentes a empreendimentos cujas LP venha a ser solicitada aos órgãos licenciadores competentes após a publicação desta Resolução.

§ 3º - Entende-se por processo de combustão externa em fontes fixas toda a queima de substâncias combustíveis realizada nos seguintes equipamentos: caldeiras; geradores de vapor; centrais para a geração de energia elétrica; fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração e uso de energia térmica incineradores e gaseificadores.

Art 2º - Para efeitos desta Resolução, ficam definidos os seguintes limites máximos de emissão para particular totais e dióxido de enxofre (SO₂), expressos em peso de poluentes por poder calorífico superior do combustível e densidade colorimétrica, consoante a classificação de usos pretendidos definidas pelo PRONAR.

2.1 Para novas fontes fixas com potência nominal total igual ou inferior a 70 MW (setenta megawatts).

2.1.1 Áreas Classe 1

2.1.1.1 Áreas a serem atmosféricamente preservadas (Unidades de Conservação com exceção das (APA'S).

Nestas áreas fica proibida qualquer atividade econômica que gere poluição do ar.

2.1.1.2 Áreas a serem atmosféricamente conservadas (lazer, turismo, estâncias climáticas, hidrominerais e hidrotermais)

a) Partículas Totais

– 120 (cento e vinte) gramas por milhão de quilocalorias.

b) Densidade Colorimétrica

– Máximo de 20% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 01, exceto na operação de ramonagem e na partida do equipamento.

c) Dióxido de Enxofre (SO₂)

– 2.000 (dois mil) gramas por milhão de quilocalorias.

d) O limite de consumo de óleo combustível por fonte rixa, (correspondente à capacidade nominal total do(s) equipamento(s)), será de 3.000 toneladas por ano. Consumos de óleo superiores ao ora estabelecido, ou o use de outros combustíveis estarão sujeitos à aprovação do órgão Estadual do Meio Ambiente por ocasião do licenciamento ambiental.

2.1.2 Áreas Classe II e III

a) Partículas Totais

- 350 (trezentos e cinquenta) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível).

- 1.500 (hum mil e quinhentos) gramas por milhão de quilocalorias (para carvão mineral).

b) Densidade Calorimétrica

- Máximo de 20% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 01, exceto na operação de ramonagem e na partida do equipamento.

c. Dióxido de Enxofre (SO₂)

- 5.000 (cinco mil) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível e carvão mineral).

2.2 Para novas fontes fixas com potência nominal total superior a 70MW (setenta megawatts).

2.2.1 Áreas Classe I

Nestas áreas não será permitida a instalação de novas fontes fixas com este porte.

2.2.2 Áreas Classe II e III

a) Partículas Totais

- 120 (cento e vinte) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível).

- 800 (oitocentos) gramas por milhão de quilocalorias (para carvão mineral).

b) Densidade Calorimétrica

- Máximo de 2% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 01, exceto na operação de ramonagem ou na partida do equipamento.

c) Dióxido de Enxofre (SO₂)

- 2.000 (dois mil) gramas por milhão de quilocalorias para óleo combustível e carvão mineral).

Art 3º - Para outros combustíveis, exceto óleo combustível e carvão mineral, caberá aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente o estabelecimento de limites máximos de emissão para partículas totais, dióxido e enxofre e, se for o caso, outros poluentes, quando do licenciamento ambiental do empreendimento.

Art 4º - Cabe aos órgãos Estaduais de Meio Ambiente propor aos governos de seus respectivos estados o enquadramento de suas áreas Classe I e III, conforme já previsto na Resolução/conama/nº 05/89 e Resolução/conama/nº 05/89 e Resolução/conama/nº 03/90.

Art. 5º - O atendimento aos limites máximos de emissão aqui estabelecidos, não exime o empreendedor do atendimento a eventuais exigências de controle complementares, conforme a legislação vigente.

Art 6º - A verificação do atendimento aos limites máximos de emissão fixado através desta Resolução, quando do fornecimento da LO – Licença de Operação, poderá ser realizada pelo órgão ambiental licenciador ou pela Empresa em

Licenciamento, desde que com acompanhamento do referido órgão ambiental licenciador.

Art 7º - Os limites máximos de emissão aqui fixados são passíveis de uma 1a. revisão dentro de dois anos, e em seguida a cada 05 (cinco) anos, quando também poderão ser, eventualmente, acrescentados outros poluentes gerados nos processos de combustão externa em fontes fixas.

Art 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Tânia Maria Tonelli Munhoz José A. Lutzenberger

RESOLUÇÃO Nº 297, de 26 de fevereiro de 2002

Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletos e veículos similares novos.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das atribuições previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274 de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando o expressivo crescimento da frota de ciclomotores, motocicletos e similares nas principais regiões metropolitanas do país;

Considerando que a emissão de poluentes por ciclomotores, motocicletos e similares contribui para a contínua deterioração da qualidade de vida, especialmente nos centros urbanos;

Considerando que ciclomotores, motocicletos e similares são fontes relevantes de emissão de poluentes nocivos à saúde pública e ao meio ambiente;

Considerando a existência de tecnologias adequadas, de eficácia comprovada, que permite atender as necessidades de controle da poluição, resolve:

Art. 1º Estabelecer os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletos e veículos similares novos.

Art. 2º Instituir, a partir de 1º de janeiro de 2003, como requisito prévio para a importação, produção e comercialização de ciclomotores novos, motocicletos novos e similares, em todo o território nacional, a Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares-LCM;

§ 1º Somente poderão ser comercializadas no Território Nacional as configurações de ciclomotores novos, motocicletos novos e similares, ou qualquer extensão destes, que possuírem LCM a ser emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA.

§ 2º A LCM terá validade no ano civil da sua emissão, podendo ser revalidada pelo IBAMA, anualmente, e será de propriedade exclusiva da pessoa física ou jurídica que a solicitar.

§ 3º A LCM emitida no terceiro quadrimestre terá sua validade explicitada também para o ano civil subsequente.

§ 4º Os valores de emissão de gases de escapamento homologados para uma LCM poderão ser estendidos para outras configurações, desde que utilizem a

mesma configuração de motor, sistema de exaustão e transmissão, e que a massa em ordem de marcha do veículo a receber a extensão esteja, no máximo, uma classe de inércia acima ou abaixo do veículo inicialmente homologado, conforme definida no Anexo I desta Resolução.

§ 5º A revalidação de que trata o § 1º deste artigo, somente será concedida nos casos em que não haja alteração nas especificações previstas no Anexo II desta Resolução.

Art. 3º Para efeito desta Resolução serão consideradas as definições constantes do Anexo I desta Resolução.

Art. 4º Para a obtenção da LCM o interessado deverá encaminhar pedido formal ao IBAMA, juntamente com as informações relacionadas no Anexo II desta Resolução.

Art. 5º O método de ensaio e a medição de poluentes no gás de escapamento devem seguir as prescrições dos Anexos I e II da Diretiva da Comunidade Européia nº 97/24/EC, para os ciclomotores e para os motocicletos e similares, respectivamente.

Parágrafo único. Para atendimento às determinações do caput deste artigo, será utilizada a versão em vigor da Diretiva da Comunidade Européia citada ou aquela que vier a substituí-la, até que sejam estabelecidos os respectivos procedimentos normatizados nacionais.

Art. 6º Os ensaios de emissão para fins de certificação de configuração deverão ser realizados no Brasil, em laboratório certificado para as análises em questão pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO, conforme os requisitos desta Resolução.

§ 1º Os ensaios de que trata o caput deste artigo serão acompanhados por representantes do IBAMA ou de agente técnico conveniado.

§ 2º Nos casos em que, comprovadamente, a falta de condições locais exigir a realização de ensaios no exterior, ficará a critério do IBAMA a aprovação do cronograma de ensaios, local, veículos a serem ensaiados e da equipe de acompanhamento, que será composta de, no máximo, três técnicos.

§ 3º Para os ensaios realizados em território nacional, os fabricantes e os importadores deverão informar, com antecedência mínima de trinta dias, a data de disponibilidade dos veículos para a realização dos mesmos.

§ 4º Para os ensaios realizados no exterior, os fabricantes e os importadores deverão informar, com antecedência mínima de sessenta dias, a data de disponibilidade dos veículos para a realização dos mesmos.

§ 5º Os fabricantes e os importadores deverão entregar ao IBAMA a documentação prevista no Anexo II desta Resolução, com antecedência mínima de vinte dias da realização de ensaios.

§ 6º O órgão ambiental competente poderá, a qualquer tempo, exigir a realização de testes complementares em laboratório credenciado.

§ 7º Os custos inerentes à realização dos ensaios correrão por conta do fabricante ou importador.

Art. 7º Os limites máximos de emissão de gases de escapamento para ciclomotores novos são os seguintes:

I - Para os veículos produzidos a partir de 1º de janeiro de 2003:

- a) monóxido de carbono: 6,0 g/km;
- b) hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio: 3,0 g/km;

II - Para os lançamentos de modelos novos, dotados de novas configurações de motor, sistemas de alimentação, transmissão e exaustão, produzidos a partir de 1º de janeiro de 2005:

- a) monóxido de carbono: 1,0 g/km;
- b) hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio: 1,2 g/km;

III - Para todos os modelos produzidos a partir de 1º de janeiro de 2006, os limites de emissão serão os mesmos estabelecidos nas alíneas “a” e “b” do inciso II deste artigo.

Art. 8º Os limites máximos de emissão de gases de escapamento para motocicletas e similares novos são os seguintes:

I - Para os veículos produzidos a partir de 1º de janeiro de 2003:

- a) monóxido de carbono: 13,0 g/km;
- b) hidrocarbonetos: 3,0 g/km;
- c) óxidos de nitrogênio: 0,3 g/km;
- d) teor de monóxido de carbono em marcha lenta:

1 - 6,0 % em volume para motocicletas com deslocamento volumétrico menor ou igual a duzentos e cinquenta centímetros cúbicos; e

2 - 4,5% em volume para motocicletas com deslocamento volumétrico maior que duzentos e cinquenta centímetros cúbicos.

§ 1º Para os lançamentos de modelos novos, dotados de novas configurações de motor, sistemas de alimentação, transmissão e exaustão, produzidos a partir de 1º de janeiro de 2005, o IBAMA deverá propor ao CONAMA, até 31 de dezembro de 2002, os novos limites a serem atendidos.

§ 2º Para todos os modelos em produção a partir de 1º de janeiro de 2006, os limites de emissão serão os mesmos a serem estabelecidos no parágrafo primeiro deste artigo.

§ 3º Para estabelecer a proposta prevista no parágrafo primeiro deste artigo o IBAMA deverá basear-se nos limites correspondentes adotados pela Comunidade Europeia em sua segunda etapa de controle.

Art. 9º Na data de entrada em vigor dos limites estabelecidos nesta Resolução e nas datas de mudança dos limites previstos em seus arts. 7º e 8º será permitida, por um prazo de quatro meses, a comercialização do estoque de veículos fabricados antes da vigência dos novos limites.

Art. 10. Para os ciclomotores, cuja comercialização seja inferior a quatro mil unidades por ano, dotados de mesma configuração de motor/veículo, independentemente do tipo de acabamento disponível, o fabricante pode solicitar

ao IBAMA a dispensa do atendimento aos limites máximos de emissão de gás de escapamento vigentes, previstos no art. 7º desta Resolução, sendo o total geral máximo admitido, por fabricante, de dez mil unidades por ano.

§ 1º A dispensa de atendimento aos limites máximos de emissão vigentes não isenta o fabricante ou importador de solicitar a respectiva LCM ao IBAMA.

§ 2º A partir de 1º de janeiro de 2005, para os novos lançamentos de ciclomotores, a dispensa de atendimento aos limites máximos de emissão vigentes de gás de escapamento será para comercialização inferior a cinquenta unidades por ano, para veículos dotados de mesma configuração de motor/veículo, sendo o total geral máximo admitido de cem unidades por ano por fabricante.

Art. 11. Para os motocicletos e veículos similares, dotados de mesma configuração de motor/veículo, independentemente do tipo de acabamento disponível e cuja comercialização seja inferior a cinquenta unidades por ano, o fabricante ou importador poderá solicitar ao IBAMA a dispensa do atendimento aos limites máximos de emissão de gás de escapamento vigentes, previstos no art. 8º desta Resolução, sendo o total geral máximo admitido, por fabricante, de cem unidades por ano.

§ 1º Poderão, ainda, ser dispensados, aqueles veículos que, mesmo pertencendo a uma configuração à qual são aplicáveis os limites máximos de emissão, constituem-se numa série para uso específico: uso militar, para pesquisa de combustíveis alternativos à gasolina e ao óleo diesel automotivos, em provas esportivas e lançamentos especiais, assim considerados a critério e julgamento do IBAMA.

§ 2º A dispensa de atendimento aos limites máximos de emissão vigentes, não isenta o fabricante ou importador de solicitar a respectiva LCM junto ao IBAMA.

Art. 12. Para todos os ciclomotores, motocicletos e similares:

§ 1º A partir de 1º de janeiro de 2006, os limites máximos de emissão de poluentes gasosos deverão ser garantidos por escrito pelo fabricante ou importador, em conformidade com os critérios de durabilidade a serem estabelecidos pelo CONAMA até 31 de dezembro de 2003.

§ 2º O IBAMA deverá apresentar ao CONAMA, até 31 de dezembro de 2002, proposta de regulamentação para os critérios de durabilidade das emissões de que trata o § 1º deste artigo.

§ 3º Os combustíveis para os ensaios devem ser do tipo “padrão para ensaio de emissão”, definido pelo IBAMA, e estar de acordo com os regulamentos estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, sendo que a mistura gasolina – álcool deve ser preparada na proporção de 22,0 % ± 1,0% de álcool anidro, em volume.

§ 4º Os óleos lubrificantes do motor utilizados durante os ensaios de emissão deverão estar de acordo com o recomendado para o uso normal no respectivo manual do proprietário do veículo.

Art. 13. As peças de reposição que exerçam influência nas emissões dos veículos, excluídas aquelas originais com garantia do fabricante, deverão ter sua qualidade certificada pelo INMETRO.

Parágrafo único. O INMETRO, ao estabelecer os procedimentos de certificação de que trata o caput deste artigo, deverá ouvir o IBAMA.

Art. 14. Doze meses após a data de publicação desta Resolução, os fabricantes ou importadores de ciclomotores, motocicletas e similares deverão declarar junto ao IBAMA, até o último dia útil de cada semestre civil, os valores típicos de emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio no gás de escapamento de todas as configurações de veículos em produção, bem como apresentar os critérios utilizados para a obtenção e conclusão dos resultados.

Parágrafo único. Os valores típicos dos teores de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos em regime de marcha lenta deverão ser declarados ao IBAMA pelo fabricante e importador do veículo, dentro de seis meses contados da data de publicação desta Resolução.

Art. 15. Os limites de emissão de gases de escapamento e seus mecanismos de controle, estabelecidos nesta Resolução, integram, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares-PROMOT, que será executado pelo IBAMA, com os objetivos de:

I - reduzir os níveis de emissão de poluentes gasosos por ciclomotores, motocicletas e similares, visando o atendimento aos padrões nacionais de qualidade ambiental vigentes;

II - promover o desenvolvimento tecnológico nacional da indústria de motocicletas e veículos similares, tanto na engenharia de projeto e fabricação, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;

III - propor critérios e limites para a inspeção e manutenção dos ciclomotores, motocicletas e similares em uso, quanto à emissão de gases poluentes;

IV - promover a conscientização da população em relação à poluição ambiental proporcionada por ciclomotores, motocicletas e similares;

Art. 16. A partir de 1º de janeiro de 2003, visando à correta regulação dos motores, os fabricantes e importadores de ciclomotores, motocicletas e similares deverão fornecer ao consumidor, por meio do manual do proprietário, os valores recomendados de:

I - concentração de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos nos gases de escapamento, em regime de marcha lenta, expressa em percentagem em volume e partes por milhão (ppm), respectivamente;

II - velocidade angular do motor em marcha lenta, expressa em rotações por minuto.

Parágrafo único. Os valores recomendados nos incisos I e II deste artigo deverão constar em plaqueta ou adesivo em todos os veículos, em lugar protegido e acessível.

Art. 17. A partir de 1º de janeiro de 2003, os fabricantes e importadores deverão divulgar, com destaque, nos Manuais de Serviços e no Manual do Proprietário o seguinte:

I - que o veículo atende às exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares-PROMOT;

II - informações sobre a importância da correta manutenção do veículo para a redução da poluição do ar.

Parágrafo único. A partir da data prevista no caput deste artigo, todo e qualquer material de divulgação em mídia, especializada ou não, relativo a modelo de veículo detentor de LCM, deverá informar, de maneira clara e objetiva, a sua conformidade com esta Resolução.

Art. 18. O IBAMA, baseado em fatos fundamentados e comprovados, poderá requisitar, a seu critério, amostras dos lotes de veículos produzidos ou importados para comercialização no país, para fins de comprovação do atendimento às exigências desta Resolução, mediante a realização de ensaios de emissão.

§ 1º Os custos dos ensaios de comprovação em conformidade, realizados no Brasil ou no exterior, assim como os decorrentes de eventuais ações de reparo e armazenamento, correrão por conta do fabricante ou importador do veículo.

§ 2º A constatação do não atendimento às exigências desta Resolução por parte do veículo do fabricante ou importador, implica o cancelamento da respectiva LCM, ficando o infrator impedido de continuar sua comercialização em todo o território nacional.

§ 3º A constatação do não atendimento às exigências da legislação depois de obtida a LCM, implicará o recolhimento dos lotes envolvidos para reparo pelo fabricante ou importador e posterior comprovação, perante o IBAMA, da conformidade com as exigências desta Resolução, garantindo assim, a eficácia das correções efetuadas.

Art. 19. A partir de 1º de janeiro de 2006, os fabricantes e importadores deverão apresentar semestralmente ao IBAMA o Relatório de Emissão dos Veículos em Produção-REVP, referente às configurações produzidas ou importadas durante o semestre civil anterior;

Parágrafo único. O IBAMA deverá propor ao CONAMA até 31 de dezembro de 2003, a regulamentação específica e as obrigações referentes ao Relatório de que trata o caput deste artigo.

Art. 20. Os limites de emissão de poluentes e procedimentos específicos relativos à inspeção periódica dos veículos em uso nos Programas de Inspeção Veicular serão estabelecidos em Resolução própria, a ser proposta pelo IBAMA ao CONAMA até 31 de dezembro de 2002.

Art. 21. Os fabricantes e importadores deverão enviar mensalmente ao IBAMA, a partir da data de início da comercialização autorizada dos modelos ou configurações de veículos, os dados de venda de seus produtos.

Art. 22. O fabricante ou importador deverá permitir a entrada dos agentes credenciados pelo IBAMA em suas instalações, sempre que este considere necessário para o cumprimento do disposto nesta Resolução.

Art. 23. Resultados de ensaios de certificação dos veículos já em produção não são considerados confidenciais e poderão ser utilizados na elaboração de informações a serem divulgadas.

Art. 24. A revisão dos limites de emissão de gases de escapamento estabelecidos nesta Resolução, ou o estabelecimento de novos limites serão coordenados pelo

IBAMA, convocando, a qualquer tempo, os órgãos envolvidos e apresentar ao CONAMA a proposta de regulamentação para apreciação.

Art. 25. O não cumprimento desta Resolução ensejará a aplicação das sanções estabelecidas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, regulamentada pelo Decreto nº 3.179 de 21 de setembro de 1999.

Art. 26. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

José Carlos Carvalho
Presidente do Conselho

ANEXO I

DEFINIÇÕES

Ciclomotor: Veículo de duas rodas e seus similares de três rodas (triciclo) ou quatro rodas (quadriciclo), provido de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a cinqüenta centímetros cúbicos e cuja velocidade máxima de fabricação não exceda a cinqüenta quilômetros por hora.

Classe de inércia: refere-se à inércia equivalente do veículo utilizado no ensaio do mesmo e varia conforme a massa em ordem de marcha, conforme estabelecido na Diretiva da Comunidade Européia nº 97/24/EC, em seus Anexos I e II, para os ciclomotores e para os motocicletos e similares, respectivamente.

Configuração do motor: combinação única de família de motores, sistema de emissão, deslocamento volumétrico, sistema de alimentação de combustível e sistema de ignição.

Configuração de veículo: combinação única de motor, inércia e transmissão incluindo as suas relações da caixa de mudanças até a roda.

Gás de escapamento: substâncias originadas da combustão interna no motor e emitidas para a atmosfera pelo sistema de escapamento do motor.

Hidrocarbonetos: total de substâncias orgânicas, constituídas de frações de combustível não queimado e subprodutos resultantes da combustão.

Massa em ordem de marcha: é a massa total do veículo com todos os reservatórios de fluidos necessários abastecidos conforme recomendado pelo fabricante, e o tanque de combustível com pelo menos, 90% da sua capacidade máxima.

Massa do veículo para ensaio: é a massa em ordem de marcha acrescida de 75 kg.

Marcha lenta: regime de trabalho do motor, especificado pelo fabricante ou importador, operando sem carga.

Modelo do veículo: nome que caracteriza uma linha de produção de veículos de um mesmo fabricante, com as mesmas características construtivas, exceto ornamentais.

Motociclo: veículo automotor de duas rodas e seus similares de três rodas (triciclos), ou quatro rodas (quadriciclo), dotado de motor de combustão interna com cilindrada superior a cinqüenta centímetros cúbicos e cuja velocidade máxima ultrapasse cinqüenta quilômetros por hora.

Monóxido de carbono: gás poluente, resultante da queima incompleta de combustíveis em motores de combustão interna.

Óxidos de nitrogênio: gases poluentes gerados pela combinação do oxigênio do ar e do nitrogênio nas condições de temperatura e pressão no interior do cilindro do motor.

Revalidação: Estender a validade da LCM para o próximo ano cível, desde que o veículo homologado não apresente alterações em sua configuração básica.

Valor Típico de Emissão: valor de emissão de poluentes, obtidos através de levantamentos estatísticos e que deve representar a configuração de motocicletas e similares, não podendo ser considerado como limite específico regulamentado.

ANEXO II

FORMULÁRIO DE CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO

A. CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

1. Descrição do Motor

1.1. Fabricante:

1.2. Tipo:

1.3. Ciclo do motor: () 4 tempos () 2 tempos

1.4. Número e disposição dos cilindros:

1.5. Diâmetro do(s) cilindro(s): (mm)

1.6. Curso do(s) pistão(ões): (mm)

1.7. Deslocamento volumétrico: (cm³)

1.8. Taxa de compressão:

1.9. Desenhos da câmara de combustão e de pistão, incluindo anéis

1.10. Sistema de refrigeração

1.11. Uso de sobrealimentação: (descrever sistema)

1.12. Desenhos do(s) filtro(s) de ar, ou fabricante e tipo

1.13. Sistema de lubrificação (motores 2 tempos)

2. Sistemas de controle de poluição adicionais

2.1. Descrição e diagramas

3. Sistemas de alimentação de ar e combustível

3.1. Descrição e diagramas do sistema de admissão de ar

3.2. Sistema de alimentação de combustível

3.2.1. Por carburador Código da peça:

3.2.1.1. Fabricante:

3.2.1.2. Tipo / Modelo;

3.2.1.3. Especificações:

3.2.1.3.1. Injetores:

3.2.1.3.2. Venturis:

3.2.1.3.3. Nível de cuba:

3.2.1.3.4. Peso da bóia:

3.2.1.3.5. Válvula de agulha da bóia:

3.2.1.4. Afogador: () manual () automático

3.2.1.5. Pressão da bomba de alimentação: (ou diagrama característico)

3.2.2. Por sistema de injeção:

- 3.2.2.1. Bomba de alimentação
 - 3.2.2.1.1. Fabricante:
 - 3.2.2.1.2. Tipo / Modelo:
 - 3.2.2.1.3. Volume injetado: mm³ por ciclo na rotação de rpm
- 3.2.2.2 Bicos injetores
 - 3.2.2.2.1. Fabricante:
 - 3.2.2.2.2. Tipo / Modelo:
 - 3.2.2.2.3. Pressão de abertura: (Mpa)
- 4. Acionamento das válvulas
 - 4.1. Acionamento de válvulas por meios mecânicos
 - 4.1.1. Levantamento máximo e ângulos de abertura e fechamento
 - 4.1.2. Folga das válvulas
 - 4.2. Distribuição por janelas (2T)
 - 4.2.1. Volume do Carter com pistão no ponto morto inferior
 - 4.2.2. Descrição das válvulas tipo palheta, caso existam (mostrar desenhos)
 - 4.2.3. Descrição do cabeçote (com desenhos) e diagrama de válvulas
- 5. Sistema de ignição
 - 5.1. Por distribuidor
 - 5.1.1. Fabricante;
 - 5.1.2. Tipo / Modelo:
 - 5.1.3. Curva de avanço da ignição
 - 5.1.4. Avanço inicial da ignição:
 - 5.1.5. Folga no contato:
- 6. Sistema de exaustão
 - 6.1. Descrição e diagramas
- 7. Informações adicionais sobre condições de ensaio
 - 7.1. Lubrificante usado
 - 7.1.1. Fabricante:
 - 7.1.2. Tipo:
 - 7.1.3. Porcentagem de adição ao combustível: (% vol.)
 - 7.2. Velas de ignição
 - 7.2.1. Fabricante:
 - 7.2.2. Tipo:
 - 7.2.3. Abertura: (mm)
 - 7.3. Bobina de ignição
 - 7.3.1. Fabricante:
 - 7.3.2. Tipo:
 - 7.4. Condensador da ignição
 - 7.4.1. Fabricante:

7.4.2.Tipo:

7.5. Sistema de marcha lenta. Descrever operação e regulagem, partida a frio.

7.6. Concentração de monóxido de carbono em marcha lenta: (% vol.)

8. Dados de desempenho do motor

8.1. Rotação de marcha lenta: (rpm)

8.2. Rotação de potência máxima: (rpm)

8.3. Potência máxima: Kw

B. DESCRIÇÃO DO VEÍCULO

1. Fabricante:

2. Importador:

3. Marca / Modelo / Versão:

4. Combustível:

5. Motor utilizado:

6. Massa em ordem de marcha: (kg)

7. Massa do veículo para ensaio: (kg)

8. Potência resistiva no rolo: (kw)

9. Transmissão: () manual () automática

10. Número de marchas:

11. Relações de transmissão:

12. Relação final de transmissão

13. Pneus

13.1 Tipo:

13.2. Medida:

13.3. Raio Dinâmico:(mm).

C. DADOS COMPLEMENTARES:

1. Nome, endereço e telefone(s) comercial(is) do(s) representante(s) constituído(s) pelo fabricante ou importador, responsável(eis) e data.

2. Assinatura do representante legal do fabricante ou importador.

3. Manual de Proprietário do veículo ou recomendações e procedimentos para a manutenção dos veículos.

4. Estimativa do número de veículos a serem comercializados por ano.

5. Declaração do fabricante / importador de que os veículos produzidos a partir da data de elaboração do Termo de Caracterização refletem as descrições e especificações do referido termo.

(Of. El. nº 229/2002)

Publicada DOU 15/03/2002

Edição Número 240 de 10/12/2003

Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente

RESOLUÇÃO Nº 342, DE 25 DE SETEMBRO DE 2003

Estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º e 8º, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 499, de 18 de dezembro de 2002, e

Considerando o disposto na Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de poluentes por veículos automotores, e na Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, que estabelece limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos; e

Considerando o expressivo crescimento da frota de ciclomotores, motocicletas e similares nas principais regiões metropolitanas do país; e

Considerando a existência de tecnologias adequadas, de eficácia comprovada, que permitem atender as necessidades de controle da poluição, resolve:

Art. 1º Estabelecer limites para emissões de gases poluentes pelo escapamento para motocicletas e veículos similares novos, em observância ao § 1º do art. 8º da Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, nos seguintes termos:

I - para lançamentos de novos modelos de veículos, dotados de novas configurações de motor, sistema de alimentação, transmissão e exaustão, produzidos a partir de 1º de janeiro de 2005:

a) veículos com motor de deslocamento volumétrico < 150 centímetros cúbicos:

1. monóxido de carbono: 5,5 g/km;
2. hidrocarbonetos: 1,2 g/km;
3. óxidos de nitrogênio: 0,3 g/km.

b) veículos com motor de deslocamento volumétrico \geq 150 centímetros cúbicos:

1. monóxido de carbono: 5,5 g/km;
2. hidrocarbonetos: 1,0 g/km;
3. óxidos de nitrogênio: 0,3 g/km.

II - para todos os modelos de veículos em produção a partir de 1º de janeiro de 2006, os limites de emissão serão os mesmos estabelecidos nas alíneas “a” e “b” do inciso I deste artigo.

III - para os motocicletas de três rodas (tríciclos) e os de quatro rodas (quadriciclos) os limites são:

a) para lançamentos de novos modelos de veículos, dotados de novas configurações de motor, sistema de alimentação, transmissão e exaustão, produzidos a partir de 1º de janeiro de 2005:

1. monóxido de carbono: 7,0 g/km;
2. hidrocarbonetos: 1,5 g/km;

3. óxidos de nitrogênio: 0,4 g/km.

b) para todos os modelos de veículos em produção a partir de 1º de janeiro de 2006, os limites de emissões serão os mesmos estabelecidos na alínea “a” deste inciso.

IV - para todos os modelos de veículos em produção a partir de 1º de janeiro de 2009:

a) veículos com motor de capacidade volumétrica < 150 centímetros cúbicos:

1. monóxido de carbono: 2,0 g/km;

2. hidrocarbonetos: 0,8 g/km;

3. óxidos de nitrogênio: 0,15 g/km.

b) veículos com motor de capacidade volumétrica >= 150 centímetros cúbicos:

1. monóxido de carbono: 2,0 g/km;

2. hidrocarbonetos: 0,3 g/km;

3. óxidos de nitrogênio: 0,15 g/km.

Art. 2º Os procedimentos de ensaios para a determinação dos gases de escapamento nas diversas etapas de controle, previstos na Resolução CONAMA nº 297, de 2002, deverão acompanhar as modificações dos regulamentos técnicos equivalentes adotados pela Comunidade Européia.

Art. 3º A regulamentação para os critérios de garantia de durabilidade das emissões de escapamento de que trata o § 1º, do art. 12 da Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, deverá ser apresentada ao CONAMA até 30/12/2003.

Art. 4º Os limites de emissão de poluentes e os procedimentos específicos relativos à inspeção periódica dos veículos em uso para os Programas de Inspeção Veicular de que trata o artigo 20 da Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002 deverão ser propostos ao CONAMA até 30/12/2003.

Art. 5º Os relatórios de emissões de gases de escapamento, no âmbito do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares-PROMOT, deverão apresentar dados referentes à emissão do dióxido de carbono, visando subsidiar os estudos brasileiros sobre as emissões de aquecimento global (efeito estufa).

Art. 6º Os prazos estabelecidos no inciso IV do art. 1º desta Resolução, poderão ser revistos pelo CONAMA, mediante motivação técnica e ambiental, até 30 de junho de 2008.

Art. 7º O não-cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às penalidades e sanções, respectivamente, previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 8º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Marina Silva

As resoluções do CONAMA foram transcritas do site www.mma.gov.br



Barra Grande, localizada na ponta da Península de Marau, o acesso se faz pela Baía de Camamu, pelo Oceano Atlântico.



Mata Atlântica e corredeira
na cachoeira da Pancada Grande
no litoral sul da Bahia.

REFERÊNCIAS

- BAILIE, R.C. *Energy conversion engineering*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1978. 221p.
- BELCHIOR, C.R.P. et al. *Análise de desempenho de dispositivos de conversão de motores a gasolina (ciclo Otto) para operarem a GNV*. Rio de Janeiro: LTM/ COPPE/UFRJ, 2004. 21p.
- BINDINI, G. et al. Internal combustion engine combined heat and power plants: case study of University of Perugia power plant. *Applied Thermal Engineering*, Perugia, v. 18, n. 6, p. 401-412, jun. 1998.
- BORGES, E. P. Irreversibilidade, desordem e incerteza: três visões da generalização do conceito de entropia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 453-463, dez. 1999.
- BRAGA, B. P. F. et al. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Convenção quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/convencao/texto4.html>>. Acesso em: 14 ago. 2004.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Balanco Energético Nacional: ano base 2002*. Brasília, DF: 2003. 168p.
- CALLEN, H. B. *Thermodynamics and introduction to thermostatistics*. New York: Wiley, 1985. 493p.
- CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY. *OSH answers: health effects of carbon dioxide*. Disponível em: <http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/carbon_dioxide/health_cd.html>. Acesso em: 11 ago. 2004.
- CARLIER, P.; HANNACHI, H.; MOUVIER, G. The chemistry of carbonyl compounds in the atmosphere: a review. *Atmospheric Environment*, New York, v. 20, n. 11, p. 2079-2099, 1986.
- CARVALHO JÚNIOR, J. A. de; LACAVA, P.T. *Emissões em processos de combustão*. São Paulo: UNESP, 2003. 135p.
- DIAS, J. S. *Hidrogênio e fuel cells: bases de um novo paradigma energético?* Disponível em: <<http://www.dpp.pt/pdf/Infint02/III.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2004.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Energy white paper our energy future: creating a low carbon economy – presented to Parliament by the Secretary of State for Trade and Industry by Command of Her Majesty. *Boletim da Biblioteca Virtual de Energia*, v. 2, n. 19, fev., 2003. Disponível em: <<http://cin.cnen.gov.br/boletimBVE/index.html>>. Acesso em: 28 set. 2004.
- ECONOMY E ENERGY. *Emissões energéticas 1970/2002*. Disponível em: <http://ecen.com/eee41/eee41p/relatorio_ao_mct.htm>. Acesso em: 20 ago. 2004.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Air and radiation: basic information – six common air pollutants nitrogen dioxide: health and environmental impacts*, 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/air/urbanair/nox/hlth.html>>. Acesso em: 19 ago. 2004.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Air and radiation: basic information - six common air pollutants sulfur dioxide: health and environmental impacts*, 2003. Disponível em: <<http://www.epa.gov/air/urbanair/so2/hlth1.html>>. Acesso em: 19 ago. 2004.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *EPA's Clean Air Markets Program*, 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/airmarkets/acidrain/index.html>>. Acesso em: 19 ago. 2004.
- GASENERGIA. *A energia do gás natural*. Disponível em: <<http://www.gasenergia.com.br/portage/port/gn/historia.jsp>>. Acesso em: 19 ago. 2004.
- GASNET. *Gás: a matéria-prima*. Disponível em: <http://www.gasnet.com.br/gasnet_br/oque_gn/materiaprime.asp>. Acesso em: 15 out. 2004
- GOLDEMBERG, J. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: EDUSP, 1998. 234p.
- GOLDEMBERG, J.; REID, W. Greenhouse gas emissions and development: a review of lessons learned. In: __. *Promoting development while limiting greenhouse gas emission: trends and baselines*. New York: United Nations Development Programme; Washington, DC: World Resources Institute, c1999. p. 11-27.
- HADLEY Centre for Climate Prediction and Research. Disponível em: <http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/models/carbon_cycle/intro_global.htm>. Acesso em: 19 nov. 2004.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. *Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial*. Tradução Luiz A. de Araújo, Maria Luiza Felizardo. São Paulo: Cultrix, 1999. 358p.
- HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. *Energia e meio ambiente*. Tradução de Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 543p.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Greenhouse gases R e D Programme. CO2 Chemistry and Properties, 2004*. Disponível em: <<http://www.ieagreen.org.uk/doc2b.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2004.
- IPCC-NGGIP. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: reference manual, v.3*. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2004.
- JANNUZZI, G. M. Que eficiência energética buscamos?. *Agência Estado*, São Paulo, 27 nov. 2000. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/colunas/aspas/2000/nov/27/48.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2004.
- LORA, E. E. S.; TEIXEIRA, F. N. Energia e meio ambiente. In: MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Org.). *Conservação de Energia: eficiência energética de instalações e equipamentos*. Itajubá: FUPAI, 2001. p. 47- 49.
- MAGRINI, A. et al. Monitoração de emissões de gases de efeito estufa em usinas termelétricas no Brasil: fase de diagnóstico. *Programa de Planejamento Energético - PPE/COPPE/UFRJ*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/brasil/pdf/coppe.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2004.
- NEGRI, J.C. *Modelo preditivo da emissão e dispersão do NO_x gerado em usinas termoelétricas como instrumento de análise de inserção e capacidade de suporte regional da qualidade do ar*. 2002. 218f. Tese (Doutorado Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade

de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3132/tde-15092003-183634/>>. Acesso em: 27 set. 2004.

OLIVEIRA, R. G. de. Economia do meio ambiente. In: PINHO, D. B.; VASCONCELLOS, M. A. S. de. (Org.). *Manual de Economia*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 1999. p. 567- 571.

O'NEILL, P. *Environmental Chemistry*. London: Chapman e Hall, 1995. 268p.

PEREIRA, A.S; OLIVEIRA, L. B.; REIS, M. M. Emissões de CO₂ evitadas e outros benefícios econômicos e ambientais trazidos pela conservação de energia decorrente da reciclagem de resíduos sólidos no Brasil. In: ENCONTRO ECO-MACROECONOMIA DO MEIO AMBEINTE, 3, 1999, Local. **Anais eletrônicos...** São Paulo: UNICAMP, 1999. Disponível em: <http://www.nepam.unicamp.br/ecoeco/artigos/encontros/encontro3_topico2.html>. Acesso em: 14 set. 2004.

RISTINEN, R. A.; KRAUSHAAR, J. J. *Energy and the environment*. New York: Wiley, 1999. 350p.

SANTANA, G.C.S.; TORRES, E.A.; GOMES, R.A.E.S. *Estado da arte para análise energética e exergética em sistemas de co-geração para empresas do setor terciário*. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2, 2002, João Pessoa. **ANAIS...** João Pessoa: UFPB , 2002. p. 315-350.

SEINFELD, J. H. *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*. New York: Wiley, 1986. 738p.

SLOSS, L. L. et al. *Nitrogen oxides control fact book*. New Jersey: Noyes Data, c1992. 635p.

SPETH, J. G. *Introductory remarks: highlights of the introductory remarks*. In: CLIMATE CHANGE, 1, 1998, New York. *Brainstorming Session Organized by the Group of 77*. New York: UNDP, 1998. 12p.

STAMM, H. R. *Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica*. 2003. 280f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://aspro02.npd.ufsc.br/arquivos/190000/191300/18_191340.htm>. Acesso em: 17 abr. 2004.

TOMASQUIN, T.; SZKLO, A. S.; SOARES, J. B. Mercado de gás natural na indústria química e no Setor Hospitalar do Brasil. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003. 344p.

TORRES, E. A.; GALLO, W. L. R. Exergetic evaluation of a cogeneration system in a pretrotrochemical complex. *energy convers. Mgmt.*, New York, v. 39, n. 16/18, p. 1845-1852. 1998.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. *Climate change information kit: the international response to climate change - 1999*. Disponível em: <<http://www.unfccc.org/resourceiuckit/fact17.html>>. Acesso em : 12 ago. 2004

UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON. *Chemical of the Week: carbon dioxide*. Disponível em: <<http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/CO2/CO2.html>>. Acesso em: 11 ago. 2004.

WOOD, S.C. NO_x Control. *Chemical Engineering Progress*, New York, v. 90, n.1, p. 89-95, 1994.

ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ANP	Agência Nacional do Petróleo
CH ₄	Metano
CFC	Cloro-Flúor-Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO ₂	Dióxido de Carbono, ou Gás Carbônico
CNP	Conselho Nacional do Petróleo
COP	<i>Conference Of the Parties</i> – Conferência das Partes
COPPE/UFRJ	Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
D.O.U	Diário Oficial da União
GEE	Gás(es) de Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
RCE	Redução Certificada de Emissão
SO ₂	Dióxido de Enxofre
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
UNEP/PNUMA	<i>United Nations Environment Program</i> – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention for Climate Change</i>
UPGN	Unidade de Processamento de Gás Natural

ÍNDICE DAS TABELAS

- 14 Tabela-Sumário I Benefícios ambientais do gás natural no período de 1994 a 2003 (toneladas)
- 14 Tabela-Sumário II Benefícios ambientais do gás natural no ano de 2003
- 22 Tabela 1 Características de alguns tipos de gás natural no mundo
- 22 Tabela 2 Características do gás natural
- 30 Tabela 3 Estimativa da participação das principais fontes de NO_x nas emissões globais
- 32 Tabela 4 Estimativa global de emissões de partículas de origem natural menores que $20 \mu\text{m}$ de diâmetro emitidas para ou formadas na atmosfera
- 33 Tabela 5 Emissões de CO_2 por fontes e participação de cada uma delas no total
- 38 Tabela 6 Poderes caloríficos superiores
- 40 Tabela 7 Processo químico de redução do óxido de ferro
- 43 Tabela 8 Fatores de emissão de SO_2
- 45 Tabela 9 Fatores de emissão de NO_x
- 45 Tabela 10 Fatores de emissão de material particulado
- 46 Tabela 11 Fatores de emissão de carbono e fator de oxidação dos combustíveis
- 49 Tabela 12 Consumo de gás natural usado como combustível em 2003 e no acumulado 1994 – 2003 (m^3)
- 51 Tabela 13 Reduções das emissões de SO_2 no período 1994 – 2003
- 51 Tabela 14 Redução das emissões de SO_2 em 2003
- 54 Tabela 15 Reduções das emissões de NO_x no período de 1994 – 2003
- 54 Tabela 16 Reduções das emissões de NO_x em 2003
- 57 Tabela 17 Reduções de particulados no período 1994 – 2003
- 58 Tabela 18 Reduções dos particulados em 2003
- 61 Tabela 19 Reduções das emissões de CO_2 no período de 1994 – 2003
- 61 Tabela 20 Reduções das emissões de CO_2 em 2003
- 67 Tabela 21 Reduções de emissões dos poluentes pelo uso do gás natural – Acumulado 1994 – 2003 e 2003 (toneladas)
- 69 Tabela 22 Reduções das emissões dos poluentes, caso as térmicas tivessem sido despachadas – 2003 (toneladas)
- 73 Tabela A1.1 Consumo de gás natural e outros combustíveis
- 75 Tabela A1.2 Análise de SO_2 (Quilogramas de SO_2) – Parte 1
- 76 Tabela A1.3 Análise de SO_2 (Quilogramas de SO_2) – Parte 2
- 77 Tabela A1.4 Análise de NO_x (Quilogramas de NO_x)
- 78 Tabela A1.5 Análise de particulados (quilogramas de particulados)
- 79 Tabela A1.6 Análise de CO_2 (toneladas de CO_2)
- 79 Tabela A1.7 Dados das térmicas não-despachadas
- 81 Tabela A2.1 Classificação dos combustíveis
- 82 Tabela A2.2 Proporções de nitrogênio e oxigênio no ar
- 82 Tabela A2.3 Ponto de fulgor e ignição de algumas substâncias
- 82 Tabela A2.4 Limites de inflamabilidade de alguns gases
- 84 Tabela A2.5 Poder calorífico de alguns combustíveis

ÍNDICE DAS FIGURAS

- 21 Figura 1 Origem e extração do gás natural
- 23 Figura 2 Vendas de gás natural na Bahia
- 23 Figura 3 Perfil de uso do gás natural em m³/dia (média equivalente anual)
- 23 Figura 4 Perfil do gás natural em diferentes usos como combustível, em m³/dia (média equivalente anual)
- 49 Figura 5 Participação setorial no consumo de gás natural no período 1994 a 2003
- 49 Figura 6 Participação no consumo setorial de gás natural em 2003
- 50 Figura 7 Perfil do consumo de gás natural
- 50 Figura 8 Consumo teórico de combustíveis
- 51 Figura 9 Participação setorial nas reduções de emissões de SO₂ de 1994 a 2003
- 51 Figura 10 Participação setorial nas reduções de emissões de SO₂ em 2003
- 52 Figura 11 Emissões de SO₂ no setor químico/petroquímico
- 52 Figura 12 Emissões de SO₂ no setor siderúrgico
- 52 Figura 13 Emissões de SO₂ no setor energético
- 53 Figura 14 Emissões de SO₂ para a capacidade instalada não-despachada, caso o despacho houvesse ocorrido
- 53 Figura 15 Emissões de SO₂ no setor de alimentos e bebidas
- 53 Figura 16 Emissões de SO₂ no setor metalúrgico
- 54 Figura 17 Emissões de SO₂ no setor de papel e celulose
- 55 Figura 18 Participação setorial nas reduções de emissões de NO_x de 1994 a 2003
- 55 Figura 19 Participação setorial nas reduções de emissões de NO_x em 2003
- 55 Figura 20 Emissões de NO_x no setor químico/petroquímico
- 55 Figura 21 Emissões de NO_x no setor siderúrgico
- 56 Figura 22 Emissões de NO_x no setor energético
- 56 Figura 23 Emissões de NO_x para a capacidade instalada não-despachada, caso o despacho houvesse ocorrido
- 56 Figura 24 Emissões de NO_x no setor de alimentos e bebidas

- 57 Figura 25 Emissões de NO_x no setor metalúrgico
- 57 Figura 26 Emissões de NO_x no setor de papel e celulose
- 58 Figura 27 Participação setorial nas reduções de emissões de particulados de 1994 a 2003
- 58 Figura 28 Participação setorial nas reduções de emissões de particulados em 2003
- 58 Figura 29 Emissões de particulados no setor químico/petroquímico
- 59 Figura 30 Emissões de particulados no setor siderúrgico
- 59 Figura 31 Emissões de particulados no setor energético
- 59 Figura 32 Emissão de particulados para a capacidade instalada não despachada, caso o despacho houvesse ocorrido
- 60 Figura 33 Emissões de particulados no setor de alimentos e bebidas
- 60 Figura 34 Emissões de particulados no setor metalúrgico
- 60 Figura 35 Emissões de particulados no setor de papel e celulose
- 62 Figura 36 Participação setorial nas reduções de emissões de CO_2 de 1994 a 2003
- 62 Figura 37 Participação setorial nas reduções de emissões de CO_2 em 2003
- 62 Figura 38 Emissões de CO_2 no setor químico/petroquímico
- 62 Figura 39 Emissões de CO_2 no setor siderúrgico
- 63 Figura 40 Emissões de CO_2 no setor energético
- 63 Figura 41 Emissões de CO_2 para a capacidade instalada não-despachada, caso o despacho houvesse ocorrido
- 63 Figura 42 Emissões de CO_2 no setor de alimentos e bebidas
- 64 Figura 43 Emissões de CO_2 no setor metalúrgico
- 64 Figura 44 Emissões de CO_2 no setor de papel e celulose
- 95 Figura A3.1 Temperatura média da superfície terrestre de 1860 a janeiro de 2004



Este livro foi editado em maio de 2005 pela
Solisluna Design e Editora para
a Série Bahiagás Documenta. Composto em Bembo
com títulos e legendas em Frutiger.
Impresso em papel couché mate fosco 150g/m² pela
Gráfica Santa Marta. Tiragem 5.000 exemplares