

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS PROCESSOS
INDUSTRIAIS: INDÚSTRIA QUÍMICA**



Ministério da Ciência e Tecnologia

2010

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUÍS INACIO LULA DA SILVA

VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA
JOSÉ DE ALENCAR GOMES DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SERGIO MACHADO REZENDE

SECRETÁRIO EXECUTIVO
LUIZ ANTONIO RODRIGUES ELIAS

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
LUIZ ANTONIO BARRETO DE CASTRO

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS PROCESSOS
INDUSTRIAIS: INDÚSTRIA QUÍMICA**

Elaborado por:

Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM

Autor:

Obdulio Diego Fanti

Ministério da Ciência e Tecnologia

2010

Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia

Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:

Ministério da Ciência e Tecnologia
Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento
Departamento de Programas Temáticos
Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 268
70067-900 - Brasília - DF
Telefone: 61 3317-7923 e 3317-7523
Fax: 61 3317-7657
e-mail: cpmg@mct.gov.br
<http://www.mct.gov.br/clima>

Revisão:

Ingrid Person Rocha e Pinho
Mauro Meirelles de Oliveira Santos
Newton Paciornik

Revisão de Editoração:

Márcia Pimenta

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31
EQSW 103/104 lote 1 bloco D Setor Sudoeste.
70670-350 - Brasília - DF
Telefone: 61 3038-9065
Fax: 613038-9009
e-mail: registry@undp.org.br
<http://www.undp.org.br>

Agradecimentos:

Expressamos nossa mais profunda gratidão, pelos constantes incentivos e apoio em todos os momentos aos trabalhos realizados, ao Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, Dr. Sérgio Rezende, e ao Secretário Executivo, Dr. Luis Elias. Estendemos nossos agradecimentos ao Dr. Eduardo Campos, que ocupou a pasta de 2004 a 2005 e ao Dr. Luiz Fernandes, que representou a Secretaria Executiva de 2004 a 2007.

Agradecemos às equipes do GEF, do PNUD e da ABC/MRE por meio dos dirigentes dessas instituições: Sra. Monique Barbut, Dr. Jorge Chediek e Ministro Marco Farani, respectivamente, e, em particular, algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização desse trabalho não teria sido possível: Robert Dixon, Diego Massera e Oliver Page, do GEF; Rebeca Grynstan, do PNUD/Latino América e Caribe; Kim Bolduc, Eduardo Gutierrez, Carlos Castro, Rose Diegues, Luciana Brant, do PNUD-Brasil, bem como Márcio Corrêa e Alessandra Ambrosio, da ABC/MRE. Agradecemos, igualmente, à equipe da ASCAP/MCT, por meio de sua dirigente, Dra. Ione Egler. Agradecemos, por fim, à equipe da Unidade de Supervisão Técnica e Orientação Jurídica do PNUD-Brasil. A todas essas pessoas, por seu apoio e liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

Índice

| | Página |
|---|-----------|
| Apresentação _____ | 8 |
| Sumário Executivo _____ | 9 |
| 1. Introdução _____ | 14 |
| 1.1 Ações da indústria química nacional na redução dos GEE _____ | 14 |
| 2. Processos produtivos analisados _____ | 17 |
| 2.1 Produção de Amônia _____ | 17 |
| 2.2 Produção de Ácido Nítrico _____ | 17 |
| 2.3 Produção de Ácido Adípico _____ | 19 |
| 2.4 Produção de Caprolactama _____ | 19 |
| 2.5 Produção e uso do Carbureto de Cálcio _____ | 20 |
| 2.6 Produção de Dióxido de Titânio _____ | 21 |
| 2.7 Produção de Petroquímicos e de Negro-de-Fumo _____ | 21 |
| 2.7.1 Metanol _____ | 21 |
| 2.7.2 Eteno (ou Etileno) _____ | 22 |
| 2.7.3 Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC) _____ | 22 |
| 2.7.4 Óxido de Eteno _____ | 23 |
| 2.7.5 Acrilonitrila _____ | 24 |
| 2.7.6 Negro-de-fumo _____ | 24 |
| 2.8 Produção de Ácido Fosfórico _____ | 25 |
| 2.9 Outros produtos químicos _____ | 25 |
| 3 Metodologia _____ | 25 |
| 4 Dados _____ | 26 |
| 4.1 Amônia _____ | 26 |
| 4.2 Ácido Nítrico _____ | 27 |
| 4.3 Ácido Adípico _____ | 28 |
| 4.4 Caprolactama _____ | 29 |
| 4.5 Carbureto de Cálcio _____ | 29 |
| 4.6 Dióxido de Titânio _____ | 29 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 4.7 | <i>Petroquímicos e Negro de Fumo</i> | 30 |
| 4.7.1 | <i>Metanol</i> | 30 |
| 4.7.2 | <i>Eteno</i> | 30 |
| 4.7.3 | <i>Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)</i> | 30 |
| 4.7.4 | <i>Óxido de Eteno</i> | 31 |
| 4.7.5 | <i>Acrilonitrila</i> | 31 |
| 4.7.6 | <i>Negro-de-fumo</i> | 31 |
| 4.8 | <i>Ácido Fosfórico</i> | 32 |
| 4.9 | <i>Outros produtos químicos</i> | 33 |
| 5 | Resultados | 35 |
| 6 | Diferenças em relação ao Inventário Inicial | 42 |
| 7 | Referências Bibliográficas | 43 |
| Anexos | | 44 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - PRODUÇÃO DE AMÔNIA | 26 |
| TABELA 2 - PRODUÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO | 28 |
| TABELA 3 - PRODUÇÃO DE ÁCIDO ADÍPICO | 28 |
| TABELA 4 - PRODUÇÃO DE CAPROLACTAMA | 29 |
| TABELA 5 - PRODUÇÃO DE PETROQUÍMICOS E NEGRO-DE-FUMO | 32 |
| TABELA 6 - QUANTIDADE DE ROCHA FOSFÁTICA CONSUMIDA NA PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE ÁCIDO FOSFÓRICO..... | 33 |
| TABELA 7 - FATORES DE EMISSÃO DE NMVOC PARA OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS..... | 33 |
| TABELA 8 - DADOS DE ATIVIDADE PARA OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS..... | 34 |
| TABELA 9 - EMISSÕES DE CO ₂ DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS | 35 |
| TABELA 10 - EMISSÕES DE CH ₄ DA PETROQUÍMICOS E NEGRO DE FUMO..... | 36 |
| TABELA 11 - EMISSÕES DE N ₂ O DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS | 37 |
| TABELA 12 - EMISSÕES DE CO DA PRODUÇÃO DE ÁCIDO ADÍPICO | 38 |
| TABELA 13 - EMISSÕES DE NO _x DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS..... | 39 |
| TABELA 14 - EMISSÕES DE NMVOC DA PRODUÇÃO DE PETROQUÍMICOS | 40 |
| TABELA 15 - EMISSÕES DE NMVOC DA PRODUÇÃO DE OUTRAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS | 41 |

Apresentação

O Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário) é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). A Comunicação Nacional é um dos principais compromissos de todos os países signatários da Convenção de Mudança do Clima.

A responsabilidade da elaboração da Comunicação Nacional é do Ministério da Ciência e Tecnologia, ministério responsável pela coordenação da implementação da Convenção de Mudança do Clima no Brasil, conforme divisão de trabalho no governo que foi estabelecida em 1992. A Segunda Comunicação Nacional Brasileira foi elaborada de acordo com as Diretrizes para Elaboração das Comunicações Nacionais dos Países não Listados no Anexo I da Convenção (países em desenvolvimento) (Decisão 17/CP.8 da Convenção) e as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para o ano base de 2000. Adicionalmente são apresentados os valores referentes aos outros anos do período de 1990 a 2005. Em relação aos anos de 1990 a 1994, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Primeiro Inventário.

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudança Global do Clima (IPCC) “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” publicado em 1997, o documento “*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2000, e o documento “*Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*”, publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta informações publicadas no documento “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2006.

De acordo com as diretrizes, o Inventário deve ser completo, acurado, transparente, comparável, consistente e ser submetido a processo de controle de qualidade.

A elaboração do Inventário contou com a participação ampla de entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria. Os estudos elaborados resultaram em um conjunto de Relatórios de Referência, do qual este relatório faz parte, contendo as informações utilizadas, descrição da metodologia empregada e critérios adotados.

Todos os Relatórios de Referência foram submetidos a uma consulta ampla de especialistas que não participaram na elaboração do Inventário diretamente, como parte do processo de controle e garantia de qualidade. Esse processo foi essencial para assegurar a qualidade e a correção da informação que constitui a informação oficial do governo brasileiro submetida à Convenção de Mudança do Clima.

Sumário Executivo

Este relatório apresenta a caracterização dos processos produtivos da indústria química nacional e suas estimativas de emissões dos gases de efeito estufa (GEE) - dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) - resultantes da produção de substâncias químicas. Também são compreendidos neste relatório de referência os gases indiretos - monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis - genericamente referidos por NMVOC (*non methanic volatile organic compounds*).

Com o avanço das tecnologias de produção de biocombustíveis, a indústria química nacional tem começado a substituir os combustíveis fósseis, utilizados como matérias-primas em seus processos produtivos, por esses combustíveis de origem renovável. Tal ação visa à redução das emissões de GEE de processo. Adicionalmente, novas tecnologias de controle de N₂O têm sido adotadas, principalmente para a produção dos ácidos adípico e nítrico, que era responsável pelas maiores emissões deste tipo de GEE.

Neste relatório são abordadas apenas as emissões de processo, que ocorrem como subprodutos dos principais químicos produzidos. As emissões referentes à queima de combustíveis no interior dos fornos são consideradas, de acordo com as diretrizes metodológicas do IPCC, nos relatórios referentes ao Setor Energia.

Os produtos químicos apresentados neste relatório são: amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, carbureto de cálcio, dióxido de titânio, metanol, eteno, dicloroetano, cloreto de vinila, óxido de eteno, acrilonitrila, negro-de-fumo e ácido fosfórico. Envolvendo apenas os gases de efeito estufa indireto foram acrescentados resinas ABS, anidrido ftálico, borracha de butadieno estireno (SBR), estireno, etilbenzeno, formaldeído, policloreto de vinila - PVC, poliestireno, polietileno PEAD, polietileno PEBD, polietileno PELBD, polipropileno e propeno.

As emissões de gases de efeito estufa direto foram estimadas para o período de 1990 a 2005 utilizando as Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa de 2006 do IPCC, *Guidelines 2006*. Já as de gases de efeito estufa indireto o foram pelas Diretrizes Revisadas de 1996 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, *Guidelines 1996*. Os resultados estão apresentados sinteticamente na Tabela I a seguir:

Tabela I - Emissões provenientes dos processos produtivos da indústria química

| Gás | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Varição 2000/2005 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| CO ₂ | 2.372.929 | 2.468.165 | 2.614.673 | 2.954.296 | 24,5% |
| CH ₄ | 5.150 | 6.526 | 8.885 | 9.228 | 79,2% |
| N ₂ O | 10.684 | 16.302 | 19.937 | 22.824 | 113,6% |
| CO | 511 | 829 | 1.038 | 1.202 | 135,2% |
| NO _x | 702 | 859 | 945 | 1.051 | 49,6% |
| NMVOC | 26.514 | 30.563 | 42.939 | 48.986 | 84,8% |

Os gráficos a seguir mostram a evolução das emissões para esses gases ao longo do período estendido, de 1990 a 2007.

Gráfico I - Emissões de CO₂ pelos processos produtivos da indústria química

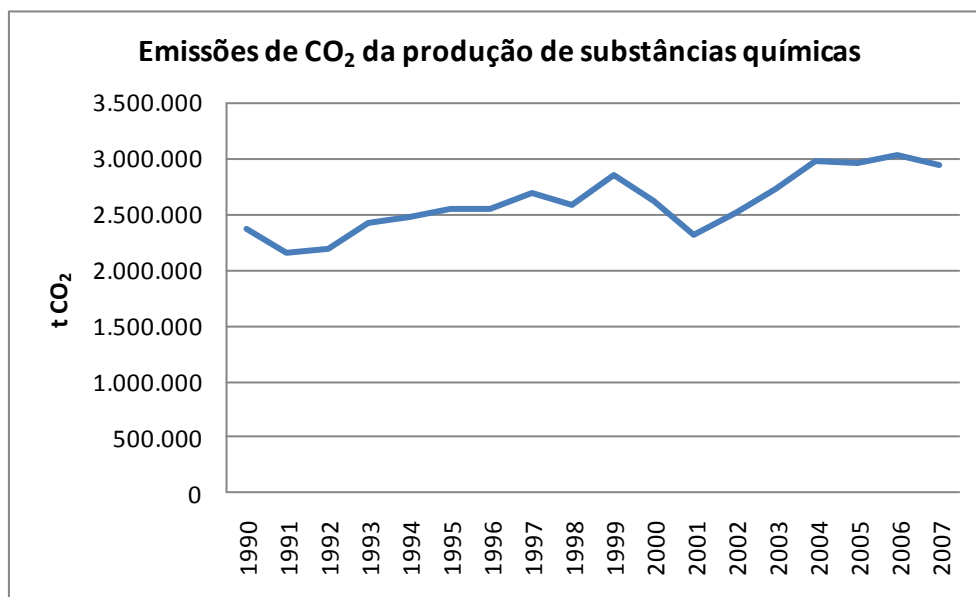


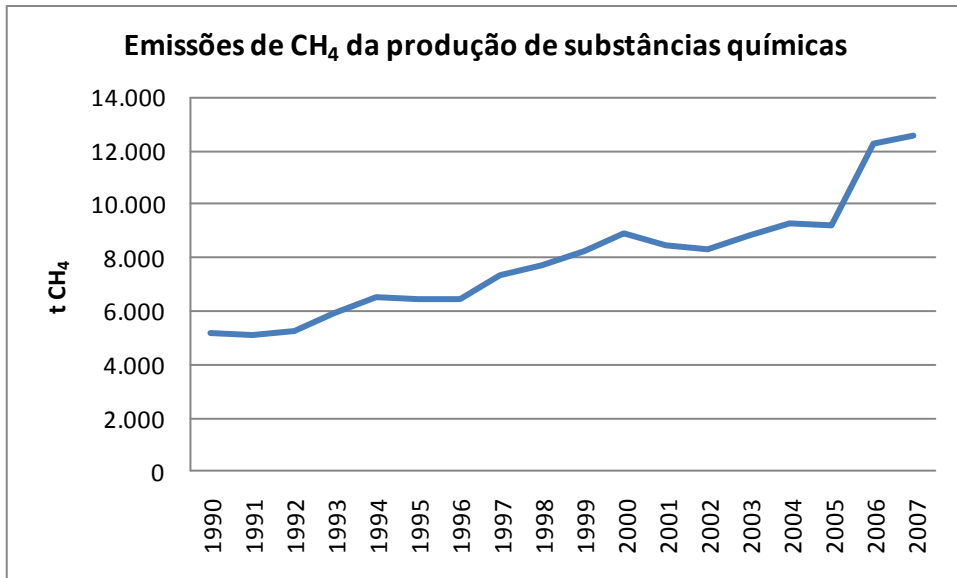
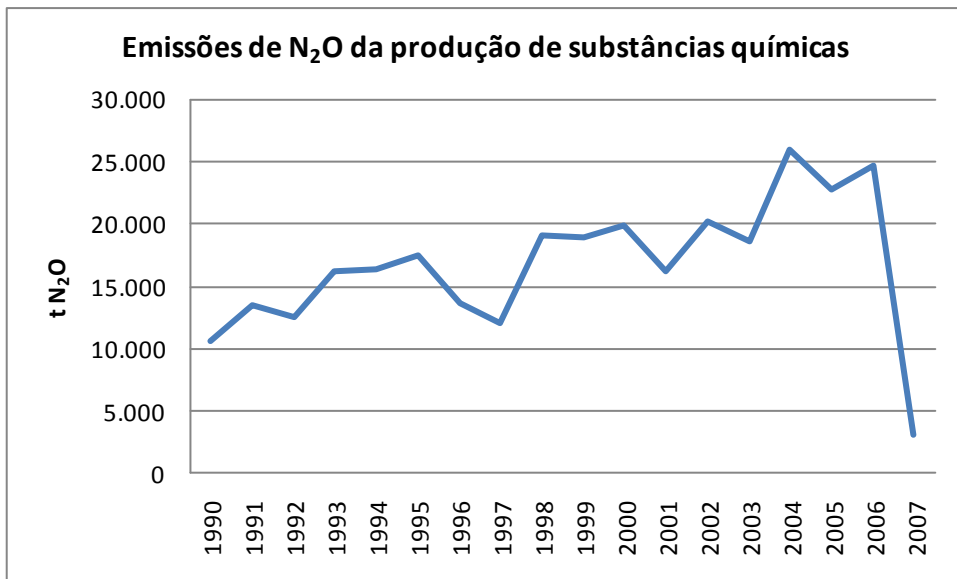
Gráfico II - Emissões de CH₄ pelos processos produtivos da indústria químicaGráfico III - Emissões de N₂O pelos processos produtivos da indústria química

Gráfico IV - Emissões de CO pelos processos produtivos da indústria química

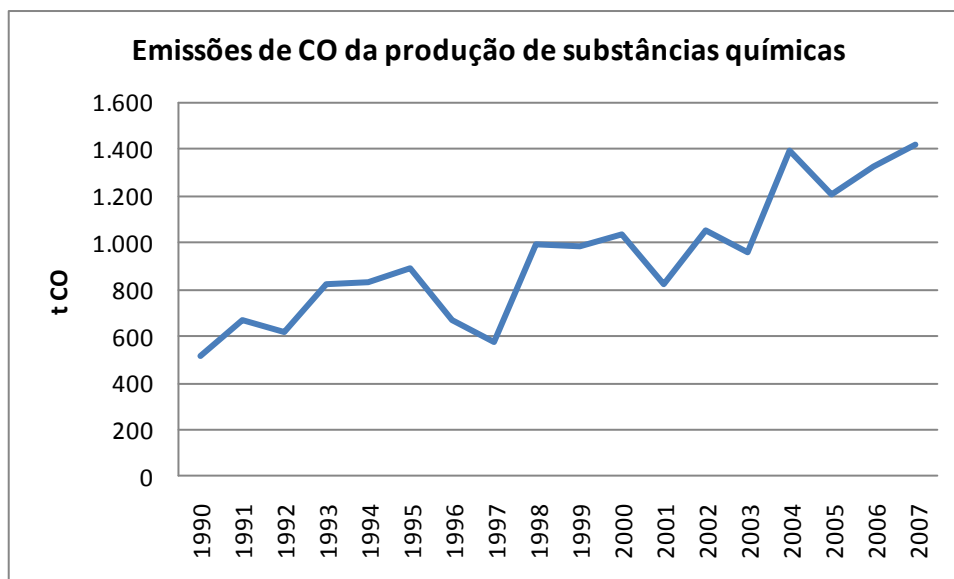


Gráfico V - Emissões de NO_x pelos processos produtivos da indústria química

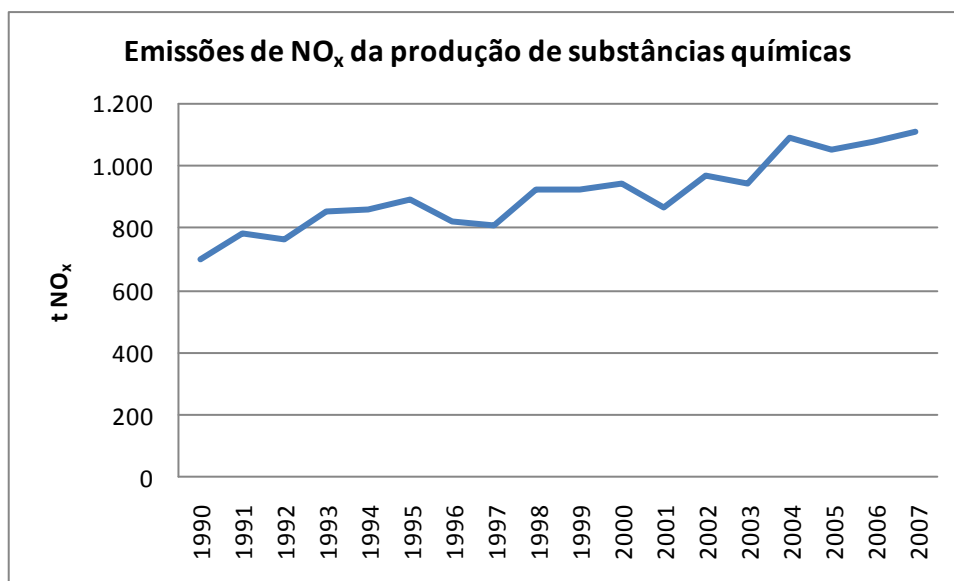
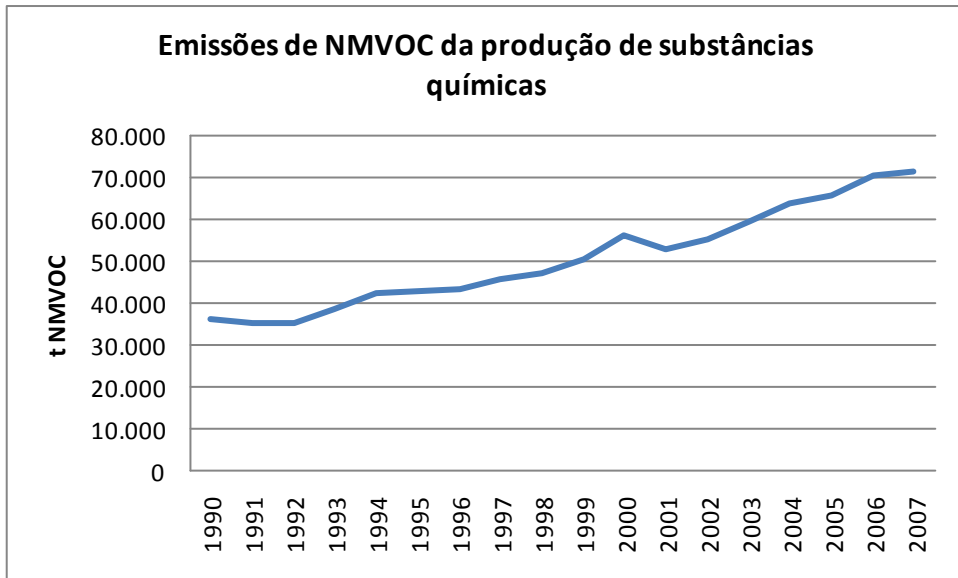


Gráfico VI - Emissões de NMVOC pelos processos produtivos da indústria química



1. Introdução

A experiência de uma série de países confirmou as contribuições significativas da produção de vários produtos químicos orgânicos e inorgânicos para os níveis nacionais e globais das emissões de gases de efeito estufa da indústria química. Essas emissões do setor químico no Brasil estão associadas às produções de amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, carbureto de cálcio, dos petroquímicos (metanol, eteno, dicloroetano e cloreto de vinila, óxido de eteno e acrilonitrila) e negro-de-fumo. Adicionalmente, outros químicos como resinas ABS, Anidrido ftálico, Borracha de butadieno estireno (SBR), Estireno, Etilbenzeno, Formaldeído, Policloreto de Vinila - PVC, Poliestireno, Polietileno PEAD, Polietileno PEBD, Polietileno PELBD, Polipropileno e Propeno produzem emissões indiretas de compostos orgânicos voláteis como SO₂, NO_x, NMVOC e CO.

A indústria química tem presença global e utiliza materiais ricos em carbono, tanto como matéria-prima como fonte de energia, o que faz com que a discussão sobre as mudanças climáticas seja tratada como um tema de relevância para o setor. A produção e uso desses químicos geram gases de efeito estufa - GEE, razão pela qual as ações deste setor industrial são relevantes para ajudar na solução dos problemas advindos das mudanças climáticas.

1.1 Ações da indústria química nacional na redução dos GEE

Desde 1992, as empresas associadas à ABIQUIM vêm implementando o *Programa Atuação Responsável*®, programa setorial de gestão integrada de saúde, segurança, meio ambiente, proteção empresarial, responsabilidade social e qualidade. Tal Programa inclui os seguintes princípios:

- a) melhoria contínua do desempenho da indústria química na proteção do meio ambiente com a redução contínua das emissões por tonelada de produto produzido e;
- b) transparência das ações, com a publicação, desde 1999, dos indicadores de desempenho, particularmente sobre as emissões gasosas, os efluentes líquidos e os resíduos sólidos.

A ABIQUIM tem incentivado as empresas químicas associadas, sob o guarda-chuva do Protocolo de Quioto, das Mudanças Climáticas, e das Diretrizes do *Programa Atuação Responsável*®, a realizar investimentos para reduzir, voluntariamente, as emissões de gases com potencial de gerar o efeito estufa nas unidades industriais químicas, através da implementação de projetos de

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL¹, e de Programas de Produção mais Limpa (P+L), ações de redução de emissões recomendadas e difundidas pela ABIQUIM².

É necessário destacar, também, o esforço das empresas em reduzir as emissões de dióxido de carbono geradas durante a combustão de hidrocarbonetos, em fornos, fornalhas e caldeiras, através da utilização de combustíveis mais limpos, implementando, também, projetos MDL. Porém tais emissões não fazem parte do escopo deste relatório de referência.

Os resultados das ações podem ser observados nos gráficos seguintes relacionados com a redução da emissão de dióxido de carbono por tonelada de produto produzido na indústria química, pela utilização de combustíveis mais limpos e combustíveis renováveis.

Gráfico 1 - Consumo de combustíveis renováveis

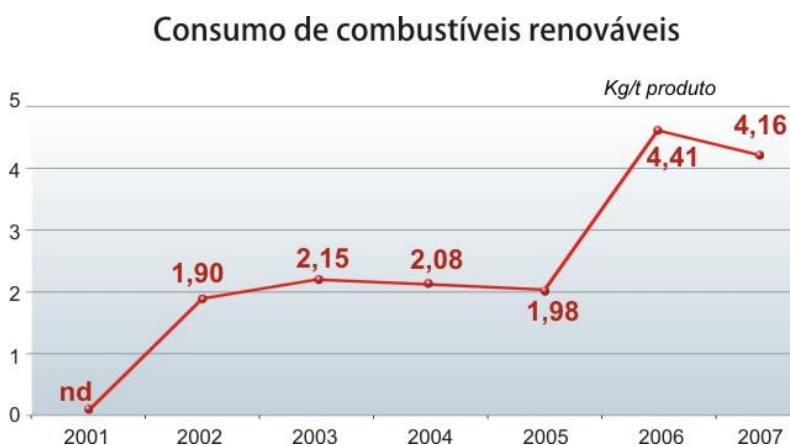


Gráfico 2 - Consumo de óleo combustível e carvão



¹ Um dos três mecanismos do Protocolo de Quioto.

² Posição da indústria química brasileira em relação à mudança climática - ABIQUIM.

Gráfico 3 - Consumo de gás natural como combustível

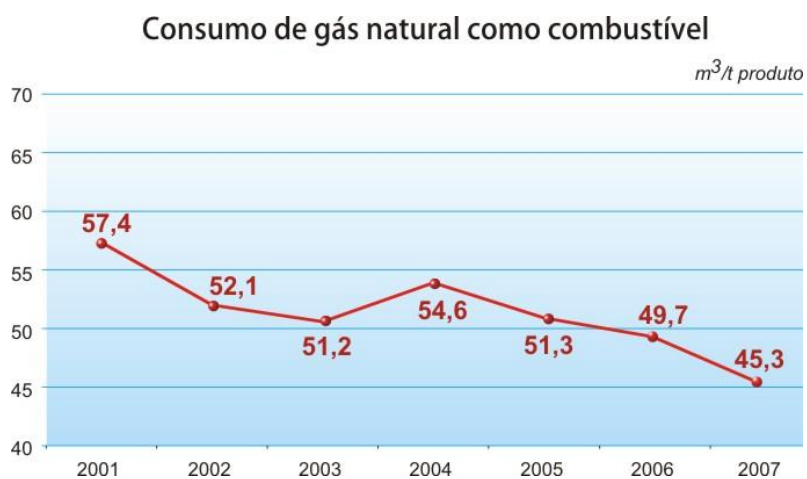
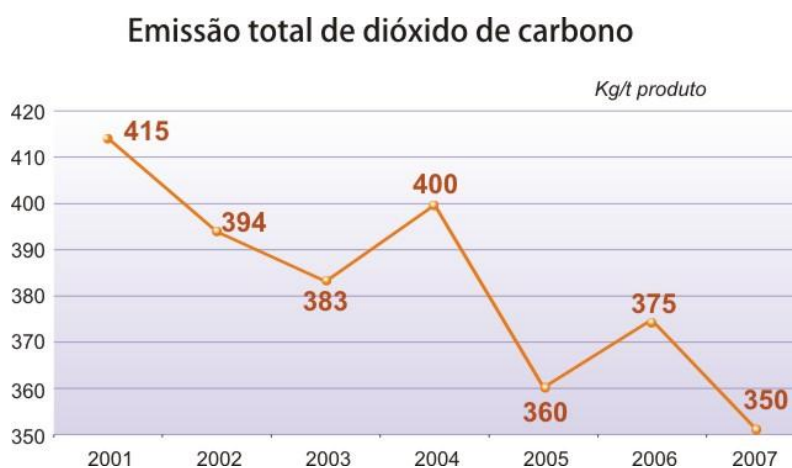


Gráfico 4 - Emissão total específica de CO₂ para todos os produtos químicos



2. Processos produtivos analisados

A seguir são apresentados os processos produtivos da indústria química no Brasil que geram gases de efeito estufa.

2.1 Produção de Amônia

A amônia é um dos produtos químicos básicos, produzido em grandes quantidades, utilizado como fonte de nitrogênio. É matéria-prima para a fabricação de ureia, o principal fertilizante nitrogenado, e para a produção de ácido nítrico, intermediário na produção de nitrato de amônio fertilizante e nitrato de amônio explosivo.

Aproximadamente, 10% da produção de amônia são destinados à produção de aminas e outros compostos orgânicos, como fluidos refrigerantes que substituem gases destruidores da camada de ozônio, e na produção de ureia grau técnico utilizada como insumo químico em outros processos produtivos.

A produção de amônia requer uma fonte de hidrogênio e outra de nitrogênio. A fonte de nitrogênio é o ar atmosférico. O hidrogênio pode ser obtido de diferentes matérias-primas como: resíduo asfáltico (tecnologia desenvolvida pela Shell e a Texaco); gás residual de refinaria (tecnologia desenvolvida pela Petrobras/Fosfértil/Ultrafértil); gás natural (tecnologia com uma dezena de fornecedores); nafta petroquímica (tecnologia com uma dezena de fornecedores); etanol (matéria-prima já processada na unidade industrial da Fosfertil-Cubatão-São Paulo, com adaptação tecnológica desenvolvida pela Fosfertil/Ultrafértil).

Como subproduto da fabricação de amônia é gerado dióxido de carbono (CO_2), que é liberado na atmosfera. Entretanto, quando há integração com uma planta de ureia ou de metanol, parte do CO_2 é utilizada como matéria-prima na produção desses produtos. Alternativamente, o CO_2 também pode ser recuperado para utilização como fluido refrigerante, na carbonatação de líquidos e como gás inerte. Em todos esses casos, porém, o CO_2 utilizado não é descontado das emissões, pois acaba sendo emitido a curto prazo, quando de sua utilização.

2.2 Produção de Ácido Nítrico

O ácido nítrico (HNO_3) é um composto inorgânico usado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos. É o composto mais importante como insumo na fabricação de ácido

adípico, como intermediário na produção de ácido nítrico concentrado, para agente de nitração de compostos orgânicos e, também, na fabricação de explosivos.

O processo de produção tradicional e comercialmente disponível do ácido nítrico envolve a oxidação catalítica de amônia com o ar e as reações subsequentes dos produtos da oxidação com a água, através do processo de Ostwald. Tal processo básico envolve as três reações químicas representadas nas equações abaixo:

Oxidação catalítica da amônia (NH₃) com o oxigênio (O₂) da atmosfera para obtenção de óxido nítrico (NO):



Oxidação do NO para formação de dióxido de nitrogênio (N₂O₄):



Absorção dos óxidos de nitrogênio (NO₂) com água para obtenção de HNO₃:



Usando um catalisador apropriado, é possível converter grande parte (de 92% a 98%) da amônia em óxido nítrico (Equação 1 acima). O restante participa das seguintes reações colaterais indesejáveis, sendo que apenas na Equação 4 ocorre a formação de N₂O:



Há, portanto, pela Equação 4, geração do gás de efeito estufa N₂O, óxido nitroso.

As fábricas instaladas no país podem ser classificadas pelo seu processo de operação, seja a vácuo, a baixa, média ou alta pressão.

Nas unidades de produção no Brasil há controle das emissões de NO e NO₂ (óxido nítrico e dióxido de nitrogênio, genericamente denominados de NO_x), de acordo com os padrões estabelecidos

pelos órgãos de controle do meio ambiente. As tecnologias utilizadas no país para o controle dessas emissões são: absorção estendida; destruição catalítica não-seletiva, e destruição catalítica seletiva.

A partir do final de 2006 começaram a ser desenvolvidos no Brasil projetos MDL que envolviam a instalação de catalisadores secundários para destruição de N_2O , com geração de redução certificadas de emissões - RCEs, os chamados créditos de carbono.

2.3 Produção de Ácido Adípico

O ácido adípico é um sólido cristalino branco que é utilizado como intermediário na fabricação de fibras sintéticas, plásticos, poliuretanos, elastômeros e lubrificantes sintéticos. Comercialmente é o mais importante ácido alifático dicarboxílico, usado na fabricação de poliéster e nylon 6.6.

A única planta de ácido adípico, no Brasil, utiliza a tecnologia de produção de dois estágios. O primeiro envolve a oxidação do cicloexano para formar a mistura cicloexanona/cicloexanol. O segundo estágio envolve o processo de oxidação do cicloexanol por meio de ácido nítrico. Neste último estágio é que é emitido o gás de efeito estufa óxido nitroso (N_2O).

No final de 2005 foi registrado no Conselho Executivo do MDL projeto de destruição de N_2O dessa fábrica, com geração de RCEs a partir de 2007. Foi construída uma instalação dedicada à conversão, em alta temperatura, de óxido nitroso em nitrogênio, no processo de decomposição térmica do N_2O .

2.4 Produção de Caprolactama

O uso industrial primário da caprolactama é como um monômero na produção de nylon-6. Esse químico também é usado na fabricação de plásticos, cerdas, filmes, coberturas, carpetes, couro sintético, plastificantes, tintas automotivas. Uma característica é que é biodegradável e atinge uma remoção de até 94% da demanda química de oxigênio em sistemas de lodos ativados.

A produção brasileira de caprolactama parte da hidrogenação do benzeno a cicloexano, oxidação a cicloexanol e cicloexanona com ácido nítrico, etapa em que é gerado o óxido nitroso, N_2O , seguida da desidrogenação do cicloexanol produzido e posterior reação com sulfato.

Encontra-se em desenvolvimento uma tecnologia de produção da caprolactama a partir da lisina, um produto derivado da cana-de-açúcar.

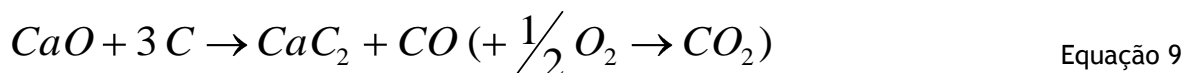
2.5 Produção e uso do Carbureto de Cálcio

O Carbureto de Cálcio (CaC_2) é produzido a partir da calcinação do calcário (CaCO_3) e da subsequente redução da cal (CaO) com coque de petróleo ou carvão vegetal (C). Esses dois tipos de agentes redutores são utilizados no Brasil.

Tanto o processo de calcinação (Equação 8) quanto o de redução (Equação 9) emitem dióxido de carbono (CO_2) conforme as reações abaixo:



e



As emissões da Equação 8 já foram abordadas no Relatório de Referência “Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais - Produtos Mineraiis (Parte II)” e, portanto, não farão parte deste Relatório.

O uso de matérias-primas como o coque de petróleo e o carvão vegetal no processo produtivo do CaC_2 gera emissões de monóxido de carbono (CO) e CO_2 , conforme demonstrado acima. Porém, apenas as emissões provenientes do redutor fóssil - coque de petróleo - são consideradas neste inventário, sendo as emissões relativas ao uso do carvão vegetal consideradas renováveis. No Brasil, o gás CO é reaproveitado para fins energéticos.

Em torno de 67% do carbono contido no coque de petróleo fica retido no produto final (CaC_2), porém as aplicações do CaC_2 produzido no Brasil acabam resultando em mais emissões. São elas:

- Aplicação siderúrgica: Dessulfuração do aço no Brasil e no exterior; e
- Produção de acetileno no Brasil e no exterior.

Portanto, o carbono estocado no CaC_2 acaba finalmente sendo emitido como CO_2 quando utilizado.

2.6 Produção de Dióxido de Titânio

O dióxido de titânio, também conhecido como óxido de titânio (IV) ou titânia, encontra-se na natureza. Quando usado como pigmento, é chamado de titânio branco ou pigmento branco. Tal composto é utilizado em uma grande variedade de aplicações, em tintas, em protetores solares ou mesmo como corante alimentar.

Para a produção de dióxido de titânio, existem duas rotas tecnológicas: a do ácido sulfúrico e a do cloro.

A rota que utiliza o ácido sulfúrico como agente de ataque do titanato de ferro ou do titânio “slag” não gera gases efeito estufa. Já o processo cloro compreende a cloração carbotérmica do mineral rutilo para produção de tetracloreto de titânio, com a consequente formação do dióxido de carbono (CO₂). Esse último processo é o mais utilizado mundialmente.

A indústria instalada no país, no entanto, utiliza a rota sulfato, que é a mais antiga e tem como matérias-primas a ilmenita e a escória. Assim, no Brasil, não há emissão de GEE na produção de dióxido de titânio.

2.7 Produção de Petroquímicos e de Negro-de-Fumo

A indústria petroquímica utiliza combustíveis fósseis como gás natural ou produtos de refinaria como nafta, por exemplo, como matérias-primas. O mesmo ocorre no processo produtivo do negro-de-fumo, apesar de este não ser considerado como um produto petroquímico. A seguir são apresentados os produtos petroquímicos e negro-de-fumo que tiveram suas emissões estimadas neste 2º Inventário Nacional.

2.7.1 Metanol

O principal uso do metanol é na produção do formaldeído aplicado na produção de resinas para uso na indústria de móveis e compensados. Também é usado na produção de biodiesel, embora, nesta aplicação, o metanol seja reciclável.

As tecnologias de produção de metanol precisam de hidrogênio (H), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂). No Brasil, o processo utilizado é a síntese em baixas e altas pressões, cujas matérias-primas são o gás natural (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂).

O gás natural, alimentado no reator de síntese utiliza a reformação primária como processo para a geração do H e CO. A matéria-prima CO₂ é obtida reciclando parcialmente o gás produzido na etapa de conversão do monóxido de carbono. Alternativamente, o CO₂ pode ser obtido como subproduto de outro processo produtivo, como a produção de amônia, por exemplo.

Os principais gases de efeito estufa emitidos são: dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄).

2.7.2 Eteno (ou Etileno)

O eteno é o hidrocarboneto primário produzido em maior quantidade no país e um dos principais da cadeia de valor da indústria petroquímica. É utilizado no processo de produção de plásticos incluindo os polietilenos de alta e baixa densidade, cloreto de polivinila, sendo também usado como matéria-prima para fabricação de cloreto de vinila, óxido de eteno, etilbenzeno e dicloroeteno.

Universalmente, é produzido através do craqueamento de matérias-primas petroquímicas. A produção de etileno também gera, como substâncias secundárias, propileno, butadieno e compostos aromáticos. A rota tecnológica utilizada no Brasil é o tradicional processo de craqueamento de nafta. Entretanto em 2004, foi introduzido, pela primeira vez, o gás natural como matéria-prima do processo de pirólise.

Os principais gases emitidos são dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), além do gás de efeito estufa indireto NMVOC.

Destaca-se que há previsão de incorporar, de forma pioneira na indústria química brasileira, a partir de 2010, uma nova matéria-prima para a produção de eteno: o etanol. Tal matéria-prima é de fonte renovável e com a implantação de novas fábricas de produção a partir dessa rota tecnológica, haverá, nos próximos anos, uma redução expressiva nas emissões de GEE a partir da produção de eteno. Essa é mais uma das iniciativas da indústria química brasileira visando à utilização do MDL- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na viabilização da produção de eteno e seus produtos derivados a partir de uma fonte renovável.

2.7.3 Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)

O dicloroetano (1,2 dicloroetano) é um dos primeiros hidrocarbonetos clorados sintetizado em 1795, apresentando-se como um líquido oleoso de cor clara com odor adocicado de clorofórmio. É utilizado como intermediário na produção de cloreto de vinila - MVC, solventes, hidrocarbonetos policlorados, etilenoglicol e outros. Também é empregado como solvente para graxas, óleos e

gorduras, limpeza industrial, aditivo para combustíveis e em formulações de solventes. É também bastante difundido na extração de produtos naturais como esteróides, vitamina A, cafeína e nicotina.

Já o MVC é aplicado como intermediário na produção do cloreto de polivinila, amplamente usado na fabricação de materiais e fios elétricos, material de construção civil, tubos, conexões e embalagens.

A produção de MVC e dicloroetano no Brasil utiliza a rota tecnológica de cloração direta e oxicloração do eteno, sendo usado o cloreto de hidrogênio gerado no craqueamento do dicloroetano. A planta de produção de MVC e dicloroetano pode operar como “processo balanceado” entre os dois produtos. Como o processo não atinge 100% de conversão do eteno, uma pequena porcentagem da matéria-prima não é convertida. Assim, os gases exaustos são tratados para eliminar os compostos clorados formados em reações secundárias. O eteno não-reagido é convertido em CO₂ e os compostos clorados sofrem um processo de redução catalítica. Assim, os gases limpos são enviados para a atmosfera atendendo as exigências do órgão de controle ambiental.

Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), além do NMVOC, indireto.

2.7.4 Óxido de Eteno

O principal uso de óxido de eteno, ou etileno, no mundo é na produção de etilenoglicol, comumente conhecido por seu uso como um refrigerante automotivo e anticongelante. Esse produto químico também é utilizado na produção de polímeros de poliéster, como intermediário na produção de éteres, álcoois superiores e aminas. Já no Brasil, o principal uso é na produção de glicóis. Adicionalmente, o óxido de eteno é largamente aplicado na esterilização de suprimentos médicos tais como ataduras, suturas, e instrumentos cirúrgicos.

Ele pode ser produzido por via duas rotas tecnológicas. A primeira inicia com a reação do cloro sobre o eteno na presença de água, seguida da desidrocloração da cloridrina de eteno formada. A segunda utiliza oxidação direta do eteno por meio do ar. Esta última é o processo adotado na produção do óxido de eteno no Brasil.

Os principais gases emitidos são dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄).

2.7.5 Acrilonitrila

A acrilonitrila é utilizada na manufatura de fibras acrílicas, sínteses orgânicas, fumigantes, surfactantes e corantes. Os compostos mais conhecidos que a utilizam são:

- As borrachas de NBR (Butadieno-Acrilonitrila) usadas em aplicações envolvendo resistência a óleo e combustível, em áreas que requerem resistência a líquidos e gases apolares, baixa resiliência, resistência à compressão e à tração;
- As resinas ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) para uso em aplicações onde a flexibilidade de design é necessária como no mercado de eletrodomésticos portáteis, brinquedos, componentes e acessórios para banheiro, complementos para a indústria moveleira, perfumaria e cosméticos; na indústria automotiva;
- A mistura ABS/PA, resina que oferece a nitidez, resistência, rigidez e processabilidade do estireno juntamente com a resistência a produtos químicos e ao calor da acrilonitrila, é utilizada para moldar peças interiores de automóveis tais como console central, botões de controle de ventilação, coberturas de *air bag* e de rádios, tampa do porta-luvas, tetos de tratores, e exteriores (espelhos retrovisores, pára-choques de carros, caminhões e ônibus).

O processo de produção instalado no Brasil utiliza a tecnologia Sohio de reação catalítica de propeno, amônia e ar, usados como matérias-primas. O processo produz acrilonitrila como produto primário e acetonitrila e ácido cianídrico como produtos secundários. A amoniação do propeno não rende 100% de acrilonitrila e, por isso, uma pequena fração do propeno é convertida em CO₂ por oxidação direta ou convertida em outros hidrocarbonetos por reações paralelas ocorridas durante o processo de amoniação.

Considerando as premissas acima, os principais gases emitidos são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), além do NMVOC.

2.7.6 Negro-de-fumo

O principal uso do negro-de-fumo é como aditivo na borracha para a fabricação de pneumáticos. Outro uso importante é como pigmento na fabricação de tintas.

Os processos de produção de negro-de-fumo partem da oxidação parcial de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos, sendo que, no Brasil, o resíduo aromático é a principal matéria-prima associada com óleo combustível pesado (nafténico), na etapa de geração do negro-de-fumo. Como combustível secundário ou como matéria-prima secundária utiliza-se gás natural ou óleo

combustível. Durante o processo de produção é gerado um gás de purga que contém dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e outros compostos orgânicos voláteis. Tal gás de purga é utilizado como combustível para a geração de calor, quando então estas duas últimas substâncias são convertidas em CO_2 .

Os principais gases emitidos são o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4).

2.8 Produção de Ácido Fosfórico

O ácido fosfórico é utilizado principalmente para a produção de fertilizantes fosfatados, sendo os mais representativos o fosfato monoamônico, o fosfato diamônico, o superfosfato simples e o superfosfato triplo.

As matérias-primas utilizadas para a produção de ácido fosfórico são o ácido sulfúrico e a rocha fosfática, como fonte de fósforo. Esta última contém, em menor ou maior concentração, carbono inorgânico na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3) que é parte integrante do mineral. O carbonato contido na rocha reage com o ácido sulfúrico produzindo como subprodutos gesso agrícola e CO_2 .

2.9 Outros produtos químicos

Existem outros produtos químicos não listados nos *Guidelines 2006*, mas cuja produção emite gases de efeito estufa indireto, tais como: ABS, Anidrido ftálico, Borracha de butadieno estireno (SBR), Estireno, Etilbenzeno, Formaldeído, Policloreto de Vinila - PVC, Poliestireno, Polietileno PEAD, Polietileno PEBD, Polietileno PELBD, Polipropileno e Propeno. As emissões correspondentes de NO_x , NMVOC e CO são cobertas apenas pelos *Guidelines 1996*.

3 Metodologia

As metodologias aplicadas nas estimativas de emissões de CO_2 , N_2O e CH_4 a partir dos processos industriais dos produtos químicos foram as incluídas nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa de 2006 do IPCC, *Guidelines 2006*, mais completas, quando não conflitantes com as orientações das Diretrizes Revisadas de 1996 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, *Guidelines 1996*. Já as emissões dos gases CO, NO_x e NMVOC, de efeito estufa indireto, foram estimados através do *Guidelines 1996*.

O método mais simples para estimativa das emissões, o *Tier 1*, envolve a multiplicação de um fator de emissão *default* por um dado de atividade, normalmente o quantitativo da produção em si; já o método *Tier 2*, baseia-se no balanço de massa do processo e o *Tier 3*, o mais acurado, envolve medições diretas específicas, tendo sido usado nos casos envolvendo projetos de MDL.

4 Dados

Nesta seção são apresentados os fatores de emissão e dados de atividade para as estimativas das emissões dos gases de efeito estufa direto e indireto. Os dados sobre a produção dos químicos foram obtidos nos Anuários estatísticos da ABIQUIM (ABIQUIM 1993, 1997, 2000, 2005 e 2008), que reúne os fabricantes de produtos químicos no país. Os dados de atividade para todos os anos estão no Anexo.

4.1 Amônia

Para as emissões de CO₂ foi aplicado o *Tier 3* pelas próprias empresas, com a medição de combustíveis utilizados como matérias-primas no processo, conforme os *Guidelines 2006* sem o desconto da parcela de CO₂ destinada à produção de uréia nas plantas integradas conforme orientação do *Guidelines 1996*.

Por razões de sigilo industrial, as fábricas não divulgaram esses dados básicos, podendo-se apenas indicar os fatores de emissão médios referentes às três das rotas existentes no país:

- Resíduo asfáltico: 2,0 t de CO₂/t de amônia;
- Gás de refinaria: 1,3 t de CO₂/t de amônia; e
- Gás Natural: 1,2 t de CO₂/t de amônia.

Considerando-se as matérias-primas utilizadas no Brasil e seus respectivos FEs acima, obteve-se um valor médio para o fator de emissão nacional de 1,46 t de CO₂/t de amônia, que foi aplicado para todos os anos do período 1990 a 2005.

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção de amônia no país.

Tabela 1 - Produção de amônia

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Amônia | 1.152.563 | 1.156.830 | 1.139.109 | 1.316.154 | 14,2 |

4.2 Ácido Nítrico

Para as emissões de N₂O foram utilizados diferentes métodos, dependendo da planta.

Para aquelas plantas que realizaram projetos de MDL³, foi possível a aplicação do método mais acurado, *Tier 3* dos *Guidelines 2006*. Tal método utiliza dados de medições diretas que resultam em fatores de emissões específicos para cada planta. Já para as demais foi utilizado o método *Tier 1*, com aplicação dos fatores de emissão *default* dos *Guidelines 2006*.

Os fatores de emissão utilizados nas estimativas são abertos por tipo de tecnologia e indicados como valores *default* ou medidos.

- Planta de baixa pressão: 4,89 kg N₂O /t de ácido nítrico - valor medido;
- Plantas de média pressão:
 - ⇒ 8,14 kg de N₂O/t de ácido nítrico - valor medido;
 - ⇒ 6,01 kg de N₂O/t de ácido nítrico - valor medido;
 - ⇒ 7,00 kg de N₂O/t de ácido nítrico - valor *default* (IPCC, 2006)
- Planta à vácuo: 5 kg N₂O/t de ácido nítrico - valor *default* (IPCC, 2006);

Após julho de 2007, com a implementação de um projeto MDL em uma planta de média pressão, o fator de emissão medido dessa planta foi reduzido de 6,01 kg N₂O/t ácido nítrico para 0,52 kg N₂O/t ácido nítrico, claramente indicando ótimos resultados para a redução de gases de efeito estufa nesse processo.

Já para as emissões de NO_x foi aplicado o fator de emissão 1,75 kg NO_x /t ácido nítrico, em função do controle de emissões desses gases no país, valor abaixo do *default* de 12 kg NO_x /t ácido nítrico dos *Guidelines 1996*.

Na unidade que utiliza tecnologia de alta pressão, integrada à produção de amônia, os óxidos de nitrogênio, incluído o N₂O, são destruídos num sistema que utiliza queima de combustíveis.

Com a entrada em operação de novos sistemas de redução de emissão nas outras plantas, espera-se diminuir ainda mais o fator de emissão médio para o parque industrial instalado no país.

³ PAN2 e PAN4 da Fosfertil e Paulínia da Rhodia.

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção de ácido nítrico no país, sem a planta de alta pressão.

Tabela 2 - Produção de ácido nítrico

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Ácido Nítrico | 295.824 | 326.489 | 336.025 | 363.422 | 22,9 |

4.3 Ácido Adípico

Para as emissões de N₂O foi aplicado o método mais acurado, *Tier 3* dos *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados de produção da própria planta e o fator de emissão medido diretamente através de amostragens periódicas. Tais medições foram realizadas visando o projeto de MDL, que requer dados medidos para sua execução. Assim, as emissões de N₂O foram aferidas por um determinado período que refletiu o padrão usual de operação da planta da Rhodia.

O fator de emissão de N₂O medido corresponde a 0,270 t N₂O/t ácido adípico, aplicado ao período 1990-2006. Após a implementação do projeto MDL houve uma redução significativa nas emissões, onde o novo fator de emissão, também obtido por medições, foi de 0,00625 t N₂O/t ácido adípico no ano de 2007.

Em relação aos gases de efeito estufa indireto, foram estimados com fatores de emissão nacionais, em função do controle de emissões desses gases no país. As emissões de monóxido de carbono (CO) foram estimadas com o fator de 16 kg CO /t ácido adípico, abaixo do *default* dos *Guidelines 1996*, 34,4 kg CO /t ácido adípico. Já para as emissões de NO_x foi aplicado o fator de emissão 5 kg NO_x /t ácido adípico, valor abaixo do *default* de 8,1 kg NO_x /t ácido adípico dos *Guidelines 1996*.

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção nacional de ácido adípico.

Tabela 3 - Produção de ácido adípico

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Ácido Adípico | 31.951 | 51.825 | 64.862 | 75.147 | 135,2 |

4.4 Caprolactama

Para as emissões de N₂O foi aplicado o método *Tier 3* dos *Guidelines 2006*. Tal método utiliza as medições de N₂O realizadas pelas plantas. O fator de emissão médio resultante dessas medições, aplicado para todo o período, foi de 6 kg N₂O / t caprolactama, em contraposição ao fator *default* de 9,0 kg N₂O / t caprolactama.

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção nacional de caprolactama.

Tabela 4 - Produção de caprolactama

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Caprolactama | 42.059 | 50.838 | 56.005 | 49.655 | 18,1 |

4.5 Carbureto de Cálcio

As emissões de CO₂ foram estimadas utilizando-se o método *Tier 1* dos *Guidelines 2006*, com os dados de consumo de coque de petróleo para estimar as emissões associadas à produção do carbureto de cálcio - CaC₂. Para as emissões relativas ao consumo de carbureto, (e.g. aplicação em siderurgia e fabricação de acetileno), a quantidade produzida foi diminuída de uma pequena parte que é exportada, estimada em 15%, para todos os anos do relatório. Em ambos os casos são aplicados os fatores de emissão *default*: 1,7 t CO₂ / t coque consumido no processo e 1,10 t CO₂ / t CaC₂ consumido.

Os dados de produção e uso de combustíveis são confidenciais (White Martins, 2010).

4.6 Dióxido de Titânio

Conforme afirmado na apresentação da produção dessa substância, no Brasil não existem emissões de gases de efeito estufa em virtude da rota tecnológica usada no processo produtivo.

4.7 Petroquímicos e Negro de Fumo

4.7.1 Metanol

As emissões de CO₂ foram estimadas utilizando-se o método *Tier 1* dos *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados da produção nacional de metanol e aplica o fator de emissão *default* de 0,267 t CO₂ / t metanol, levando-se em conta o processo utilizado no Brasil.

As emissões de CH₄ também utilizaram o método *Tier 1*, com fator de emissão de 2,3 kg CH₄ / t metanol, que foi aplicado para todo o período.

4.7.2 Eteno

As emissões de CO₂ foram estimadas utilizando-se o método *Tier 1* dos *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados da produção nacional de eteno e aplica o fator de emissão *default* de 1,73 kg CO₂ / t eteno. De acordo com a metodologia, as emissões calculadas com esse fator devem ser corrigidas, no caso para a América do Sul, por um fator de 1,1 para corrigir para o mix de produção da linha do processo de craqueamento a vapor, que inclui, além do eteno, propileno, butadieno, aromáticos e outros químicos.

As emissões de CH₄ também utilizaram o método *Tier 1*, com um fator de emissão de 3 kg CH₄ / t eteno, que foi aplicado para todo o período.

A partir de 2006, com a entrada em operação da planta que utiliza gás natural, os fatores passaram a ser calculados a partir das medições específicas das plantas do consumo de matérias-primas fósseis. Os FEs de 2006 em diante passaram a ser 1,74 kg CO₂ / t eteno e 3,54 kg de CH₄/t de eteno.

Para gases de efeito estufa indireto foi usado o fator de emissão *default* dos *Guidelines 1996*, de 1,4 kg NMVOC / t eteno.

4.7.3 Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)

Tanto para as emissões de CO₂ quanto para as de CH₄ foi utilizado *Tier 1* dos *Guidelines 2006*.

O fator de emissão de 0,294 t CO₂ / t cloreto de vinila foi usado para estimar as emissões de CO₂ da produção integrada dicloroetano - cloreto de vinila. Da mesma forma, o fator de emissão de CH₄ foi de 0,0226 kg CH₄ / t cloreto de vinila cobre as emissões da produção integrada dos dois compostos.

As emissões dos gases de efeito estufa indireto foram estimadas com os mesmos fatores de emissão usados no Inventário Inicial, de 8,5 kg NMVOC / t cloreto de vinila, determinados pelos autores e pela ABIQUIM, e de 2,2 kg NMVOC / t dicloroetano, conforme os *Guidelines 1996*.

A produção de cloreto de vinila (MVC), utilizada como dado de atividade, foi a publicada nos Anuários ABIQUIM.

4.7.4 Óxido de Eteno

Para as emissões de CO₂ foi utilizado o método *Tier 2* dos *Guidelines 2006*, quando se usa o balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão assim calculado foi de 0,52 t CO₂ / t óxido de eteno, relacionado principalmente com a seletividade e eficiência do catalisador utilizado no processo de produção, e foi aplicado para todos os anos do período 1990 a 2005.

Nas emissões de CH₄ foi utilizado o *Tier 1*, com o fator de emissão de 1,79 kg CH₄ / t óxido de eteno.

4.7.5 Acrilonitrila

Para as emissões de CO₂ foi utilizado o método *Tier 2* dos *Guidelines 2006*, usando-se o balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão calculado foi de 0,2325 t CO₂ / t acrilonitrila, tendo sido aplicado para todos os anos do período 1990 a 2005.

Nas emissões de CH₄ foi utilizado o método *Tier 1*, com o fator de emissão *default* de 0,18 kg CH₄ / t acrilonitrila.

As emissões dos gases de efeito estufa indireto foram estimadas pelos *Guidelines 1996*, com o fator de emissão de 1 kg NMVOC / t acrilonitrila.

4.7.6 Negro-de-fumo

Para as emissões de CO₂ foi utilizado o método *Tier 2* dos *Guidelines 2006*, de balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão calculado até 2003 é de 1,989 tCO₂ / t negro-de-fumo. De 2004 em diante, devido a entrada em

operação de uma planta com menos emissões, o fator de emissão é recalculado e cai para 1,618 t de CO₂ / t negro-de-fumo.

Nas emissões de CH₄ foi utilizado o método *Tier 1*, com o fator de emissão *default* de 0,06 kg CH₄ / t negro-de-fumo.

Para os gases de efeito estufa indireto, mantiveram-se as estimativas do Inventário Inicial, quando apenas foram consideradas emissões de NO_x, com o fator de emissão de 0,14 kg NO_x / t negro-de-fumo, determinados pelos autores e pela ABIQUIM.

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção nacional de metanol, eteno, cloreto de vinila, óxido de eteno, acrilonitrila e negro-de-fumo.

Tabela 5 - Produção de petroquímicos e negro-de-fumo

| Produto químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Metanol | 168.557 | 222.310 | 211.584 | 240.360 | 42,6% |
| Eteno | 1.499.714 | 1.895.754 | 2.633.818 | 2.699.831 | 80,0% |
| Cloreto de Vinila | 480.415 | 409.757 | 424.732 | 609.207 | 26,8% |
| Dicloroetano | 538.183 | 499.934 | 541.335 | 581.366 | 8,0% |
| Óxido de Eteno | 127.221 | 163.473 | 256.035 | 297.183 | 133,6% |
| Acrilonitrila | 78.000 | 76.522 | 87.361 | 76.780 | -1,6% |
| Negro-de-fumo | 178.395 | 204.301 | 229.860 | 280.140 | 57,0% |

4.8 Ácido Fosfórico

A metodologia de cálculo utilizada para quantificar a emissão de dióxido de carbono na produção de ácido fosfórico, considera que todo o carbono inorgânico (carbonato de cálcio), contido na rocha, reage formando CO₂ e que todo o carbono orgânico contido na rocha permanece no ácido fosfórico produzido. Como a composição da rocha fosfática varia dependendo do local de procedência, foi assumido, tomando como referência o concentrado com as rochas de Catalão, Tapira, Araxá, um valor médio do conteúdo de carbono inorgânico (carbonato de cálcio) de 0,6%, que representa 2,2% de CO₂ (CEPED, 2006).

Na **Tabela 6** são apresentados os dados de rocha fosfática consumida para produção primária de Ácido Fosfórico:

Tabela 6 - Quantidade de rocha fosfática consumida na produção primária de ácido fosfórico

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| Concentrado fosfático | 2.817.000 | 3.937.000 | 4.725.106 | 5.631.000 | 99,9 |

4.9 Outros produtos químicos

Para os produtos químicos desta seção foram calculadas as emissões de gases de efeito estufa indireto com fatores de emissão utilizados no Inventário Inicial, listados na Tabela abaixo. Em geral são fatores *default* dos *Guidelines 1996*, mas alguns foram derivados de tecnologias sugeridas pelo CORINAIR (anidrido ftálico, policloreto de vinila - PVC e poliestireno) ou determinados pelos autores e pela ABIQUIM (borracha de butadieno estireno - SBR).

Tabela 7 - Fatores de emissão de NMVOC para outros produtos químicos

| Produto químico | (kg NMVOC / t produto químico) |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| ABS | 27,2 |
| Anidrido Ftálico | 1,3 |
| Borracha de butadieno estireno (SBR) | 5,8 |
| Estireno | 18 |
| Etilbenzeno | 2 |
| Formaldeído | 5 |
| Policloreto de vinila (PVC) | 1,5 |
| Poliestireno | 3,3 |
| Polietileno PEAD | 6,4 |
| Polietileno PEBD | 3 |
| Polietileno PELBD | 2 |
| Polipropileno | 12 |
| Propeno | 1,4 |

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção de outras substâncias químicas.

Tabela 8 - Dados de atividade para outros produtos químicos

| Químico | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Var. 1990/2005 |
|--------------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | (t) | | | | (%) |
| ABS | 27.000 | 32.100 | 33.000 | 33.000 | 22,2 |
| Anidrido Ftálico | 65.645 | 91.390 | 87.595 | 84.579 | 28,8 |
| Borracha de butadieno estireno (SBR) | 184.692 | 209.409 | 236.627 | 212.205 | 14,9 |
| Estireno | 306.217 | 261.613 | 406.225 | 405.205 | 32,3 |
| Etilbenzeno | 441.007 | 345.514 | 436.577 | 395.024 | -10,4 |
| Formaldeído | 177.391 | 261.775 | 357.262 | 508.680 | 186,8 |
| Policloreto de vinila PVC | 504.330 | 593.413 | 648.199 | 640.319 | 27,0 |
| Poliestireno | 134.105 | 153.641 | 175.575 | 317.434 | 136,7 |
| Polietileno PEAD | 322.219 | 478.549 | 891.050 | 812.160 | 152,1 |
| Polietileno PEBD | 626.028 | 609.248 | 646.832 | 681.686 | 8,9 |
| Polietileno PELBD* | 0 | 133.433 | 333.756 | 442.274 | 326,9 |
| Polipropileno | 303.841 | 521.540 | 847.639 | 1.212.200 | 299,0 |
| Propeno | 793.544 | 1.086.330 | 1.409.373 | 1.731.428 | 118,2 |

* A produção do polietileno PELBD começou no país no ano de 1993.

5 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados das emissões de CO₂, N₂O e CH₄ provenientes dos processos da indústria química brasileira, bem como dos gases indiretos CO, NO_x e NMVOC, por tipo de químico produzido.

Tabela 9 - Emissões de CO₂ da produção de substâncias químicas

| Ano | Produto Químico | | | | | | | | | Total |
|------|----------------------|---------------------|---------|-------|-------------------|----------------|--------------|---------------|-----------------|-----------|
| | Amônia | Carbureto de Cálcio | Metanol | Eteno | Cloreto de Vinila | Óxido de Eteno | Acrlonitrila | Negro-de-fumo | Ácido Fosfórico | |
| | (t CO ₂) | | | | | | | | | |
| 1990 | 1.682.742 | 0 | 45.005 | 2.849 | 141.242 | 66.155 | 18.135 | 354.827 | 61.974 | 2.372.929 |
| 1991 | 1.477.681 | 0 | 55.121 | 2.753 | 97.578 | 78.181 | 14.757 | 363.126 | 72.160 | 2.161.357 |
| 1992 | 1.516.117 | 0 | 54.587 | 2.861 | 98.132 | 74.141 | 17.265 | 370.793 | 62.150 | 2.196.045 |
| 1993 | 1.683.871 | 0 | 59.700 | 3.248 | 112.256 | 77.730 | 17.451 | 392.326 | 75.240 | 2.421.822 |
| 1994 | 1.688.972 | 0 | 59.357 | 3.602 | 120.469 | 85.006 | 17.791 | 406.355 | 86.614 | 2.468.165 |
| 1995 | 1.784.628 | 3.657 | 54.771 | 3.574 | 114.338 | 83.890 | 18.559 | 398.902 | 85.536 | 2.547.854 |
| 1996 | 1.753.529 | 22.779 | 59.745 | 3.564 | 127.382 | 77.510 | 18.237 | 402.142 | 84.106 | 2.548.994 |
| 1997 | 1.828.974 | 32.040 | 60.411 | 4.040 | 123.249 | 113.343 | 20.247 | 413.253 | 94.063 | 2.689.619 |
| 1998 | 1.717.589 | 24.527 | 56.123 | 4.284 | 121.916 | 134.688 | 14.893 | 419.953 | 97.271 | 2.591.244 |
| 1999 | 1.943.425 | 39.889 | 57.536 | 4.590 | 125.293 | 135.858 | 18.532 | 440.565 | 95.560 | 2.861.249 |
| 2000 | 1.663.099 | 50.613 | 56.493 | 5.004 | 124.871 | 133.138 | 20.311 | 457.191 | 103.952 | 2.614.673 |
| 2001 | 1.395.757 | 41.997 | 64.672 | 4.678 | 110.368 | 144.641 | 17.433 | 428.349 | 105.713 | 2.313.608 |
| 2002 | 1.566.815 | 54.118 | 64.105 | 4.587 | 114.367 | 130.699 | 18.668 | 441.964 | 111.841 | 2.507.165 |
| 2003 | 1.690.060 | 49.440 | 64.312 | 4.894 | 166.730 | 145.979 | 18.534 | 457.198 | 122.848 | 2.719.994 |
| 2004 | 1.933.739 | 40.881 | 73.050 | 5.135 | 173.150 | 154.254 | 18.500 | 450.333 | 125.180 | 2.974.223 |
| 2005 | 1.921.585 | 34.938 | 64.176 | 5.130 | 179.107 | 154.535 | 17.677 | 453.266 | 123.882 | 2.954.296 |
| 2006 | 1.967.712 | 45.979 | 64.176 | 5.455 | 202.231 | 150.656 | 19.874 | 453.267 | 127.622 | 3.036.972 |
| 2007 | 1.866.052 | 41.185 | 64.176 | 5.609 | 201.458 | 161.027 | 20.470 | 453.267 | 127.622 | 2.940.867 |

Tabela 10 - Emissões de CH₄ da petroquímicos e negro de fumo

| Ano | Produto Químico | | | | | | Total |
|------|----------------------|--------|-------------------|----------------|---------------|---------------|--------|
| | Metanol | Eteno | Cloreto de Vinila | Óxido de Eteno | Acrilonitrila | Negro-de-fumo | |
| | (t CH ₄) | | | | | | |
| 1990 | 388 | 4.499 | 10,9 | 228 | 14,0 | 10,7 | 5.150 |
| 1991 | 475 | 4.346 | 7,5 | 269 | 11,4 | 11,0 | 5.120 |
| 1992 | 470 | 4.517 | 7,5 | 255 | 13,3 | 11,2 | 5.274 |
| 1993 | 514 | 5.128 | 8,6 | 268 | 13,4 | 11,8 | 5.943 |
| 1994 | 511 | 5.687 | 9,3 | 293 | 13,8 | 12,3 | 6.526 |
| 1995 | 475 | 5.643 | 8,8 | 289 | 14,4 | 12,0 | 6.442 |
| 1996 | 515 | 5.627 | 9,8 | 267 | 14,1 | 12,1 | 6.445 |
| 1997 | 521 | 6.379 | 9,5 | 390 | 15,7 | 12,5 | 7.327 |
| 1998 | 484 | 6.764 | 9,4 | 464 | 11,5 | 12,7 | 7.745 |
| 1999 | 496 | 7.248 | 9,6 | 468 | 14,3 | 13,3 | 8.249 |
| 2000 | 487 | 7.901 | 9,6 | 458 | 15,7 | 13,8 | 8.885 |
| 2001 | 557 | 7.386 | 8,5 | 498 | 13,5 | 12,9 | 8.476 |
| 2002 | 552 | 7.243 | 8,8 | 450 | 14,1 | 13,3 | 8.281 |
| 2003 | 554 | 7.728 | 12,8 | 503 | 13,7 | 13,8 | 8.825 |
| 2004 | 629 | 8.108 | 13,3 | 531 | 15,0 | 16,7 | 9.313 |
| 2005 | 553 | 8.099 | 13,8 | 532 | 13,8 | 16,8 | 9.228 |
| 2006 | 637 | 11.098 | 15,5 | 519 | 15,3 | 16,8 | 12.301 |
| 2007 | 540 | 11.412 | 15,5 | 555 | 15,8 | 16,8 | 12.554 |

Tabela 11 - Emissões de N₂O da produção de substâncias químicas

| Ano | Produto Químico | | | Total |
|------|----------------------|---------------|--------------|--------|
| | Ácido nítrico | Ácido adípico | Caprolactama | |
| | (t N ₂ O) | | | |
| 1990 | 1.805 | 8.627 | 252 | 10.684 |
| 1991 | 1.924 | 11.253 | 283 | 13.460 |
| 1992 | 1.892 | 10.405 | 250 | 12.547 |
| 1993 | 1.997 | 13.841 | 305 | 16.143 |
| 1994 | 2.004 | 13.993 | 305 | 16.302 |
| 1995 | 2.044 | 15.083 | 316 | 17.442 |
| 1996 | 2.068 | 11.220 | 328 | 13.616 |
| 1997 | 2.122 | 9.657 | 336 | 12.115 |
| 1998 | 2.060 | 16.755 | 258 | 19.072 |
| 1999 | 2.058 | 16.625 | 303 | 18.985 |
| 2000 | 2.089 | 17.513 | 336 | 19.937 |
| 2001 | 2.055 | 13.901 | 291 | 16.248 |
| 2002 | 2.136 | 17.801 | 345 | 20.282 |
| 2003 | 2.141 | 16.194 | 293 | 18.628 |
| 2004 | 2.205 | 23.479 | 303 | 25.986 |
| 2005 | 2.236 | 20.290 | 298 | 22.824 |
| 2006 | 2.197 | 22.306 | 269 | 24.772 |
| 2007 | 2.204 | 555 | 277 | 3.035 |

Tabela 12 - Emissões de CO da produção de ácido adípico

| Ano | Emissões de CO |
|------|----------------|
| | (t) |
| 1990 | 511 |
| 1991 | 667 |
| 1992 | 617 |
| 1993 | 820 |
| 1994 | 829 |
| 1995 | 894 |
| 1996 | 665 |
| 1997 | 572 |
| 1998 | 993 |
| 1999 | 985 |
| 2000 | 1.038 |
| 2001 | 824 |
| 2002 | 1.055 |
| 2003 | 960 |
| 2004 | 1.391 |
| 2005 | 1.202 |
| 2006 | 1.322 |
| 2007 | 1.421 |

Tabela 13 - Emissões de NO_x da produção de substâncias químicas

| Ano | Produto Químico | | | Total |
|------|----------------------|---------------|---------------|--------------|
| | Ácido nítrico | Ácido adípico | Negro-de-fumo | |
| | (t NO _x) | | | |
| 1990 | 518 | 160 | 25 | 702 |
| 1991 | 549 | 208 | 26 | 783 |
| 1992 | 543 | 193 | 26 | 762 |
| 1993 | 570 | 256 | 28 | 854 |
| 1994 | 571 | 259 | 29 | 859 |
| 1995 | 582 | 279 | 28 | 890 |
| 1996 | 588 | 208 | 28 | 824 |
| 1997 | 600 | 179 | 29 | 808 |
| 1998 | 582 | 310 | 30 | 922 |
| 1999 | 586 | 308 | 31 | 925 |
| 2000 | 588 | 324 | 32 | 945 |
| 2001 | 581 | 257 | 30 | 868 |
| 2002 | 606 | 330 | 31 | 967 |
| 2003 | 612 | 300 | 32 | 944 |
| 2004 | 626 | 435 | 32 | 1.093 |
| 2005 | 636 | 376 | 39 | 1.051 |
| 2006 | 622 | 413 | 39 | 1.075 |
| 2007 | 624 | 444 | 39 | 1.107 |

Tabela 14 - Emissões de NMVOC da produção de petroquímicos

| Ano | Petroquímicos | | | | Subtotal |
|------|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------|
| | Eteno | Cloreto de Vinila | Dicloroetano | Acrilonitrila | |
| | (t NMVOC) | | | | |
| 1990 | 2.100 | 4.084 | 1.184 | 78 | 7.445 |
| 1991 | 2.028 | 2.821 | 813 | 63 | 5.726 |
| 1992 | 2.108 | 2.837 | 925 | 74 | 5.944 |
| 1993 | 2.393 | 3.246 | 1.089 | 74 | 6.802 |
| 1994 | 2.654 | 3.483 | 1.100 | 77 | 7.313 |
| 1995 | 2.634 | 3.306 | 1.088 | 80 | 7.107 |
| 1996 | 2.626 | 3.683 | 1.127 | 78 | 7.514 |
| 1997 | 2.977 | 3.563 | 1.248 | 87 | 7.875 |
| 1998 | 3.157 | 3.525 | 1.199 | 64 | 7.945 |
| 1999 | 3.382 | 3.622 | 1.230 | 80 | 8.314 |
| 2000 | 3.687 | 3.610 | 1.191 | 87 | 8.576 |
| 2001 | 3.447 | 3.191 | 941 | 75 | 7.654 |
| 2002 | 3.380 | 3.307 | 1.084 | 78 | 7.848 |
| 2003 | 3.606 | 3.509 | 1.188 | 76 | 8.379 |
| 2004 | 3.784 | 3.572 | 1.247 | 84 | 8.686 |
| 2005 | 3.780 | 3.879 | 1.279 | 77 | 9.015 |
| 2006 | 4.389 | 5.847 | 1.205 | 85 | 11.526 |
| 2007 | 4.513 | 5.824 | 1.180 | 88 | 11.606 |

Tabela 15 - Emissões de NMVOC da produção de outras substâncias químicas

| Ano | Outros químicos | | | | | | | | | | | | | Total (incluindo petroquímicos) |
|------|-----------------|------------------|--------------------------------------|----------|-------------|-------------|---------------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|---------------|---------|---------------------------------|
| | ABS | Anidrido Ftálico | Borracha de butadieno estireno (SBR) | Estireno | Etilbenzeno | Formaldeído | Policloreto de vinila PVC | Poliestireno | Poliétileno PEAD | Poliétileno PEBD | Poliétileno PELBD | Polipropileno | Propeno | |
| | (t NMVOC) | | | | | | | | | | | | | |
| 1990 | 734 | 85 | 1.071 | 5.512 | 882 | 887 | 756 | 443 | 2.062 | 1.878 | 0 | 3.646 | 1.111 | 26.514 |
| 1991 | 715 | 101 | 1.094 | 5.039 | 629 | 973 | 750 | 511 | 2.171 | 1.756 | 0 | 4.276 | 1.091 | 24.832 |
| 1992 | 770 | 100 | 1.139 | 4.565 | 574 | 1.032 | 733 | 457 | 1.991 | 1.711 | 0 | 4.500 | 1.157 | 24.674 |
| 1993 | 870 | 99 | 1.111 | 4.021 | 476 | 1.225 | 766 | 539 | 2.749 | 1.827 | 207 | 5.739 | 1.365 | 27.798 |
| 1994 | 873 | 119 | 1.215 | 4.709 | 691 | 1.309 | 890 | 507 | 3.063 | 1.828 | 267 | 6.258 | 1.521 | 30.563 |
| 1995 | 898 | 97 | 1.283 | 4.911 | 815 | 1.382 | 872 | 556 | 3.165 | 1.785 | 300 | 6.699 | 1.508 | 31.377 |
| 1996 | 898 | 113 | 1.225 | 4.240 | 518 | 1.411 | 940 | 493 | 3.388 | 1.684 | 341 | 7.075 | 1.519 | 31.358 |
| 1997 | 898 | 111 | 1.389 | 4.179 | 501 | 1.460 | 948 | 438 | 4.119 | 1.993 | 353 | 7.631 | 1.707 | 33.602 |
| 1998 | 898 | 97 | 1.196 | 4.097 | 525 | 1.741 | 948 | 459 | 4.437 | 1.946 | 348 | 8.494 | 1.779 | 34.911 |
| 1999 | 898 | 117 | 1.417 | 4.078 | 481 | 1.979 | 988 | 546 | 4.891 | 1.976 | 532 | 9.447 | 1.819 | 37.482 |
| 2000 | 898 | 114 | 1.372 | 7.312 | 873 | 1.786 | 972 | 579 | 5.703 | 1.940 | 668 | 10.172 | 1.973 | 42.939 |
| 2001 | 898 | 118 | 1.187 | 7.247 | 879 | 1.599 | 807 | 788 | 5.244 | 1.909 | 539 | 9.981 | 1.875 | 40.724 |
| 2002 | 898 | 124 | 1.353 | 7.192 | 843 | 1.766 | 904 | 1.037 | 5.188 | 1.825 | 626 | 10.692 | 1.945 | 42.241 |
| 2003 | 898 | 127 | 1.427 | 6.985 | 856 | 2.506 | 906 | 965 | 5.192 | 2.017 | 719 | 12.138 | 2.183 | 45.297 |
| 2004 | 898 | 134 | 1.515 | 8.017 | 936 | 2.699 | 945 | 1.052 | 5.330 | 2.018 | 814 | 13.562 | 2.446 | 49.051 |
| 2005 | 898 | 110 | 1.231 | 7.294 | 790 | 2.543 | 960 | 1.048 | 5.198 | 2.045 | 885 | 14.546 | 2.424 | 48.986 |
| 2006 | 898 | 135 | 1.204 | 8.277 | 892 | 2.237 | 1.014 | 1.191 | 6.518 | 2.043 | 1.270 | 14.820 | 2.568 | 54.593 |
| 2007 | 898 | 147 | 1.256 | 7.741 | 891 | 2.365 | 1.030 | 1.242 | 6.544 | 2.072 | 1.370 | 15.521 | 2.627 | 55.309 |

6 Diferenças em relação ao Inventário Inicial

As estimativas de emissões dos gases de efeito estufa direto correspondentes aos anos 1990 a 1994 foram recalculadas à luz dos fatores de emissão dos *Guidelines 2006*, algumas vezes também envolvendo fatores de emissão calculados para projetos MDL, conforme informado no texto.

7 Referências Bibliográficas

ABIQUIM, Anuários Estatísticos 1993, 1997 2000, 2005 e 2008.

ABIQUIM. Posição da indústria química brasileira em relação à mudança climática. http://www.abiquim.org.br/pdfs/mudanca_climatica.pdf, acessado em 29/3/2010.

CEPED, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Manual Econômico da Indústria Química - MEIQ - Produtos inorgânicos - volume II - ed. Camaçari, BA - CEPED, 2006. 6ª, 7ª e 8ª edições.

FOSFERTIL, Documento de Concepção de Projeto: “Projeto de Abatimento de Óxido Nitroso na PAN2 Fosfertil Piaçaguera”. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23455.pdf.

FOSFERTIL, Documento de Concepção de Projeto: “Projeto de Abatimento de Óxido Nitroso na PAN4 Fosfertil Cubatão”. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24849.pdf.

IPCC, *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2000.

IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

IPCC, OECD, IEA. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell, UK, 1997.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, *Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos industriais e por uso de Solventes*. Brasília, 2006.

RODHIA, Documento de Concepção de Projeto: “Redução de emissões de N₂O em Paulínia, SP”. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0018/18104.pdf.

WHITE MARTINS, 2010. Comunicação da empresa.

Anexos

Produção de substâncias químicas, de 1990 a 1998

| Químico | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | (t) | | | | | | | | |
| Amônia | 1.152.563 | 1.012.110 | 1.038.436 | 1.153.336 | 1.156.830 | 1.222.348 | 1.201.047 | 1.252.722 | 1.176.431 |
| Ácido Nítrico | 295.824 | 313.909 | 310.526 | 325.567 | 326.489 | 332.842 | 335.850 | 343.127 | 332.560 |
| Ácido Adípico | 31.951 | 41.676 | 38.538 | 51.264 | 51.825 | 55.864 | 41.554 | 35.767 | 62.055 |
| Caprolactama | 42.059 | 47.193 | 41.699 | 50.824 | 50.838 | 52.608 | 54.712 | 56.024 | 42.973 |
| Metanol | 168.557 | 206.447 | 204.447 | 223.496 | 222.310 | 205.134 | 223.765 | 226.373 | 210.200 |
| Eteno | 1.499.714 | 1.448.812 | 1.505.573 | 1.709.460 | 1.895.754 | 1.881.078 | 1.875.677 | 2.126.304 | 2.254.657 |
| Cloreto Vinila | 480.415 | 331.897 | 333.782 | 381.824 | 409.757 | 388.905 | 433.272 | 419.213 | 414.680 |
| Dicloroetano | 538.183 | 369.538 | 420.540 | 495.139 | 499.934 | 494.361 | 512.181 | 567.239 | 545.103 |
| Óxido de Eteno | 127.221 | 150.349 | 142.578 | 149.481 | 163.473 | 161.326 | 149.058 | 217.967 | 259.015 |
| Acrilonitrila | 78.000 | 63.470 | 74.159 | 74.258 | 76.522 | 79.825 | 78.440 | 87.086 | 64.056 |
| Negro-de-Fumo | 178.395 | 182.567 | 186.422 | 197.248 | 204.301 | 200.554 | 202.183 | 207.769 | 211.138 |
| Resinas ABS | 27.000 | 26.300 | 28.300 | 32.000 | 32.100 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 |
| Anidrido Ftálico | 65.645 | 77.364 | 77.210 | 76.037 | 91.390 | 74.778 | 87.269 | 85.534 | 74.334 |
| Borracha - SBR | 184.692 | 188.639 | 196.400 | 191.623 | 209.409 | 221.191 | 211.207 | 239.471 | 206.277 |
| Estireno | 306.217 | 279.963 | 253.605 | 223.413 | 261.613 | 272.858 | 235.549 | 232.142 | 227.602 |
| Etilbenzeno | 441.007 | 314.440 | 286.812 | 237.793 | 345.514 | 407.453 | 258.972 | 250.375 | 262.739 |
| Formaldeído | 177.391 | 194.594 | 206.421 | 244.942 | 261.775 | 276.426 | 282.196 | 292.012 | 348.242 |
| PVC | 504.330 | 500.264 | 488.940 | 510.794 | 593.413 | 581.332 | 626.959 | 631.851 | 632.267 |
| Poliestireno | 134.332 | 154.718 | 138.405 | 163.356 | 153.641 | 168.615 | 149.347 | 132.696 | 139.076 |
| Polietil. PEAD | 322.219 | 339.233 | 311.100 | 429.565 | 478.549 | 494.547 | 529.395 | 643.538 | 693.236 |
| Polietil. PEBD | 626.028 | 585.374 | 570.475 | 609.139 | 609.248 | 594.985 | 561.246 | 664.383 | 648.802 |
| Polietil. PELBD | 0 | 0 | 0 | 103.610 | 133.433 | 149.753 | 170.252 | 176.662 | 173.882 |
| Polipropileno | 303.841 | 356.319 | 374.992 | 478.288 | 521.540 | 558.252 | 589.577 | 635.939 | 707.864 |
| Propeno | 793.544 | 779.224 | 826.543 | 974.982 | 1.086.330 | 1.076.832 | 1.084.956 | 1.219.460 | 1.271.018 |

Produção de substâncias químicas, de 1999 a 2007

| Químico | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | (t) | | | | | | | | |
| Amônia | 1.331.113 | 1.139.109 | 955.998 | 1.073.161 | 1.157.575 | 1.324.479 | 1.316.154 | 1.347.748 | 1.278.118 |
| Ácido Nítrico | 335.069 | 336.025 | 331.805 | 346.225 | 349.566 | 357.524 | 363.422 | 355.706 | 356.661 |
| Ácido Adípico | 61.572 | 64.862 | 51.486 | 65.931 | 59.979 | 86.958 | 75.147 | 82.614 | 88.808 |
| Caprolactama | 50.498 | 56.005 | 48.550 | 57.519 | 48.847 | 50.472 | 49.655 | 44.906 | 49.592 |
| Metanol | 215.492 | 211.584 | 242.218 | 240.095 | 240.871 | 273.596 | 240.360 | 276.789 | 234.595 |
| Eteno | 2.415.980 | 2.633.818 | 2.462.155 | 2.414.222 | 2.575.893 | 2.702.525 | 2.699.831 | 3.135.114 | 3.223.595 |
| Cloreto Vinila | 426.167 | 424.732 | 375.401 | 389.005 | 567.108 | 588.947 | 609.207 | 687.861 | 685.232 |
| Dicloroetano | 558.930 | 541.335 | 427.680 | 492.583 | 540.194 | 566.711 | 581.366 | 547.721 | 536.517 |
| Óxido de Eteno | 261.266 | 256.035 | 278.156 | 251.345 | 280.729 | 296.643 | 297.183 | 289.724 | 309.668 |
| Acrilonitrila | 79.708 | 87.361 | 74.980 | 78.362 | 76.196 | 83.538 | 76.780 | 84.811 | 88.044 |
| Negro-de-Fumo | 221.501 | 229.860 | 215.359 | 222.204 | 229.863 | 278.327 | 280.140 | 280.140 | 280.140 |
| Resinas ABS | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 |
| Anidrido Ftálico | 89.794 | 87.595 | 90.899 | 95.312 | 97.888 | 103.162 | 84.579 | 103.491 | 113.232 |
| Borracha - SBR | 244.303 | 236.627 | 204.579 | 233.217 | 245.980 | 261.193 | 212.205 | 207.629 | 216.542 |
| Estireno | 226.528 | 406.225 | 402.597 | 399.529 | 388.047 | 445.390 | 405.205 | 459.839 | 430.034 |
| Etilbenzeno | 240.399 | 436.577 | 439.256 | 421.737 | 428.002 | 467.902 | 395.024 | 446.132 | 445.607 |
| Formaldeído | 395.786 | 357.262 | 319.815 | 353.104 | 501.161 | 539.846 | 508.680 | 447.343 | 473.056 |
| PVC | 658.471 | 648.199 | 538.091 | 602.458 | 604.088 | 629.747 | 640.319 | 676.263 | 686.463 |
| Poliestireno | 165.395 | 175.575 | 238.686 | 314.388 | 292.296 | 318.662 | 317.434 | 360.957 | 376.471 |
| Polietil. PEAD | 764.225 | 891.050 | 819.380 | 810.650 | 811.181 | 832.861 | 812.160 | 1.018.456 | 1.022.543 |
| Polietil. PEBD | 658.737 | 646.832 | 636.248 | 608.307 | 672.231 | 672.645 | 681.686 | 681.083 | 690.530 |
| Polietil. PELBD | 266.099 | 333.756 | 269.690 | 313.070 | 359.468 | 407.021 | 442.274 | 635.152 | 685.066 |
| Polipropileno | 787.264 | 847.639 | 831.778 | 890.979 | 1.011.523 | 1.130.186 | 1.212.200 | 1.234.977 | 1.293.390 |
| Propeno | 1.299.281 | 1.409.373 | 1.339.605 | 1.389.531 | 1.559.099 | 1.746.847 | 1.731.428 | 1.834.420 | 1.876.331 |

Outros dados de atividade, de 1990 a 2007

| Ano | Consumo de concentrado fosfático (ver ácido fosfórico) |
|------|---|
| | (t) |
| 1990 | 2.817.000 |
| 1991 | 3.280.000 |
| 1992 | 2.825.000 |
| 1993 | 3.420.000 |
| 1994 | 3.937.000 |
| 1995 | 3.888.000 |
| 1996 | 3.823.000 |
| 1997 | 4.275.609 |
| 1998 | 4.421.403 |
| 1999 | 4.343.638 |
| 2000 | 4.725.106 |
| 2001 | 4.805.121 |
| 2002 | 5.083.703 |
| 2003 | 5.584.000 |
| 2004 | 5.690.000 |
| 2005 | 5.631.000 |
| 2006 | 5.801.000 |
| 2007 | 5.801.000 |