

SP/P5510/R0351/2012 Versão Consulta Pública

Relatório Técnico - Produto 6:

Emissões de GEE do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)

São Paulo - SP

PMSP / SVMA

Novembro/2012

CONSULTA PÚBLICA

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE

PROGRAMA SBQ NO 007/2011

Atividade C 05: *Sustainable Transport and Air Quality Program* (STAQ)

Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP

Banco Mundial

Washington, D.C.

PRODUTO 6

EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

Equipe

Ambrogi, Vinicius

Castro, João

Ohata, Jaime (coordenador executivo)

Rodrigues, Délcio

Tachibana, Erica

Vilela, Marcio Maia – Prof. Dr. (coordenador técnico)

INSTITUTO EKOS BRASIL

&

GEOKLOCK CONSULTORIA E ENGENHARIA AMBIENTAL

2012

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Emissão de CO ₂ na produção de vidro.....	14
Equação 2 - Emissões de CO ₂ pelo uso de Lubrificantes	22
Equação 3 – Consumo Nacional de Lubrificantes	23
Equação 4 – Conversão de m ³ para TJ	25
Equação 5 – Emissões de CO ₂ pelo uso de parafina.....	26
Equação 6 – conversão de kg para TJ	27
Equação 7 – Emissão de GEE dos refrigeradores.....	33
Equação 8 – Emissão de GEE durante a vida útil.....	33
Equação 9 – Emissão de GEE no descarte.....	34
Equação 10 – Emissão de espuma de célula fechada.....	50
Equação 11 – Emissão de espuma de célula aberta	50
Equação 12 – Emissões de HFC dos aerossóis	61

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos	11
Figura 2 – Indústria Mineral	13
Figura 3 – Indústria Química	18
Figura 4 – Indústria Metalúrgica.....	19
Figura 5 – Uso de Solventes e Uso Não Energético de Combustíveis	21
Figura 6 – Indústria Eletrônica.....	29
Figura 7 – Uso de Substâncias substitutas das SDO	30
Figura 8 – Emissões de GEE do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos	69
Figura 9 – Perfil das emissões do setor IPPU em 2003 e 2009	70
Figura 10 – Emissão de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção anual de vidro no Estado de São Paulo	15
Tabela 2 – PIB do Município e do Estado de São Paulo	16
Tabela 3 – Estimativa da produção anual de vidro no Município de São Paulo.....	16
Tabela 4 – Emissões de CO ₂ da produção de vidro	17
Tabela 5 – Dados de lubrificantes no Brasil	24
Tabela 6 – Frota de veículos do Brasil e do Município de São Paulo	24
Tabela 7 – Consumo de lubrificante do Município de São Paulo.....	25
Tabela 8 – Emissões de CO ₂ pelo consumo de lubrificantes	26
Tabela 9 – Consumo aparente de parafina no Município de São Paulo	27
Tabela 10 – Emissões de CO ₂ pelo uso de parafina.....	28
Tabela 11 – Refrigeradores instalados no Estado de São Paulo	35
Tabela 12 – População do Estado e Município de São Paulo.....	35
Tabela 13 – Refrigeradores instalados no Município de São Paulo	36
Tabela 14 – Reservas de gás refrigerante presente nos refrigeradores instalados no Município..	37
Tabela 15 – Emissões de HFC e CFC da operação e manutenção dos equipamentos.....	37
Tabela 16 – Estimativa dos refrigeradores descartados anualmente no Município de São Paulo	38
Tabela 17 – CFC-12 recuperado dos refrigeradores descartados	39
Tabela 18 – Emissões de CFC-12 dos refrigeradores descartados	39
Tabela 19 – Emissões da refrigeração estacionária	40
Tabela 20 – Frota do Estado de São Paulo.....	41
Tabela 21 – Proporção da frota estadual com ar condicionado	42
Tabela 22 – Frota Municipal de automóveis.....	42
Tabela 23 – Reserva de CFC-12 e HFC-134a nos automóveis do Município.....	43
Tabela 24 – Emissões de CFC e HFC dos equipamentos de ar condicionado de automóveis	43
Tabela 25 – Frota de ônibus rodoviário do Estado de São Paulo	44
Tabela 26 – Proporção da frota de ônibus rodoviário com ar condicionado	45
Tabela 27 – Frota de ônibus do Município de São Paulo	46
Tabela 28 – Frota de ônibus do Município de São Paulo	46
Tabela 29 – Reserva de CFC e HFC nos ônibus do Município	47
Tabela 30 – Emissões de CFC e HFC dos equipamentos de ar condicionado em ônibus	47
Tabela 31 – Carga de HFC-134a nos trens	48
Tabela 32 – Emissões de HFC-134a dos trens.....	48

Tabela 33 – Consumo de CFC-11 estadual.....	51
Tabela 34 – População do Estado e do Município de São Paulo.....	52
Tabela 35 – CFC armazenado nos produtos consumidos no Município.....	53
Tabela 36 – Emissões de CFC-11 no Município de São Paulo	54
Tabela 37 – Consumo estadual de HCFC-141b.....	55
Tabela 38 – Consumo de HCFC-141b no Município de São Paulo	55
Tabela 39 – Emissões de HCFC-141b do Município de São Paulo.....	56
Tabela 40 – Consumo de HFC-134a no Estado de São Paulo.....	57
Tabela 41 – Emissão de HFC-134a no Município.....	57
Tabela 42 – Consumo de CFCs como propelente no Brasil	63
Tabela 43 – População do Brasil e do Município de São Paulo	63
Tabela 44 – Estimativa de consumo de CFCs no Município de São Paulo.....	64
Tabela 45 – Emissões de CFC dos aerossóis no Município de São Paulo.....	64
Tabela 46 – Consumo de HFC-134a como propelente no Brasil	65
Tabela 47 – Consumo estimado e emissões de HFC-134a no Município	66
Tabela 48 – Emissões do setor IPPU por GEE	68
Tabela 49 – Emissões de GEE do setor IPPU no Município de São Paulo	69
Tabela 50 – Emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal.....	70

ABREVIATURAS E SIGLAS

1		
2	ABAL	Associação Brasileira de Alumínio
3	ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
4	ABIVIDRO	Associação Brasileira das Indústrias de Vidro
5	ABRAFE	Associação Brasileira de Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico
6	ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e
7		Aquecimento
8	ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
9	ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
10	ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
11	ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
12	ARTESP	Agência de Transporte do Estado de São Paulo
13	CFCs	Clorofluorcarbonos
14	CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
15	CONTRU	Departamento de Controle e Uso de Imóveis
16	COVNM	Compostos Orgânicos Voláteis Não Metano
17	CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
18	DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
19	DETRAN-SP	Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo
20	FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
21	GEE	Gases de Efeito Estufa
22	GTO	Grupo de Trabalho de Ozônio
23	HCFCs	Hidroclorofluorcarbonos
24	HFCs	Hidrofluorcarbonos
25	IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
26	ICZ	Instituto de Metais Não Ferrosos

1	IDM	Inaladores de Dose Medida
2	IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
3	MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
4	PAG	Potencial de Aquecimento Global
5	PBCO	Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de
6		Ozônio
7	PFCs	Perfluorcarbonos
8	PIB	Produto Interno Bruto
9	PRODESP	Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo
10	SDO	Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio
11	SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
12	SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
13		

SUMÁRIO

1	Introdução	10
2	Métodos e dados.....	13
2.1	Indústria Mineral	13
2.1.1	Produção de Cimento e Cal.....	13
2.1.2	Produção de Vidro	14
2.1.3	Uso de Carbonato e de Magnésio Não Metálico em Outros Processos	17
2.2	Indústria Química	18
2.3	Indústria Metalúrgica	19
2.4	Uso de Solventes e Uso Não Energético de Combustíveis	21
2.4.1	Uso de Solventes	21
2.4.2	Uso de Lubrificante.....	22
2.4.3	Uso de Parafina	26
2.4.4	Outros.....	28
2.5	Indústria Eletrônica	29
2.6	Substâncias substitutas das substâncias depletoras da camada de ozônio.....	30
2.6.1	Refrigeração e Ar Condicionado.....	31
2.6.2	Espumas	48
2.6.3	Proteção contra Incêndios	58
2.6.4	Aerossóis	60
2.6.5	Solventes	66
2.6.6	Outras Aplicações	66
2.7	Produção e Uso de Outros Produtos.....	67
2.7.1	Equipamentos Elétricos.....	67
2.8	Outros	67
3	Resultados Consolidados	68

3.1	Emissões de GEE do Setor	68
3.2	Gases Controlados pelo Protocolo de Montreal	70
4	Incertezas	72
5	Referências.....	74
Apêndice A – Quadro de GEE contemplados pelo Inventário		78

CONSULTA PÚBLICA

1 INTRODUÇÃO

Este relatório é parte integrante dos serviços especializados de consultoria contratados para elaboração de Inventário Municipal de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) e outros Produtos, no Município de São Paulo, um subprojeto da janela 5 – Gestão da Demanda do Transporte Individual, do Programa *Sustainable Transport and Air Quality* (STAQ), patrocinado pelo *Global Environment Facility* (GEF), por meio do Banco Mundial, visando à quantificação e remoção das emissões de GEE.

De acordo com a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima todos os signatários devem publicar periodicamente inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal Relativo às Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio. Por desdobramento desta obrigação assumida pelo Estado Brasileiro, o Município de São Paulo mobilizou-se para inventariar suas emissões de GEE para identificar as principais fontes de emissão e criar políticas públicas visando à redução das emissões.

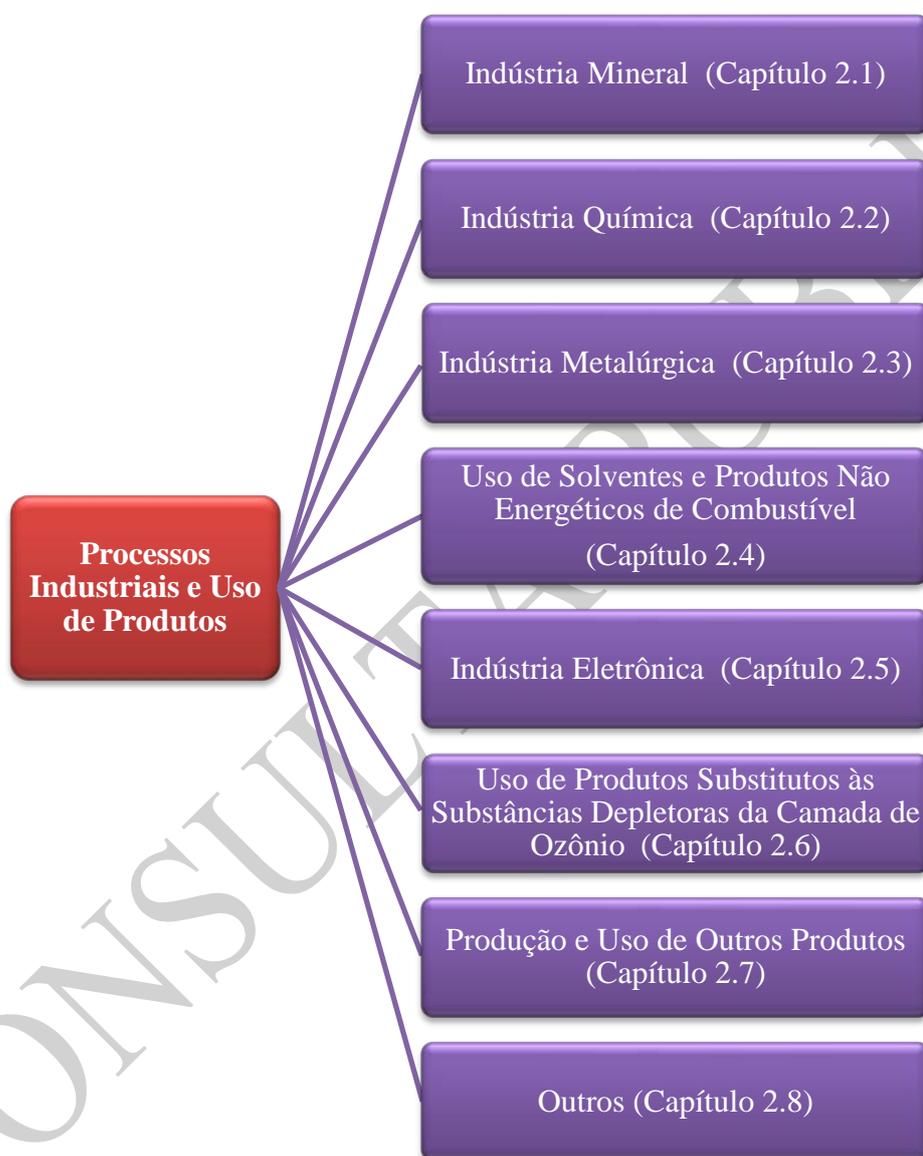
O presente relatório refere-se às emissões do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos, que ocorrem devido ao uso de substâncias com potencial de aquecimento global e do uso não energético de combustíveis fósseis nos processos de produção, ou em decorrência de reações químicas durante os processos industriais e no uso de produtos industrializados (IPCC, 2006).

Para este setor foram quantificadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs) conforme diretrizes do IPCC (2006). Como informação complementar foram contabilizadas, quando pertinente, as emissões de clorofluorcarbonos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), gases controlados pelo Protocolo de Montreal e que não são contemplados nas diretrizes do IPCC (2006).

Para comparar as emissões dos diferentes GEE foram utilizados neste inventário o Potencial de Aquecimento Global – PAG para um horizonte de tempo de 100 anos. Os gases apresentam diferentes potenciais, sendo que os dos HFCs, PFCs e SF₆ são bastante superiores aos do CO₂, CH₄ e N₂O. Os CFCs e HCFCs são Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio – SDO controladas pelo Protocolo de Montreal, por isto, não são listadas no Protocolo de Quioto como GEE e não foram incluídos no total de emissões do inventário, mas também apresentam PAG elevados.

1 Neste relatório são descritas a metodologia e a base de dados utilizada para o cálculo das
2 emissões de GEE do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos, para o Município de São
3 Paulo.

4 De acordo com as diretrizes do IPCC (2006), as emissões devem ser quantificadas e apresentadas
5 por categoria da indústria, as quais são apresentadas no fluxograma da Figura 1.



6
7 Fonte: IPCC, 2006¹

8 **Figura 1 – Estrutura do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos**

9 Ressalta-se que durante a elaboração deste produto, a dificuldade em se obter informações do
10 setor industrial do Município de São Paulo foi o maior obstáculo na quantificação das emissões
11 do setor. Essa dificuldade já era esperada devido à confidencialidade comercial e ausência de um

¹ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 banco de dados confiável para os GEE neste relatório considerados. Por estes motivos, muitos
2 setores tiveram que ser inventariados assumindo-se premissas e estimando-se os dados
3 necessários.

4 Na tentativa de verificar a existência de unidades produtivas no Município de São Paulo e
5 auxiliar na análise dos dados foi consultada a base de dados da Classificação Nacional de
6 Atividades Econômicas – CNAE. Porém, não foi possível extrair informações conclusivas, uma
7 vez que não há como distinguir na CNAE entre atividades industriais (produção) e atividades
8 corporativas (escritórios administrativos dessas indústrias).

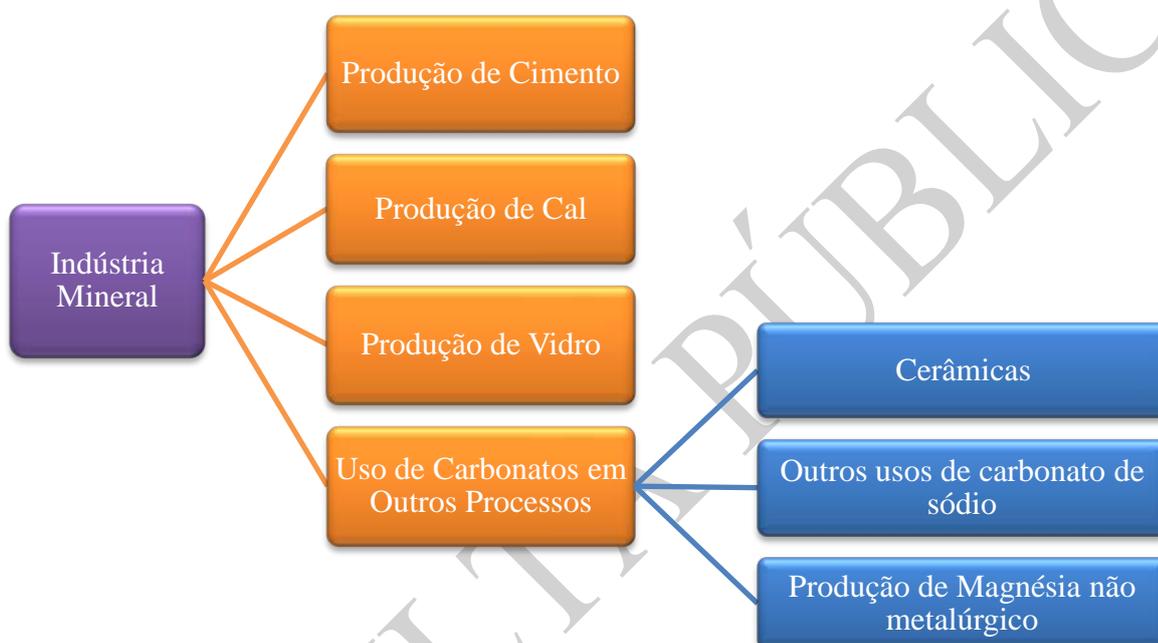
9

CONSULTA PÚBLICA

2 MÉTODOS E DADOS

2.1 INDÚSTRIA MINERAL

As indústrias minerais contribuem com emissões de dióxido de carbono (CO₂) devido ao uso de carbonatos como matéria prima de seus produtos. As indústrias consideradas nesta categoria pelo IPCC (2006) são apresentadas no fluxograma da Figura 2.

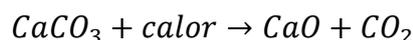


6
7 Fonte: IPCC, 2006²

8 **Figura 2 – Indústria Mineral**

9 2.1.1 Produção de Cimento e Cal

10 De acordo com o IPCC (2006), durante a produção de cimento e cal ocorre a liberação de CO₂
11 devido à calcinação do carbonato de cálcio presente no calcário, matéria prima para produção do
12 cimento e do cal. A reação de calcinação do carbonato de cálcio ocorre da seguinte forma:



13 Para os segmentos de produção de cimento e cal, verificou-se que não há prática destas
14 atividades no Município de São Paulo. Ressalta-se que durante a usinagem de concreto³ não há

² IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 emissão de CO₂ de processo e sim pelo consumo de energia e combustível, contabilizados no
 2 setor de Energia.

3 **2.1.2 Produção de Vidro**

4 De acordo com IPCC (2006), durante a produção de vidro há emissões de dióxido de carbono
 5 (CO₂) devido ao processo de fusão das matérias primas utilizadas, como calcário, dolomita e
 6 carbonato de sódio. A ação dos carbonatos durante a fusão do vidro apresenta uma reação
 7 química bastante complexa, que não pode ser comparada diretamente com a calcinação dos
 8 carbonatos na produção de cal. Porém, em relação às emissões líquidas de CO₂ a fusão apresenta
 9 o mesmo efeito.

10 Para quantificar as emissões de CO₂ na produção de vidro, o IPCC (2006) apresenta três graus de
 11 detalhamento (*Tiers*) da metodologia. O cálculo das emissões de CO₂ através do *Tier 1* utiliza os
 12 dados de produção total de vidro sem diferenciação pelo processo ou tipo de carbonato utilizado,
 13 bem como fatores de emissão e taxa de vidro sucateado padrão. O *Tier 2* baseia-se nos diferentes
 14 processos de produção de vidro existentes, o que implica em fatores de emissão e taxa de
 15 utilização de vidro sucateado diferentes para cada processo. Já o *Tier 3* quantifica as emissões de
 16 CO₂ considerando o tipo de carbonato utilizado na produção do vidro.

17 Neste inventário, devido a complexidade em se obter dados específicos da produção de vidro no
 18 Município de São Paulo, as emissões de CO₂ neste processo foram quantificadas com base na
 19 metodologia do *Tier 1*, apresentada na Equação 1.

$$E_{CO_2} = P \cdot FE \cdot (1 - TxS) \qquad \text{Equação 1 – Emissão de CO}_2 \text{ na produção de vidro}^4$$

20 onde
 21

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂	[tCO ₂]
P	Produção anual de vidro	[t de vidro]
FE	Fator de emissão da produção de vidro	[tCO ₂ /t de vidro]
TxS	Taxa de vidro sucateado	[adimensional]

³ De acordo com LIMA (2010) o cimento é um material consumido na produção de concreto. Dentro da fronteira da usina de concreto, não há emissões de GEE de processo, conforme reação química da mistura de cimento com água apresentada por GOMES e ALMEIDA [20--?]:



Desta forma, verifica-se que as emissões de processo ocorrem durante a produção de cimento, mas esta atividade não ocorre no município de São Paulo.

⁴ IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.28, Equação 2.10

1 A variável “Taxa de Vidro Sucateado - TxS” refere-se à quantidade de cacos de vidro reciclado
 2 utilizado na produção de novos produtos de vidro. Esse vidro reciclado pode ser oriundo da
 3 coleta seletiva pós-uso ou dos refugos de fábrica. O valor padrão sugerido pelo IPCC (2006) para
 4 esta variável TxS⁵ é de 0,5, valor adotado neste inventário por falta de informações mais
 5 precisas.

6 Além desta variável, também foram utilizados na quantificação das emissões de CO₂ da
 7 produção de vidro no Município de São Paulo os fatores de emissão e os dados de produção
 8 anual de vidro. O fator de emissão utilizado foi o valor padrão apresentado pelo IPCC (2006)⁶,
 9 de 0,20 tCO₂/t de vidro. Os dados de produção anual para o Município não estavam disponíveis,
 10 sendo necessário estimá-los.

11 A base para estimar os dados de produção anual de vidro no Município de São Paulo foram os
 12 dados de produção do Estado de São Paulo, apresentados no Inventário de Emissões
 13 Atmosféricas dos Gases de Efeito Estufa Associados aos Processos Industriais do Setor de Vidro
 14 no Estado de São Paulo de 1990 a 2008. Estes dados são apresentados na Tabela 1.

15 **Tabela 1 – Produção anual de vidro no Estado de São Paulo**

Ano	Produção Estadual (t)
2003	1.399.328
2004	1.385.825
2005	1.417.147
2006	1.382.986
2007	1.432.116
2008	1.410.192
2009	1.420.502*

16 * Dado estimado por regressão linear
 17 Fonte: ABIVIDRO apud SÃO PAULO, 2010

18
 19 Para estimar a quantidade de vidro produzida no Município de São Paulo, teve-se como base a
 20 participação da indústria do Município no Produto Interno Bruto – PIB industrial do Estado de
 21 São Paulo. Os dados do PIB utilizados são apresentados na Tabela 2.

⁵ IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.30 – *Choice of activity data: Tier 1 method*

⁶ IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.29 – *Choice of emission factors: Tier 1 method*

1 **Tabela 2 – PIB do Município e do Estado de São Paulo**

Ano	PIB Estado de São Paulo	Participação Industrial Estado SP	PIB Industrial Estado SP	PIB Industrial Município de São Paulo	Participação industrial do Município no PIB do Estado
	(R\$ milhões)	(%)	(R\$ milhões)	(R\$ milhões)	(%)
2003	579.847	31,6%	183.232	43.205	23,58%
2004	643.487	33,8%	217.499	49.708	22,85%
2005	726.984	31,7%	230.454	53.402	23,17%
2006	802.655	30,1%	241.599	54.345	22,49%
2007	902.784	29,6%	267.224	59.863	22,40%
2008	1.003.015	29,5%	295.889	62.850	21,24%
2009	1.084.353	29,0%	314.463	66.865	21,26%

2 Fonte: IBGE, 2012

3

4 A partir dos dados da produção estadual de vidro e a participação da indústria do Município de
 5 São Paulo no PIB da indústria do Estado de São Paulo, obteve-se a produção municipal de vidro,
 6 apresentado na Tabela 3.

7 **Tabela 3 – Estimativa da produção anual de vidro no Município de São Paulo**

Ano	Produção Municipal (1.000t)
2003	330
2004	317
2005	328
2006	311
2007	321
2008	300
2009	302

8 Fonte: Elaboração própria

9

10 Desta forma, calculou-se a emissão de CO₂ da produção de vidro do Município de São Paulo
 11 conforme Equação 1. As emissões de GEE na produção de vidro para o Município são
 12 apresentadas na Tabela 4.

1 **Tabela 4 – Emissões de CO₂ da produção de vidro**

Ano	Emissão de CO ₂ (t)
2003	32.995
2004	31.672
2005	32.839
2006	31.109
2007	32.082
2008	29.954
2009	30.204

2

3 **2.1.3 Uso de Carbonato e de Magnésio Não Metálico em Outros Processos**

4 Em relação à produção de cerâmica, as emissões de CO₂ neste processo são resultantes da
 5 calcinação dos carbonatos presentes na argila (principal matéria prima). Para o segmento de
 6 cerâmica vermelha verificou-se que os dados estatísticos existentes são precários. Para o
 7 segmento de cerâmica de revestimento no Brasil, verificou-se a existência de dois polos
 8 industriais principais, o de Criciúma no Estado de Santa Catarina e o de Santa Gertrudes, no
 9 Estado de São Paulo.

10 De acordo com BRASIL (2010c), no ano de 2009 a produção de cerâmica de revestimento do
 11 polo industrial de Santa Gertrudes correspondeu praticamente à totalidade de cerâmica de
 12 revestimento fabricada no Estado de São Paulo. Devido a este fato e à indisponibilidade dos
 13 dados necessários, as emissões de GEE da produção de cerâmica no Município não foram
 14 contabilizadas.

15 Em relação às emissões de CO₂ de outros usos de carbonato de sódio, de acordo com IPCC
 16 (2006), estas devem ser reportadas e contabilizadas nos seus respectivos setores de uso do
 17 carbonato de sódio. Como por exemplo, se foi utilizado pela indústria química, as emissões
 18 devem ser reportadas e contabilizadas para a indústria química. O mesmo se aplica para as
 19 emissões relacionadas à produção de magnésia (ou óxido de magnésio) não metalúrgica. Desta
 20 forma, as emissões do uso de carbonato em outros processos da Indústria Mineral não foram
 21 contabilizadas.

22

2.2 INDÚSTRIA QUÍMICA

De acordo com o IPCC (2006), durante os processos de produção da indústria química podem ocorrer emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e outros gases halogenados. Na Figura 3 são apresentadas as indústrias químicas consideradas como potenciais fontes de emissão de GEE pelo IPCC (2006).



Figura 3 – Indústria Química

Fonte: IPCC, 2006⁷

Para verificar a existência, no Município de São Paulo, de unidades produtoras das substâncias químicas listadas pelo IPCC (2006) como fontes de emissões de GEE foram realizadas pesquisas para cada uma dessas substâncias com base nos registros das indústrias associadas à ABIQUIM (2012). Foram identificadas no Município algumas unidades das indústrias químicas produtoras dessas substâncias, mas estas unidades correspondiam aos escritórios das indústrias e não a unidades de produção.

⁷ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 Encontram-se no Município de São Paulo algumas indústrias com unidades produtivas de outras
2 substâncias químicas, que não as listadas pelo IPCC (2006). Por não serem previstas pela diretriz
3 utilizada, estas indústrias não foram contabilizadas neste inventário, o que não implica afirmar
4 que em seus processos de produção não ocorram emissões de GEE, muito menos de poluentes.

5 Desta forma, como não foi observada a produção das substâncias específicas apresentadas na
6 Figura 3 no Município de São Paulo, não são reportadas emissões de GEE da categoria de
7 indústria química no inventário do município.

8 2.3 INDÚSTRIA METALÚRGICA

9 De acordo com o IPCC (2006), durante os processos de produção da indústria metalúrgica, na
10 transformação do minério em metal, pode haver emissão de dióxido de carbono (CO₂), metano
11 (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e outros gases
12 halogenados. Os segmentos da indústria metalúrgica listados pelo IPCC (2006) como potenciais
13 fontes de emissão são apresentadas na Figura 4.



14
15 Fonte: IPCC, 2006⁸
16

Figura 4 – Indústria Metalúrgica

17 Para quantificar as emissões de GEE da indústria metalúrgica analisou-se o parque industrial do
18 Município de São Paulo na tentativa de verificar a existência das indústrias listadas pelo IPCC
19 (2006).

⁸ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 Com base nas informações disponíveis da Associação Brasileira do Alumínio – ABAL, da
2 Associação Brasileira de Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico – ABRAFE e do
3 Instituto Aço Brasil, verificou-se que não há indústrias de produção de alumínio, ferroliga e aço
4 no Município de São Paulo. Em relação ao zinco, magnésio e ao ferro, de acordo com BRASIL
5 (2007) também não existe produção destes metais no Município de São Paulo.

6 Com relação à produção de chumbo, de acordo com o Instituto de Metais Não Ferrosos – ICZ,
7 não existe mais produção de chumbo primário no Brasil desde 1998, devido ao esgotamento das
8 reservas brasileiras, mas existe a produção de chumbo secundário a partir da reciclagem de
9 baterias. Ainda de acordo com esta organização, cerca de 47% do chumbo consumido no Brasil é
10 importado e os 53% restantes são oriundos da reciclagem.

11 De acordo com o IPCC (2006), durante a produção de chumbo secundário ocorre emissão de
12 CO₂ a uma taxa de 0,2 tCO₂/t de chumbo secundário produzido⁹. Como não estavam disponíveis
13 dados específicos para o Município de São Paulo, fez-se uma estimativa para verificar a
14 contribuição das emissões na fabricação deste metal para o ano de 2009. Conforme dados
15 apresentados por MDIC *apud* ICZ (2012), em 2009 a importação de chumbo foi de 81.653
16 toneladas, considerando-se que este montante representa 47% do chumbo consumido no Brasil
17 tem-se que os 53% restantes provenientes da reciclagem representam 92.027 toneladas. A
18 emissão desta produção nacional de chumbo secundário equivale a 18.415 tCO₂, que representa
19 menos de 4% das emissões do setor IPPU do Município.

20 Parte da emissão nacional poderia ser alocada para o Município de São Paulo proporcionalmente
21 a frota de veículos, uma vez que o chumbo secundário é proveniente principalmente da
22 recuperação de baterias automotivas. Considerando-se que a proporção da frota de veículos do
23 Município é de pouco mais de 10% da frota nacional, tem-se que a parcela de emissões do
24 Município seria da ordem de 1.900 tCO₂, o que representaria 0,4% das emissões do setor IPPU.
25 Porém, ressalta-se que a alocação das emissões a partir desses dados podem subestimar as
26 emissões do Município, já que existe um mercado de reciclagem de chumbo conhecido que pode
27 atrair baterias usadas de outros municípios; por outro lado este valor pode estar superestimado,
28 uma vez que a frota de veículos do Município de São Paulo deve ser mais nova que a de outros
29 municípios e a tendência é que ocorra uma menor substituição de baterias automotivas por ano.
30 Devido ao alto grau de incerteza e baixa representatividade perante as emissões do setor de IPPU

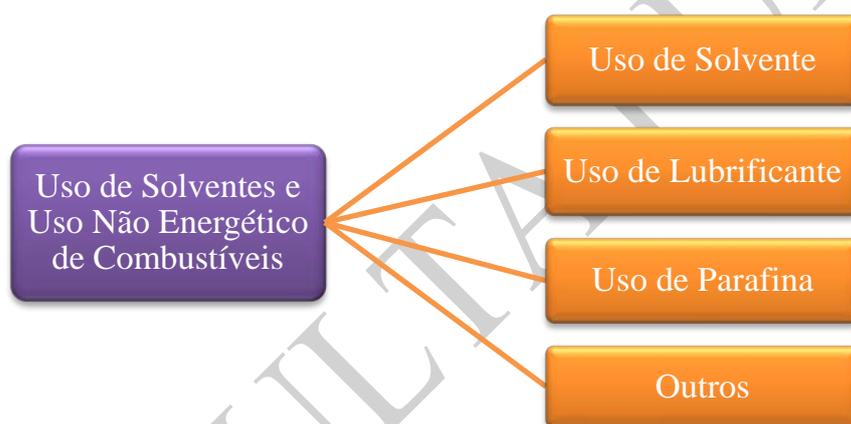
⁹ IPCC (2006), V.3, Ch.4, p.4.73, Tabela 4.21

1 do Município de São Paulo, optou-se por não incluir no inventário a estimativa de emissões de
2 CO₂ da produção de chumbo secundário.

3 Assim, não foram quantificadas emissões de GEE da indústria metalúrgica no Município de São
4 Paulo.

5 2.4 USO DE SOLVENTES E USO NÃO ENERGÉTICO DE COMBUSTÍVEIS

6 Nesta categoria, o IPCC (2006) considera as emissões de CO₂ devidas à oxidação dos
7 combustíveis fósseis durante seu uso não energético. Ou seja, combustíveis que não foram
8 utilizados com o propósito de fornecimento de energia nem o de uso como matéria prima ou
9 agente redutor. Na Figura 5 são apresentados os principais produtos não energéticos
10 considerados pelo IPCC (2006) como fonte de emissão de dióxido de carbono (CO₂).



11

12 Fonte: IPCC, 2006¹⁰

13

Figura 5 – Uso de Solventes e Uso Não Energético de Combustíveis

14 A seguir são apresentados a metodologia, os dados e os resultados separadamente para o uso dos
15 produtos listados na Figura 5.

16 2.4.1 Uso de Solventes

17 De acordo com o IPCC (2006), o uso de solventes que utilizam combustíveis fósseis como
18 matéria prima pode levar a emissões evaporativas de diversos compostos orgânicos voláteis não
19 metano – COVNM, os quais posteriormente podem vir a ser oxidados na atmosfera. Os
20 combustíveis fósseis mais utilizados como solvente são a aguarrás e o querosene. A aguarrás tem

¹⁰ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 diversos usos, como solvente de extração, solvente de limpeza, solvente de tintas, aerossóis entre
2 outros.

3 O IPCC (2006) trata o uso de solventes separadamente, pois, devido à natureza desta fonte, é
4 necessária uma abordagem diferente na quantificação das emissões em relação às outras
5 categorias. Além disso, o IPCC (2006) não apresenta uma metodologia para quantificar essas
6 emissões.

7 Os COVNM são considerados GEE indiretos, o que significa que após a oxidação na atmosfera
8 podem se transformar em GEE. Como estes compostos não são considerados GEE conforme
9 Anexo A do Protocolo de Quioto, os mesmos não são contabilizados neste inventário.

10 **2.4.2 Uso de Lubrificante**

11 Os lubrificantes são geralmente utilizados nos meios de transporte e em aplicações industriais
12 com finalidade de lubrificação de motores, máquinas e sistemas mecânicos. As emissões de CO₂
13 associadas a este uso são emissões não provenientes de combustão (IPCC, 2006).

14 Durante a utilização do lubrificante, uma parcela de sua massa é oxidada e convertida em CO₂ e
15 ainda outra parcela é parcialmente oxidada, gerando COVNM e monóxido de carbono (CO). De
16 acordo com IPCC (2006), devido à dificuldade em determinar estas frações oxidadas e
17 parcialmente oxidadas, assume-se que todo o lubrificante perdido durante seu uso é oxidado
18 completamente sendo reportado diretamente como emissões de CO₂.

19 Para determinar estas emissões, o IPCC (2006) apresenta dois graus de detalhamento (*Tiers*) da
20 metodologia. Ambos os *Tiers* baseiam-se na utilização de fatores de emissão e dados de
21 consumo de lubrificante. A diferença está na utilização de dados de consumo desagregados e de
22 diferentes fatores para os tipos de lubrificante quando aplicado o *Tier 2*.

23 Neste inventário, utilizou-se o *Tier 1* para quantificar as emissões de CO₂ proveniente do
24 consumo de lubrificantes no Município de São Paulo, conforme apresentado pela Equação 2,
25 pois os dados desagregados por tipo de lubrificante para o Município não estavam disponíveis.

$$E_{CO_2} = CL \cdot CC_L \cdot ODU_L \cdot \frac{44}{12}$$

Equação 2 - Emissões de CO₂ pelo uso de Lubrificantes¹¹

¹¹ IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5,7, Equação 5.2

1 onde

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂	[tCO ₂]
CL	Consumo total de lubrificante	[TJ]
CC_L	Conteúdo de Carbono do lubrificante	[tC/TJ]
ODU_L	Fator de carbono que sofre oxidação durante o uso de lubrificante	[adimensional]
$44/12$	Relação de massa do CO ₂ e do Carbono	[tCO ₂ /tC]

2 Para calcular as emissões de CO₂ devido ao uso de lubrificantes no Município de São Paulo
 3 foram utilizados os valores padrão do IPCC (2006) de 20 tC/TJ para o conteúdo de carbono do
 4 lubrificante¹² e de 0,2 para o fator de carbono que sofre oxidação durante o uso¹³. Também
 5 foram utilizados os dados totais de consumo de lubrificantes do Município.

6 Os dados de consumo de lubrificantes do Município foram estimados com base nos dados do
 7 consumo nacional, pois dados municipais não estavam disponíveis¹⁴. Os dados de lubrificantes
 8 disponíveis foram os das quantidades produzidas, exportadas e importadas no Brasil.
 9 Considerou-se o consumo nacional de lubrificantes como o balanço entre estes dados, conforme
 10 apresentado na Equação 3.

$$CL_N = Pr + Imp - Exp$$

Equação 3 – Consumo Nacional de Lubrificantes

11 onde

CL_N	Consumo nacional de lubrificantes	[m ³]
Pr	Produção de lubrificantes	[m ³]
Imp	Importação de lubrificantes	[m ³]
Exp	Exportação de lubrificantes	[m ³]

12 Na Tabela 5 são apresentados os dados de produção, importação e exportação de lubrificantes no
 13 Brasil, bem como o consumo nacional obtido a partir destes dados.

¹² Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.9 – Conteúdo de Carbono: linha 4 – 20kgC/GJ com adequação da unidade de medida para tC/TJ

¹³ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.9 – Fator de Carbono Oxidado Durante o Uso: Tabela 5.2

¹⁴ Através de contato realizado com a ANP, verificou-se que os dados de consumo de lubrificantes por Municípios não são consolidados.

1 **Tabela 5 – Dados de lubrificantes no Brasil**

Ano	Produção	Importação	Exportação	Consumo Nacional
	(m ³)			
2003	807.086	225.003	105.607	926.481
2004	759.667	270.527	71.024	959.170
2005	801.741	340.007	72.171	1.069.577
2006	785.804	289.881	110.080	965.605
2007	645.053	435.501	71.697	1.008.857
2008	756.200	565.282	40.923	1.280.560
2009	593.794	459.276	50.844	1.002.226

2 Fonte: ANP, 2010

3 Para determinar a quantidade de lubrificantes consumidos no Município de São Paulo foram
4 utilizados os dados da frota de veículos do Município em relação à frota de veículos do Brasil
5 para cada ano inventariado. Os dados da frota de veículos são apresentados na Tabela 6.

6 **Tabela 6 – Frota de veículos do Brasil e do Município de São Paulo**

Ano	Frota de veículos do Brasil	Frota de veículos do Município de São Paulo	Representatividade da frota do Município em relação ao Brasil
	(veículos)	(veículos)	(%)
2003	36.658.501	4.382.907	12,0%
2004	39.240.875	4.547.842	11,6%
2005	42.071.961	4.752.092	11,3%
2006	45.372.640	5.037.418	11,1%
2007	49.644.025	5.392.692	10,9%
2008	54.506.661	5.804.566	10,6%
2009	59.361.642	6.140.189	10,3%

7 Fonte: DENATRAN, 2012

8 Estimou-se que o consumo de lubrificante do Município de São Paulo é proporcional à frota de
9 veículos do Município em relação à do Brasil. Desta forma, na Tabela 7 são apresentados os
10 dados de consumo de lubrificante do Município de São Paulo utilizados neste inventário.

1

Tabela 7 – Consumo de lubrificante do Município de São Paulo

Ano	Consumo de Lubrificante do Município	
	(1.000 m ³)	(TJ)
2003	111	4.132
2004	111	4.147
2005	121	4.507
2006	107	3.999
2007	110	4.088
2008	136	5.087
2009	104	3.867

2

3 Os dados de consumo de lubrificante do Município da Tabela 7 foram apresentados na unidade
 4 inicial dos dados, em metros cúbicos (m³), e na unidade utilizada para os cálculos das emissões
 5 de CO₂ conforme metodologia do IPCC (2006), em Terajoule (TJ). Para transformar estes dados
 6 de m³ para TJ aplicou-se a Equação 4.

$$CL = CL_{m^3} * FC_{tep} * FC_{TJ} \quad \text{Equação 4 – Conversão de m}^3 \text{ para TJ}^{15}$$

7 onde

<i>CL</i>	Consumo de Lubrificante	[TJ]
<i>CL_{m³}</i>	Consumo de Lubrificante em m ³	[m ³]
<i>FC_{tep}</i>	Fator de conversão de m ³ para tep	[tep/m ³]
<i>FC_{TJ}</i>	Fator de conversão de tep para TJ	[TJ/tep]

8 Os fatores de conversão utilizados na Equação 4 foram os apresentados no Balanço Energético
 9 Nacional (BRASIL, 2010d) nos valores de 0,891 tep/m³ para o FC_{tep}^{16} e de 0,04187 TJ/tep para
 10 o FC_{TJ}^{17} .

11 A partir dos dados apresentados, obtiveram-se as emissões de CO₂ devido ao consumo de
 12 lubrificantes no Município de São Paulo. Estas emissões são apresentadas na Tabela 8.

¹⁵ Equação elaborada a partir de fatores de conversão apresentados por BRASIL (2010), p.211 e p.207

¹⁶ BRASIL (2010), p.211, Tabela VII.10 – Lubrificante: valor constante para o período inventariado.

¹⁷ BRASIL (2010), p.207, Tabela VII.5 – Tonelada Equivalente de Petróleo (tep) para Joule (J) com adaptação para terajoule (TJ)

1 **Tabela 8 – Emissões de CO₂ pelo consumo de lubrificantes**

Ano	Emissão de CO ₂
	(tCO ₂)
2003	60.609
2004	60.824
2005	66.102
2006	58.658
2007	59.963
2008	74.616
2009	56.722

2 **2.4.3 Uso de Parafina**

3 De acordo com o IPCC (2006), a parafina tem diversas aplicações, podendo ser utilizada em
 4 velas, caixas de papelão ondulado, adesivos, produção de alimentos, cera de polir, surfactantes,
 5 entre outros. Durante o uso primário desses produtos pode ocorrer a liberação de CO₂ e
 6 posteriormente emissões devidas ao tratamento dos resíduos destes produtos (incineração e
 7 tratamento de efluentes), sendo que estas não devem ser contabilizadas nesta categoria, pois já
 8 são contabilizadas no setor de Resíduos.

9 Para quantificar as emissões de CO₂ provenientes do uso de parafina, o IPCC (2006) apresenta
 10 dois graus de detalhamento (*Tiers*) da metodologia. O *Tier 1* baseia-se nos dados de consumo e
 11 fatores de emissão padrão, enquanto a quantificação pelo *Tier 2* depende de fatores específicos
 12 regionais e determinação dos reais usos da parafina por tipo parafina.

13 As emissões de CO₂ deste inventário foram quantificadas seguindo-se a metodologia *Tier 1*
 14 proposta pelo IPCC (2006), conforme Equação 5.

$$E_{CO_2} = CP \cdot CC_P \cdot ODU_P \cdot \frac{44}{12} \quad \text{Equação 5 – Emissões de CO}_2 \text{ pelo uso de parafina}^{18}$$

15 onde

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂ pelo uso de parafina	[tCO ₂]
CP	Consumo de parafina	[TJ]
CC_P	Conteúdo de carbono da parafina	[tC/TJ]

¹⁸ IPCC (2006), V.3, Ch.5, p. 5.11, Equation 5.4.

ODU	Fator de carbono oxidado durante o uso de parafina	[adimensional]
44/12	Relação de massa do CO ₂ e do Carbono	[tCO ₂ /tC]

1 Para calcular as emissões de CO₂ devido ao uso de parafina no Município de São Paulo utilizou-se os valores padrão do IPCC (2006) de 20 tC/TJ para o conteúdo de carbono¹⁹ na parafina e de 0,2 para o fator de carbono oxidado durante o uso²⁰. Também foram utilizados os dados totais de consumo de parafina do Município.

5 Os dados de consumo de parafina do Município de São Paulo foram obtidos por contato direto com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, que disponibilizou os dados de vendas de parafina no Município. Desta forma, para os cálculos das emissões considerou-se o consumo aparente de parafina no Município, que implica em adotar que o total comercializado em um ano é consumido em sua totalidade neste mesmo ano, não sendo considerados estoques eventualmente remanescentes de um ano para outro. Os dados do consumo aparente de parafina do Município são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Consumo aparente de parafina no Município de São Paulo

Ano	Consumo Aparente de Parafina	
	(kg)	(TJ)
2003	404.602	17,3
2004	394.393	16,8
2005	336.269	14,4
2006	338.844	14,5
2007	326.584	13,9
2008	316.594	13,5
2009	306.123	13,1

13 Fonte: ANP, 2012

14 Os dados de consumo aparente de parafina do Município da Tabela 9 foram apresentados em quilogramas (kg), e na unidade utilizada para os cálculos das emissões de CO₂ conforme metodologia do IPCC (2006), em terajoule (TJ). Para transformar estes dados de kg para TJ aplicou-se a Equação 6.

$$CP = \frac{CP_{kg} * FC_{tep} * FC_{TJ}}{dens}$$

Equação 6 – conversão de kg para TJ²¹

¹⁹ IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.12 – 5.3.2.2 Choice of Emission Factors: 1º Parágrafo

²⁰ IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.12 – 5.3.2.2 Choice of Emission Factors: Tier 1.

²¹ Equação elaborada a partir de fatores de conversão apresentados por BRASIL (2010), p.207, p.210 e p.211

1 onde

<i>CP</i>	Consumo de parafina	[TJ]
<i>CP_{kg}</i>	Consumo de parafina em kg	[kg]
<i>FC_{tep}</i>	Fator de conversão de m ³ para tep	[tep/m ³]
<i>FC_{TJ}</i>	Fator de conversão de tep para TJ	[TJ/tep]
<i>dens</i>	Densidade da parafina	[kg/m ³]

2 Os dados utilizados para converter o consumo de parafina de kg para TJ foram os apresentados
 3 no Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2010d), são eles o fator de conversão de m³ para tep
 4 (*FC_{tep}*²²) no valor de 0,890 tep/m³, fator de conversão de m³ para tep (*FC_{TJ}*²³) de 0,04187 TJ/tep
 5 e densidade (*dens*²⁴) de 873 kg/m³.

6 A partir dos dados apresentados, obtiveram-se as emissões de CO₂ devido ao uso de parafina no
 7 Município de São Paulo. Estas emissões são apresentadas na Tabela 10.

8 **Tabela 10 – Emissões de CO₂ pelo uso de parafina**

Ano	Emissão de CO ₂
	(tCO ₂)
2003	253
2004	247
2005	211
2006	212
2007	204
2008	198
2009	192

9 **2.4.4 Outros**

10 Na categoria Outros são consideradas as emissões devidas à produção e uso de asfalto, que
 11 ocorrem durante a usinagem, pavimentação de vias ou impermeabilização de áreas. De acordo
 12 com IPCC (2006), os principais gases provenientes destas atividades são os Compostos
 13 Orgânicos Voláteis Não Metano (COVNM), Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Enxofre

²² BRASIL (2010), p.211, Tabela VII.10 – Outros produtos não energéticos de petróleo: valor constante para o período inventariado.

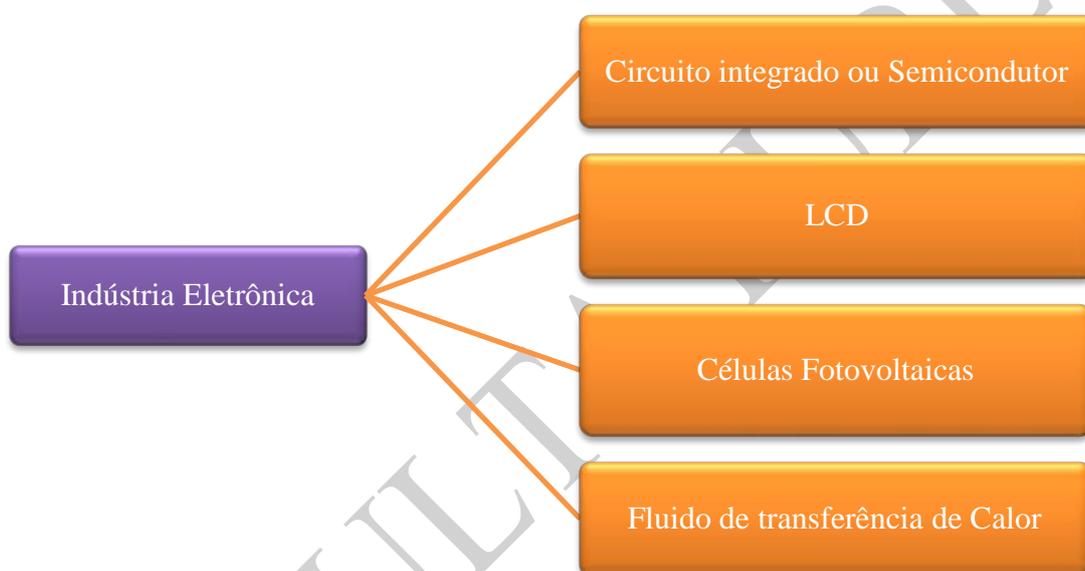
²³ BRASIL (2010), p.207, Tabela VII.5 – Tonelada Equivalente de Petróleo (tep) para Joule (J) com adaptação para terajoule (TJ)

²⁴ BRASIL (2010), p.210, Tabela VIII.9 – Densidade de outros não-energéticos de petróleo.

1 (SO₂), gases de efeito estufa indiretos e não contemplados neste inventário. As emissões dos
 2 GEE diretos, como CO₂ e CH₄, são consideradas insignificantes nestas atividades, não sendo
 3 contempladas pelas diretrizes do IPCC (2006) e nem contabilizadas neste inventário.

4 2.5 INDÚSTRIA ELETRÔNICA

5 De acordo com o IPCC (2006), a categoria de Indústria Eletrônica pode contribuir com emissões
 6 de HFCs, PFCs, SF₆ e outros gases halogenados devido à utilização destes gases nos processos
 7 produtivos desta categoria de indústria. Os segmentos da Indústria Eletrônica listados pelo IPCC
 8 (2006) como fontes de emissão são apresentados na Figura 6.



9
 10 Fonte: IPCC, 2006²⁵
 11

Figura 6 – Indústria Eletrônica

12 As fontes pesquisadas para a verificação do parque industrial eletrônico do Município de São
 13 Paulo foram a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP, o Ministério do
 14 Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC e especialistas no assunto. De acordo
 15 com estas fontes, dos segmentos listados pelo IPCC (2006) nenhum se encontra no Município de
 16 São Paulo. Por este motivo, não foram quantificadas emissões de GEE para a categoria de
 17 indústria eletrônica.

²⁵ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

2.6 SUBSTÂNCIAS SUBSTITUTAS DAS SUBSTÂNCIAS DEPLETORAS DA CAMADA DE OZÔNIO

De acordo com IPCC (2006), os HFCs e os PFCs estão sendo utilizados como alternativas às Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio – SDO, que estão em fase de eliminação definida no Protocolo de Montreal. As aplicações de HFCs e PFCs, utilizadas em substituição às SDO, são apresentadas na Figura 7.



Fonte: IPCC, 2006²⁶

Figura 7 – Uso de Substâncias substitutas das SDO

O Brasil aderiu ao Protocolo de Montreal para eliminar o uso das SDO em 1990 e instituiu o Grupo de Trabalho de Ozônio – GTO pela Portaria Interministerial nº 929 de 04 de outubro de 1991 do antigo Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Este grupo interministerial foi o responsável pela elaboração do Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio – PBCO. Desde então, o uso das SDO vêm sendo eliminado dos processos industriais e substituídos pelos Hidrofluorcarbonos – HFCs e Perfluorcarbonos – PFCs, substâncias que não agredem a camada de ozônio e por isto não são controladas pelo Protocolo de Montreal, porém, apresentam alto potencial de aquecimento global (BRASIL, 1997; BRASIL, 2005; IPCC, 2006).

²⁶ IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

1 As emissões das SDO e de suas substitutas foram quantificadas seguindo-se a estrutura
2 apresentada na Figura 7. Ressalta-se que o IPCC (2006) prevê a contabilização das emissões de
3 PFCs e HFCs, substâncias utilizadas em substituição às SDO. As emissões de CFCs e HCFCs,
4 consideradas SDO e que são controladas pelo Protocolo de Montreal, não são contempladas nas
5 diretrizes do IPCC (2006). Desta forma, as emissões dos gases controlados pelo Protocolo de
6 Montreal são reportadas como informação adicional, não sendo contabilizadas no total de
7 emissões do Município.

8 **2.6.1 Refrigeração e Ar Condicionado**

9 De acordo com IPCC (2006), os sistemas de refrigeração e ar condicionado podem ser
10 classificados em seis principais aplicações, que podem variar de região para região. As
11 aplicações são:

- 12 • Refrigeração Doméstica;
- 13 • Refrigeração Comercial;
- 14 • Uso industrial (refrigeradores, câmaras frigoríficas, etc);
- 15 • Transporte refrigerado (como por exemplo, caminhões frigoríficos);
- 16 • Sistemas de ar condicionado estacionário, e
- 17 • Sistemas de ar condicionado móvel (carros, ônibus, trens, etc)

18 De acordo com o IPCC (2006), uma grande variedade de HFCs pode ser utilizada nestas
19 aplicações como fluido refrigerante. Porém, conforme a base de dados consultada (BRASIL,
20 2005), nem todos os gases previstos pelo IPCC são utilizados na indústria brasileira. No Quadro
21 1 são apresentados os gases contabilizados pelo IPCC e os que realmente foram contabilizados
22 neste inventário.

1 **Quadro 1 – Gases utilizados para Refrigeração e Ar Condicionado**

GEE	IPCC (2006)	Inventário do Município
HFC-23	✓	✗
HFC-32	✓	✗
HFC-125	✓	✗
HFC-134a	✓	✓
HFC-143a	✓	✗
HFC-152a	✓	✗
HFC-227ea	✓	✗
HFC-236fa	✓	✗

2 Legenda:

3 ✓ Gás previsto para contabilização de emissões no inventário

4 ✗ Não contabilizado neste inventário devido à não identificação do uso destes gases no Município

5 Fonte: IPCC, 2006²⁷

6 As emissões provenientes deste segmento foram quantificadas e são apresentadas separadamente
7 em Refrigeração e em Ar condicionado.

8 2.6.1.1 Refrigeração

9 No Brasil o CFC-12 era utilizado como fluido refrigerante em refrigeradores até o ano de 2000,
10 quando completou seu processo de eliminação progressiva desde a constatação de que era uma
11 SDO. Desde então, o HFC-134a começou a ser utilizado em substituição ao CFC-12 (BRASIL,
12 2005).

13 Desta forma, foram quantificadas as emissões de refrigeradores que utilizavam como fluido
14 refrigerador o CFC-12 e o HFC-134a. Ressalta-se que as emissões de CFC-12 são apresentadas
15 como informação adicional, pois estas não se enquadram no escopo de contabilização do IPCC.

16 Para quantificar as emissões dos refrigeradores o IPCC (2006) apresenta dois graus de
17 detalhamento (*Tiers*) da metodologia. Ambos baseados nas emissões reais dos GEE, que levam
18 em consideração o tempo entre o consumo e a emissão. O *Tier 2* diferencia-se do *Tier 1* apenas
19 em relação à utilização de dados desagregados por tipo de aplicação para cada fluido
20 refrigerante. Neste inventário foi aplicado o *Tier 2*.

21 Segundo o IPCC (2006), as emissões de GEE dos refrigeradores devem-se às perdas nos
22 sistemas de refrigeração durante as etapas de montagem, operação, serviços de manutenção e

²⁷ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.8, Tabela 7.1

1 descarte dos equipamentos. Os equipamentos considerados no segmento de refrigeradores foram:
2 geladeiras, freezers e bebedouros.

3 Em relação à etapa de montagem, não foram encontradas unidades fabris de geladeiras, freezers
4 e bebedouros no Município de São Paulo de acordo com o levantamento realizado com base nas
5 informações das empresas associadas à Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado,
6 Ventilação e Aquecimento – ABRAVA. Desta forma, as emissões de GEE destes bens de
7 consumo contabilizadas neste inventário foram as provenientes de perdas nos sistemas dos
8 equipamentos em uso no Município, nos serviços de manutenção e descarte dos equipamentos.
9 Assim, as emissões de GEE foram quantificadas a partir da base de dados do inventário estadual
10 de GEE.

11 Apesar de não serem mais fabricados refrigeradores com CFC-12 no período inventariado, ainda
12 existem equipamentos antigos em operação que geram a emissão deste gás. Por isto, a emissão
13 deste gás também foi contemplada neste segmento, considerando-se que a emissão em
14 equipamentos com CFC-12 apresenta o mesmo perfil de emissão que os com HFC-134a.

15 Desta forma, as emissões de HFC-134a e CFC-12 provenientes de refrigeradores no Município
16 de São Paulo foram quantificadas conforme apresentado na Equação 7.

$$E_{Total} = E_{vida\ útil} + E_{descarte} \quad \text{Equação 7 – Emissão de GEE dos refrigeradores}^{28}$$

17 onde

E_{Total}	Emissão total de GEE	[kgHFC-134a]
$E_{vida\ útil}$	Emissão durante a vida útil (operação e manutenção)	[kgHFC-134a]
$E_{descarte}$	Emissão no descarte do equipamento	[kgHFC-134a]

18 Sendo que para determinar a emissão durante a vida útil do equipamento, que considera as
19 emissões decorrentes da operação e da manutenção dos equipamentos, utilizou-se a Equação 8.

$$E_{vida\ útil} = B_t \cdot \frac{x}{100} \quad \text{Equação 8 – Emissão de GEE durante a vida útil}^{29}$$

20 onde

²⁸ IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.49, *Equation 7.10* – com adaptação para o perfil de emissão do Município de São Paulo, que não contempla as fases de manejo de containers com o fluido e fabricação dos equipamentos.

²⁹ IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.50, *Equation 7.13*.

$E_{vida\ útil}$	Emissão durante a vida útil (operação e manutenção)	[kgHFC-134a]
B_t	Reserva de HFC instalado no Município	[kgHFC-134a]
x	Taxa de emissão de HFC	[%]

1 A emissão de HFC no descarte do equipamento foi quantificada, conforme apresentado pela
 2 Equação 9.

$$E_{descarte} = M_{t-d} \cdot \frac{p}{100} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{rec,d}}{100}\right) \quad \text{Equação 9 – Emissão de GEE no descarte}^{30}$$

3 onde

$E_{descarte}$	Emissão no descarte dos equipamentos	[kgHFC-134a]
M_{t-d}	Carga inicial de HFC dos equipamentos descartados	[kgHFC-134a]
p	Carga residual de HFC nos equipamentos descartados	[%]
$\eta_{rec,d}$	Eficiência na recuperação de HFC no descarte	[%]

4 Para manter a comparabilidade entre as emissões do Município e as do Estado de São Paulo
 5 foram adotadas as premissas apresentadas por SÃO PAULO (Estado, 2011e), listadas a seguir:

- 6 • Aplicação da mesma metodologia para quantificar as emissões de CFC ou HCFC, uma
 7 vez que a metodologia apresentada pelo IPCC (2006) é prevista apenas para HFCs e
 8 PFCs, pois considera que a tecnologia envolvida não tenha sofrido alterações devido à
 9 substituição de um gás refrigerante pelo outro;
- 10 • Dos equipamentos descartados todos utilizavam como fluido refrigerante o CFC-12, já
 11 que o tempo de vida de um refrigerador, conforme IPCC (2006)³¹, é de 12 a 20 anos, o
 12 que remete à época em que os refrigeradores eram produzidos com CFC-12;
- 13 • A carga residual média nos equipamentos descartados era de 50% da carga inicial;
- 14 • A proporção da quantidade de geladeiras e freezers comerciais pela quantidade de
 15 geladeiras e freezers domésticos instalados no Município é de 7,5%.

16 Sabe-se que as condições e as características do parque instalado de refrigeradores do Município
 17 podem se diferenciar das estaduais, porém, devido à indisponibilidade de informações
 18 específicas para o Município, foram adotadas as mesmas condições do Estado de São Paulo.

³⁰ IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.51, Equation 7.14.

³¹ IPCC (2006). V.3, Ch.7, p.7.52, Tabela 7.9.

1 Conforme apresentado anteriormente, dados municipais ainda são precários. Desta forma, a
 2 quantidade de refrigeradores instalados no Município foi estimada a partir de dados estaduais de
 3 equipamentos instalados, com base nos dados da população do Município e do Estado.

4 Os dados de equipamentos instalados no Estado de São Paulo, por tipo de fluido refrigerante, são
 5 apresentados na Tabela 11.

6 **Tabela 11 – Refrigeradores instalados no Estado de São Paulo**

Ano	Geladeiras/Freezer domésticos		Bebedouros	
	(milhões)			
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a
2003	6,4	4,0	0,73	0,30
2004	6,0	4,9	0,69	0,39
2005	5,7	5,9	0,66	0,48
2006	4,8	7,0	0,64	0,58
2007	4,1	8,1	0,62	0,68
2008	3,3	9,4	0,61	0,78
2009*	2,9	10,2	0,60	0,90

7 * Os dados do ano de 2009 foram estimados por regressão linear devido à indisponibilidade deste dado.

8 Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011e

9 Para determinar a parcela que pertenceria ao Município de São Paulo foram utilizados os dados
 10 de população do Município e do Estado de São Paulo, apresentados na Tabela 12.

11 **Tabela 12 – População do Estado e Município de São Paulo**

Ano	População do Estado de São Paulo (habitantes)	População do Município de São Paulo (habitantes)	Representatividade do Município (%)
2002	38.425.000	10.600.060	27,6%
2003	38.856.000	10.677.019	27,5%
2004	39.269.000	10.838.581	27,6%
2005	39.665.000	10.927.985	27,6%
2006	40.053.000	11.016.703	27,5%
2007	40.416.000	10.886.518	26,9%
2008	40.764.000	10.990.249	27,0%
2009	41.097.000	11.037.593	26,9%

12 Fonte: IBGE, 2012

1 A partir da multiplicação dos dados de refrigeradores instalados no Estado de São Paulo e da
 2 representatividade da população do Município de São Paulo, obtiveram-se os dados de
 3 refrigeradores instalados no Município, apresentados na Tabela 13.

4 **Tabela 13 – Refrigeradores instalados no Município de São Paulo**

Ano	Geladeiras/Freezer Domésticos		Geladeiras/Freezer Comerciais*		Bebedouros	
	(milhões)					
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a
2002	1,821	0,910	0,137	0,068	0,207	0,063
2003	1,759	1,099	0,132	0,082	0,201	0,082
2004	1,656	1,352	0,124	0,101	0,190	0,108
2005	1,570	1,625	0,118	0,122	0,182	0,132
2006	1,320	1,925	0,099	0,144	0,176	0,160
2007	1,104	2,182	0,083	0,164	0,167	0,183
2008	0,890	2,534	0,067	0,190	0,164	0,210
2009	0,784	2,738	0,059	0,205	0,162	0,241

5 * Considerando-se a premissa adotada por SÃO PAULO (Estado, 2011e) de que a proporção de geladeiras e
 6 freezers comerciais é de 7,5% da quantidade de geladeiras e freezers domésticos instalados.

7 Para determinar a reserva de HFC-134a e CFC-12 dos equipamentos instalados no Município,
 8 considerou-se que a carga inicial para as geladeiras e freezers domésticos é de 150g de gás
 9 refrigerante, para as geladeiras e freezers comerciais é de 400g de gás refrigerante e para
 10 bebedouros é de 50g. Esses valores de carga inicial dos refrigeradores foram apresentados por
 11 SÃO PAULO (Estado, 2011e) e estão dentro da faixa de variação apresentada pelo IPCC
 12 (2006)³². As reservas de HFC e CFC em refrigeradores no Município de São Paulo são
 13 apresentadas na Tabela 14.

³² Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52, Tabela 7.9

1 **Tabela 14 – Reservas de gás refrigerante presente nos refrigeradores instalados no Município**

Ano	Geladeiras/Freezer Domésticos		Geladeiras/Freezer Comerciais		Bebedouros	
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a
(kg de gás refrigerante)						
2003	263.793	164.871	52.759	32.974	10.030	4.122
2004	248.408	202.866	49.682	40.573	9.522	5.382
2005	235.558	243.824	47.112	48.765	9.092	6.612
2006	198.038	288.806	39.608	57.761	8.802	7.977
2007	165.657	327.274	33.131	65.455	8.350	9.158
2008	133.455	380.145	26.691	76.029	8.223	10.515
2009	117.531	410.673	23.506	82.135	8.107	12.042

2 Para quantificar as emissões de GEE durante a vida útil desses equipamentos utilizou-se os
3 fatores apresentados por SÃO PAULO (Estado, 2011e), os quais se encontram dentro da faixa de
4 variação dos fatores apresentados pelo IPCC (2006)¹⁹. Estes fatores são de 0,5% de emissão da
5 carga inicial por ano para geladeiras e freezers domésticos; de 10% para as geladeiras e freezers
6 comerciais e de 0,5% para os bebedouros. Desta forma, obtiveram-se as emissões de HFC e CFC
7 devido à operação e manutenção dos equipamentos em uso no Município de São Paulo,
8 apresentadas na Tabela 15.

9 **Tabela 15 – Emissões de HFC e CFC da operação e manutenção dos equipamentos**

Ano	Geladeiras/Freezer Domésticos		Geladeiras/Freezer Comerciais		Bebedouros	
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a
(kg de gás refrigerante)						
2003	1.319	824	5.276	3.297	50	21
2004	1.242	1.014	4.968	4.057	48	27
2005	1.178	1.219	4.711	4.876	45	33
2006	990	1.444	3.961	5.776	44	40
2007	828	1.636	3.313	6.545	42	46
2008	667	1.901	2.669	7.603	41	53
2009	588	2.053	2.351	8.213	41	60

10 A parcela de refrigeradores descartados anualmente foi determinada pela diferença entre a
11 quantidade de equipamentos com CFC-12 de um ano para outro. Na Tabela 13 pode-se observar
12 que a quantidade de equipamentos com CFC-12 diminuiu a cada ano, diminuição esta tomada

1 como a quantidade de refrigeradores descartados. Os dados de refrigeradores descartados, bem
2 como a carga inicial de CFC-12, são apresentados na Tabela 16.

3 **Tabela 16 – Estimativa dos refrigeradores descartados anualmente no Município de São Paulo**

Ano	Geladeiras/Freezer Domésticos		Geladeiras/Freezer Comerciais		Bebedouros	
	(milhões)	(kgCFC-12)	(milhões)	(kgCFC-12)	(milhões)	(kgCFC-12)
2003	0,062	9.312	0,005	1.862	0,006	315
2004	0,103	15.385	0,008	3.077	0,010	507
2005	0,086	12.849	0,006	2.570	0,009	431
2006	0,250	37.520	0,019	7.504	0,006	290
2007	0,216	32.381	0,016	6.476	0,009	451
2008	0,215	32.202	0,016	6.440	0,003	127
2009	0,106	15.925	0,008	3.185	0,002	116

4 De acordo com PNUD (2009), os primeiros centros de recuperação de CFC foram instalados em
5 2006, um no Estado de São Paulo e outro no Estado do Rio de Janeiro. Em 2009 foram
6 instalados mais três centros de recuperação nos municípios de Porto Alegre, Recife e São Paulo.
7 Como não havia informações disponíveis sobre a parcela de CFC recuperado no período
8 inventariado, as informações históricas sobre a capacidade de operação dos centros nacionais de
9 recuperação de CFC que foram analisadas e então adotadas as seguintes premissas:

- 10 • Até o ano de 2006 não havia recuperação deste gás;
- 11 • Entre 2006 e 2008, adotou-se que 25% do CFC remanescente nos refrigeradores
12 descartados era recuperados e;
- 13 • No ano de 2009 foi considerado que 50% do CFC remanescente nos refrigeradores
14 descartados era recuperado.

15 Além disso, como já detalhado anteriormente, adotou-se a premissa de que a carga residual de
16 CFC-12 nos refrigeradores descartados era de apenas 50% da carga inicial³³ destes
17 equipamentos.

18 As quantidades de CFC-12 recuperado dos refrigeradores descartados no Município de São
19 Paulo são apresentadas na Tabela 17.

³³ Fonte: SÃO PAULO (Estado, 2011e), p.32 – o qual se enquadra na faixa de variação dos fatores apresentados pelo IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52

1 **Tabela 17 – CFC-12 recuperado dos refrigeradores descartados**

Ano	Geladeiras/Freezers Domésticos	Geladeiras/Freezers Comerciais	Bebedouros
	(kg de CFC-12)		
2003	0	0	0
2004	0	0	0
2005	0	0	0
2006	4.690	938	36
2007	4.048	810	56
2008	4.025	805	16
2009	3.981	796	29

2 Com estas informações foram quantificadas as emissões de CFC-12 dos refrigeradores
 3 descartados, desconsiderando-se a parcela recuperada, conforme apresentado pela Equação 9.
 4 Estas emissões são apresentadas na Tabela 18. Cabe ressaltar que os CFCs são controlados pelo
 5 Protocolo de Montreal, mas também apresentam um potencial de aquecimento global (PAG). As
 6 emissões de CFC-12 neste inventário são reportadas como informação adicional, pois o mesmo
 7 não é parte da lista de gases de efeito estufa do protocolo de Quioto.

8 **Tabela 18 – Emissões de CFC-12 dos refrigeradores descartados**

Ano	Geladeira/Freezers Doméstico	Geladeira/Freezers Comerciais	Bebedouros
	(kg de CFC-12)		
2003	4.656	931	158
2004	7.693	1.539	254
2005	6.425	1.285	215
2006	14.070	2.814	109
2007	12.143	2.429	169
2008	12.076	2.415	48
2009	3.981	796	29

9 As emissões totais do segmento de refrigeração estacionária são apresentadas para o CFC-12 e
 10 HFC-134a na Tabela 19.

1 **Tabela 19 – Emissões da refrigeração estacionária**

Ano	CFC-12	HFC-134a
	(kgCFC-12)	(kgHFC-134a)
2003	12.390	4.142
2004	15.743	5.099
2005	13.859	6.129
2006	21.988	7.260
2007	18.924	8.228
2008	17.916	9.556
2009	7.785	10.327

2 **2.6.1.2 Ar Condicionado Estacionário**

3 No Brasil os equipamentos de ar condicionado estacionários, ou fixos, utilizavam como fluido
4 refrigerante o CFC-11, CFC-12 e HCFC-22 até 1993. Desde então o CFC-12 passou a ser
5 substituído pelo HFC-134a e o CFC-11 substituído pelo HCFC-123 (BRASIL, 2005).

6 Ressalta-se que o IPCC considera apenas os HFCs e PFCs. Os CFCs e HCFCs não são previstos
7 pelo IPCC por serem controlados pelo Protocolo de Montreal.

8 A metodologia proposta pelo IPCC (2006) para quantificar as emissões de ar-condicionado
9 estacionário é mesma apresentada para refrigeradores, porém, devido à indisponibilidade de
10 dados públicos não foi possível determinar as emissões deste segmento. A Associação Brasileira
11 de Refrigeradores, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - ABRAVA declara que as
12 informações sobre os refrigeradores são de inteligência competitiva e confidenciais, o que
13 impede a divulgação.

14 **2.6.1.3 Ar Condicionado Móvel**

15 A metodologia sugerida pelo IPCC (2006) para quantificar as emissões do segmento de ar
16 condicionado móvel é a mesma apresentada para o segmento de refrigeração, a qual considera
17 que as emissões devem-se às perdas que ocorrem durante as etapas de produção, operação,
18 manutenção e descarte dos equipamentos.

19 Neste caso, como não existem fabricantes de ar condicionado automotivo no Município, foram
20 consideradas apenas as emissões da vida útil e descarte destes equipamentos. Os equipamentos
21 de ar condicionado contemplados neste inventário foram os instalados em automóveis, ônibus e

1 trens. Os caminhões não foram contemplados neste inventário, uma vez que não foram
 2 encontrados dados disponíveis sobre a quantidade de caminhões frigoríficos ou com sistemas de
 3 ar condicionado seja nos níveis nacional, estadual ou municipal nas fontes consultadas (Detran,
 4 Denatran e Anfavea) e a adoção de uma premissa sem um embasamento estatístico confiável
 5 afetaria a credibilidade do inventário. O segmento de ar condicionado automotivo brasileiro
 6 utilizava o CFC-12 como fluido refrigerante até 1997, o qual foi substituído pelo HFC-134a na
 7 fabricação dos novos equipamentos (BRASIL, 2005).

8 No período inventariado não eram mais produzidos ar condicionados com CFC-12, mas as
 9 emissões deste gás foram quantificadas devido às perdas nos equipamentos antigos, que foram
 10 produzidos com essa substância, sendo que no período inventariado ainda se encontravam em
 11 uso.

12 *Automóveis*

13 Para determinar a reserva de fluidos refrigerantes existente em automóveis no Município,
 14 primeiramente foi necessário determinar a parcela da frota de automóveis equipados com ar
 15 condicionado. Para isso utilizou-se os dados de frota com ar condicionado apresentados por SÃO
 16 PAULO (Estado, 2011e), na Tabela 20.

17 **Tabela 20 – Frota do Estado de São Paulo**

Ano	Frota de automóveis	Frota com Ar Condicionado	Ar condicionado HFC-134a	Ar condicionado CFC-12
	(veículos)			
2003	6.531.640	1.816.105	1.510.474	305.630
2004	6.674.122	2.024.382	1.737.753	286.628
2005	6.835.122	2.257.036	1.989.951	267.084
2006	7.035.773	2.525.866	2.278.532	247.334
2007	7.364.198	2.886.629	2.658.931	277.699
2008	7.747.356	3.288.170	3.079.704	208.466
2009*	7.866.312	3.487.949	3.299.051	212.238

18 *Dados do ano de 2009 indisponíveis, sendo então estimados por regressão linear.

19 Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011e

20 A partir dos dados apresentados na Tabela 20 foram obtidas as proporções da frota de
 21 automóveis que possuem ar condicionado e a distribuição desta frota em relação ao tipo de fluido
 22 refrigerante utilizado nos equipamentos de ar condicionado. Estas proporções são apresentadas
 23 na Tabela 21.

1

Tabela 21 – Proporção da frota estadual com ar condicionado

Ano	Frota com ar condicionado	Ar condicionado HFC-134a	Ar condicionado CFC-12
2003	27,8%	83,2%	16,8%
2004	30,3%	85,8%	14,2%
2005	33,0%	88,2%	11,8%
2006	35,9%	90,2%	9,8%
2007	39,2%	92,1%	9,6%
2008	42,4%	93,7%	6,3%
2009	44,3%	94,6%	6,1%

2 Fonte: Adaptado de SÃO PAULO (Estado), 2011e

3 Assumiu-se que, em relação à presença de aparelhos de ar condicionado, a frota de automóveis
4 do Município de São Paulo apresenta a mesma distribuição observada para a frota do Estado de
5 São Paulo. A frota de automóveis do Município, apresentados na Tabela 22, foi obtida
6 aplicando-se um fator de ajuste médio³⁴ de 0,704 à base de dados do DENATRAN (2012), para
7 descontar da frota registrada a parcela dos veículos que não estaria mais em operação.

8

Tabela 22 – Frota Municipal de automóveis

Ano	Frota de Automóveis ⁽¹⁾	Frota com ar condicionado*	Veículos com ar condicionado HFC-134a*	Veículos com ar condicionado CFC-12*
(veículos)				
2003	2.376.545	660.792	549.588	111.204
2004	2.452.773	743.970	638.633	105.337
2005	2.543.252	839.811	740.433	99.378
2006	2.669.291	958.284	864.449	93.836
2007	2.822.548	1.106.386	1.019.114	106.436
2008	2.993.186	1.270.382	1.189.842	80.541
2009	3.150.423	1.396.908	1.321.255	85.000

9 *Valores obtidos aplicando-se as porcentagens apresentadas na Tabela 21 aos dados da frota de automóveis do
10 Município de São Paulo
11 Fonte: ⁽¹⁾ A partir de dados do DENATRAN, 2012

12 Para determinar a reserva de fluido refrigerante dos automóveis com ar condicionado,
13 considerou-se a carga inicial média apresentada por SÃO PAULO (Estado, 2011e)³⁵, de 960g de

³⁴ Fator de ajuste médio observado nos documentos da ANTP (2012) para o Município de São Paulo no período de 2005 a 2010.

³⁵ Valor este que está dentro da faixa de variação apresentada pelo IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52, Tabela 7.9

1 fluido refrigerante. As quantidades de CFC e HFC para os automóveis do Município de São
2 Paulo são apresentadas na Tabela 23.

3 **Tabela 23 – Reserva de CFC-12 e HFC-134a nos automóveis do Município**

Ano	HFC-134a	CFC-12
	(kg de fluido refrigerante)	
2003	527.604	106.756
2004	613.087	101.124
2005	710.815	95.403
2006	829.871	90.082
2007	978.350	102.179
2008	1.142.248	77.319
2009	1.268.405	81.600

4 A taxa de emissão utilizada para quantificar as emissões de CFC e HFC dos equipamentos de ar
5 condicionado foi de 15% anualmente, valor médio entre os propostos pelo IPCC (2006)³⁶. Estas
6 emissões são apresentadas na Tabela 24.

7
8 **Tabela 24 – Emissões de CFC e HFC dos equipamentos de ar condicionado de automóveis**

Ano	HFC-134a	CFC-12
	(kg de fluido refrigerante)	
2003	79.141	16.013
2004	91.963	15.169
2005	106.622	14.310
2006	124.481	13.512
2007	146.752	15.327
2008	171.337	11.598
2009	190.261	12.240

9 Em relação às emissões dos equipamentos de ar condicionado descartados, adotou-se a premissa
10 de que quando descartados (no fim de sua vida útil) estes equipamentos não contém mais fluido
11 refrigerante em seu interior. Ressalta-se que apesar desta premissa, as emissões que porventura
12 venham a ocorrer devido a um descarte precoce dos equipamentos, apesar de não serem

³⁶ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52, Tabela 7.9

1 apresentadas separadamente, estão incluídas no montante de emissões contabilizadas neste
2 inventário.

3 *Ônibus*

4 Para quantificar as emissões de GEE provenientes de sistemas de ar condicionado em ônibus do
5 Município de São Paulo, foram realizadas pesquisas em diversas fontes (Companhia de
6 Processamento de Dados do Estado de São Paulo - PRODESP, Agência de Transporte do Estado
7 de São Paulo - ARTESP, Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo DETRAN-SP,
8 Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT e Departamento Nacional de Trânsito -
9 DENATRAN) para buscar dados sobre a quantidade de ônibus com sistemas de ar condicionado
10 no Município, porém, verificou-se que não havia dados publicados suficientes para tal fim.

11 Desta forma, para quantificar as reservas de fluidos refrigerantes existentes no Município,
12 primeiramente foi necessário estimar a parcela da frota de ônibus equipados com ar
13 condicionado. Para isso utilizou-se como base os dados de frota de ônibus do Estado de São
14 Paulo com ar condicionado apresentados por SÃO PAULO (Estado, 2011e), na Tabela 25.

15 **Tabela 25 – Frota de ônibus rodoviário do Estado de São Paulo**

Ano	Frota de ônibus rodoviário	Ônibus rodoviário com ar condicionado	Ar condicionado com HFC-134a	Ar condicionado com CFC-12
	(ônibus)			
2003	7.594	6.075	5.052	1.022
2004	7.909	6.327	5.431	896
2005	8.126	6.501	5.732	769
2006	8.318	6.655	6.003	652
2007	8.745	6.996	6.444	552
2008	9.022	7.218	6.760	458
2009*	9.264	7.419	7.086	328

16 *Dados do ano de 2009 estimados por regressão linear devido a indisponibilidade dos dados

17 Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011e

18 Neste inventário adotou-se a mesma premissa de SÃO PAULO (Estado, 2011e), que considera
19 que no período inventariado os ônibus urbanos não possuíam equipamentos de ar condicionado e
20 que apenas uma parcela dos ônibus rodoviários era equipada com ar condicionado, conforme
21 dados apresentado na Tabela 25. Sabe-se que atualmente alguns dos ônibus urbanos que entram
22 em operação no processo de renovação da frota do Município de São Paulo são equipados com
23 ar condicionado. Porém, as emissões destes ônibus não foram contabilizadas neste inventário,

1 pois não estão disponíveis informações sobre a quantidade de ônibus urbanos com ar
2 condicionado nos dados publicados pela SPTrans para o período inventariado.

3 A partir dos dados estaduais foi obtida a parcela da frota de ônibus rodoviário que possui ar
4 condicionado e a distribuição desta frota em relação ao tipo de fluido refrigerante utilizado nos
5 equipamentos de ar condicionado. Estas proporções são apresentadas na Tabela 26.

6 **Tabela 26 – Proporção da frota de ônibus rodoviário com ar condicionado**

Ano	Frota com ar condicionado	Ar condicionado com HFC-134a	Ar condicionado com CFC-12
2003	80%	83,2%	16,8%
2004	80%	85,8%	14,2%
2005	80%	88,2%	11,8%
2006	80%	90,2%	9,8%
2007	80%	92,1%	7,9%
2008	80%	93,7%	6,3%
2009	80%	95,5%	4,4%

7 Fonte: adaptado de SÃO PAULO (Estado), 2011e

8
9 A parcela de ônibus rodoviário do Município de São Paulo foi determinada pela diferença entre a
10 frota de ônibus total e a quantidade de ônibus municipal e metropolitano, apresentadas na Tabela
11 27.

12 A frota total de ônibus do Município de São Paulo foi definida a partir dos dados do
13 DENATRAN (2012) e aplicando-se um fator de ajuste de 0,704. Este fator, observado nos
14 relatórios da ANTP (2012) para o Município de São Paulo, tem o objetivo de descontar a parcela
15 da frota registrada que não está mais em operação.

16 O Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP apresenta os dados da frota de
17 ônibus municipal para a cidade de São Paulo, porém os dados da frota de ônibus metropolitana
18 são disponibilizados apenas em nível nacional. Então, adotou-se a premissa de que o perfil de
19 distribuição de ônibus metropolitano no Município segue a mesma proporção observada para o
20 Brasil.

1 **Tabela 27 – Frota de ônibus do Município de São Paulo**

Ano	Frota de Ônibus Total ¹	Frota Ônibus Municipal ²	Frota Ônibus Metropolitano ²	Frota de Ônibus Rodoviário
	(ônibus)			
2003	21.929	12.777	3.890	5.261
2004	23.874	13.911	4.074	5.889
2005	24.056	14.017	4.100	5.939
2006	24.909	13.324	3.995	7.590
2007	26.435	13.144	4.054	9.237
2008	27.653	12.971	4.135	10.547
2009	27.490	13.163	4.278	10.050

2 *Dados estimados a partir da proporção entre a frota de ônibus municipal e frota total de ônibus em 2005.

3 Fontes:

4 ¹ a partir de dados do DENATRAN, 2012 ajustado pelo fator 0,704 (ANTP, 2012)

5 ² ANTP, 2012

6 Para determinar a quantidade de ônibus equipados com ar condicionado no Município de São
 7 Paulo assumiu-se que a distribuição observada para o Estado de São Paulo pode ser aplicada para
 8 o Município. Os dados da frota de ônibus do Município são apresentados na Tabela 28.

9 **Tabela 28 – Frota de ônibus do Município de São Paulo**

Ano	Ônibus Rodoviário com Ar condicionado	Ar condicionado HFC-134a	Ar condicionado CFC-12
	(ônibus)		
2003	4.209	3.500	708
2004	4.711	4.044	667
2005	4.751	4.189	562
2006	6.072	5.477	595
2007	7.390	6.807	583
2008	8.438	7.903	535
2009	8.048	7.687	356

10 *Valores obtidos aplicando-se as proporções apresentadas na Tabela 26 aos dados da frota de ônibus rodoviário
 11 apresentados na Tabela 27.

12 Para determinar a reserva de fluido refrigerante dos ônibus com ar condicionado, considerou-se a
 13 carga inicial média apresentada por SÃO PAULO (Estado, 2011e), de 5kg de fluido refrigerante.
 14 As reservas de CFC e HFC presentes nos ônibus do Município de São Paulo são apresentadas na
 15 Tabela 29.

1

Tabela 29 – Reserva de CFC e HFC nos ônibus do Município

Ano	HFC-134a	CFC-12
	(kg de fluido refrigerante)	
2003	17.500	3.540
2004	20.220	3.336
2005	20.947	2.810
2006	27.386	2.975
2007	34.034	2.915
2008	39.514	2.677
2009	38.434	1.781

2 A taxa de emissão utilizada para quantificar as emissões de CFC e HFC foi de 15%, valor médio
3 dos propostos pelo IPCC (2006)³⁷. As emissões dos equipamentos de ar condicionado dos ônibus
4 são apresentadas na Tabela 30.

5 **Tabela 30 – Emissões de CFC e HFC dos equipamentos de ar condicionado em ônibus**

Ano	HFC-134a	CFC-12
	(kg de fluido refrigerante)	
2003	2.625	531
2004	3.033	500
2005	3.142	422
2006	4.108	446
2007	5.105	437
2008	5.927	402
2009	5.765	267

6 Assim como para os automóveis, assumiu-se que não há emissões dos equipamentos de ar
7 condicionado descartados, pois se considera que quando descartados não há mais fluido
8 refrigerante nesses equipamentos.

9 **Trens**

10 Neste item são contabilizadas as emissões provenientes dos equipamentos de ar condicionados
11 nos trens do Metrô. Os dados obtidos são para os anos de 2008 e de 2009, para os anos anteriores
12 estas informações não estavam disponíveis.

³⁷ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52, Tabela 7.9

1 A carga de HFC-134a nos equipamentos de ar condicionado para os anos de 2008 e de 2009 são
2 apresentados na Tabela 31.

3 **Tabela 31 – Carga de HFC-134a nos trens**

Ano	HFC-134a
	(kg)
2008	685
2009	1.039

4 Fonte: Metrô, 2012

5 É de conhecimento geral que alguns trens da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos –
6 CPTM também possuem ar condicionado. Estes dados foram requisitados à CPTM, a qual
7 informou não ter registros dos dados solicitados.

8 Considerando-se que os equipamentos de ar condicionado apresentem uma perda de 15% ao ano,
9 valor médio dos valores padrão propostos pelo IPCC (2006) para ar condicionado móvel, são
10 obtidas as emissões de HFC-134a do ar condicionado dos trens. Estas emissões são apresentadas
11 na Tabela 32.

12 **Tabela 32 – Emissões de HFC-134a dos trens**

Ano	Emissões de HFC-134a
	(kg HFC-134a)
2008	103
2009	156

13

14 **2.6.2 Espumas**

15 De acordo com o IPCC (2006), na produção de espumas são utilizados HFCs como agentes de
16 expansão em substituição aos CFCs e HCFCs³⁸ anteriormente utilizados. As emissões destas
17 substâncias ocorrem na produção e durante o uso desses produtos, como por exemplo, os
18 colchões, assentos automotivos, móveis, espumas de isolamento, etc.

³⁸ CFCs e HCFCs são gases que contribuem com a destruição da camada de ozônio e são controlados pelo Protocolo de Montreal, o qual tem como objetivo eliminar o uso dessas substâncias.

1 Nesta categoria, o IPCC (2006) apresenta cinco tipos de HFCs utilizados como agentes de
 2 expansão. Porém, conforme base de dados consultada (SÃO PAULO Estado, 2011d), nem todos
 3 os gases previstos pelo IPCC são utilizados na fabricação de espumas no Brasil. No Quadro 2
 4 são apresentados os gases previstos pelo IPCC e os que foram contabilizados neste inventário.

5 **Quadro 2 – Gases utilizados nos processos de fabricação de Espumas**

Substância	IPCC (2006)	Inventário do Município
HFC-134a	✓	✓
HFC-152a	✓	✗
HFC-227ea	✓	✗
HFC-245fa	✓	✗
HFC-365mfc	✓	✗
CFC-11	NP	✓
HCFC-141b	NP	✓

6 Legenda:

- 7 ✓ Gás previsto para contabilização de emissões no inventário
 8 ✗ Não contabilizado no inventário devido a não identificação do uso destes gases no Município
 9 NP Não previsto na metodologia do IPCC (2006) por ser um gás controlado pelo Protocolo de Montreal
 10 Fonte: IPCC (2006)³⁹

11 De acordo com BRASIL (2005) e SÃO PAULO (Estado, 2011d), as substâncias utilizadas como
 12 agentes de expansão no país são HFC-134a, CFC-11 e HCFC-141b. O HFC-134a ainda era
 13 pouco utilizado na fabricação de espumas no período inventariado. O HCFC-141b entrou no
 14 mercado para substituir o CFC-11, o qual teve sua utilização totalmente eliminada em 2002.

15 Apesar do CFC-11 já não ser mais utilizado na fabricação de novos produtos desde 2002, as
 16 emissões deste gás foram quantificadas neste inventário, pois parte das emissões do CFC-11
 17 utilizado na fabricação de espuma é liberado gradualmente ao longo do seu uso, podendo ocorrer
 18 num período de 20 anos (SÃO PAULO Estado, 2011d).

19 Apesar do HCFC-141b utilizado em substituição ao CFC-11 também ser uma SDO, apresenta
 20 um potencial de destruição da camada de ozônio menor que o CFC. Como as SDO não são
 21 previstas nas diretrizes do IPCC (2006) por já serem controladas pelo protocolo de Montreal, as
 22 emissões do HCFC e do CFC foram quantificadas e reportadas separadamente como informação
 23 adicional, não sendo contabilizadas no total de emissões desta categoria conforme recomendação
 24 do IPCC (2006).

³⁹ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.8, Tabela 7.1

1 Devido à indisponibilidade de informações e dados do segmento de espumas para o Município
2 de São Paulo, a quantificação das emissões de GEE do Município foi determinada com base nas
3 emissões do Estado de São Paulo proporcionalmente à população.

4 De acordo com IPCC (2006), existem dois tipos de espuma, a espuma de célula aberta e a de
5 célula fechada, que apresentam padrões de emissão diferentes. As emissões dos agentes de
6 expansão utilizados na fabricação de espumas de célula aberta ocorrem principalmente durante,
7 ou logo em seguida, da sua produção. Já para as espumas de célula fechada apenas uma parte
8 minoritária da substância utilizada no processo de produção é emitida durante a manufatura, a
9 maior parte é emitida durante a fase de uso do produto.

10 O método proposto pelo IPCC (2006) para quantificar as emissões provenientes de espumas de
11 célula fechada, utilizado neste inventário, é apresentado na Equação 10.

$$E = M_t \cdot FE_F + A_t \cdot FE_A \quad \text{Equação 10 – Emissão de espuma de célula fechada}^{40}$$

12
13 onde

E	Emissão do GEE X	[tGEE]
M_t	Massa do GEE X utilizado como agente de expansão no ano t	[tGEE]
FE_F	Fator de emissão durante a produção	[%]
A_t	GEE X armazenado nos produtos fabricados no ano t até $t-n$	[tGEE]
FE_A	Fator de emissão anual	[%]

15
16 Para espumas de célula aberta, o IPCC (2006) considera que toda a massa do agente de expansão
17 utilizada na fabricação é emitida no mesmo ano, conforme Equação 11.

$$E = M_t \quad \text{Equação 11 – Emissão de espuma de célula aberta}^{41}$$

18 onde

E	Emissão do GEE X	[tGEE]
M_t	Massa do GEE X utilizado como agente de expansão no ano t	[tGEE]

20

⁴⁰ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.33, Equação 7.7 adaptado para o inventário municipal, desconsiderando-se as variáveis DL (*Decommissioning Losses* – refere-se as perdas da substância (GEE) que ainda podem ocorrer após o período de vida útil da espuma) e RD (*Recovery and Destruction* – refere-se as emissões de GEE evitadas pela recuperação e destruição dos agentes de expansão) devido a indisponibilidade de informações, conforme orientação do IPCC

⁴¹ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.34, Equação 7.8

1 Desta forma, as emissões de CFC-11, HCFC-141b e HFC-134a foram quantificadas de acordo
2 com o tipo de espuma e da localização das fábricas de espuma.

3 2.6.2.1 CFC-11

4 Conforme apresentado anteriormente, o CFC-11 não era mais utilizado como agente de expansão
5 no Brasil no período inventariado. Logo, as emissões de CFC-11 quantificadas neste inventário
6 são as provenientes de espumas de célula fechada, que são liberadas ao longo do uso destes
7 produtos. Estas emissões foram quantificadas com base nas informações apresentadas por SÃO
8 PAULO (Estado, 2011d).

9 De acordo com o IPCC (2006)⁴², do CFC-11 consumido para fabricar espumas de célula
10 fechada, 10% de sua massa é emitida durante a fabricação e o restante fica armazenado no
11 produto industrializado, sendo liberado gradualmente ao longo dos anos. Considerou-se que do
12 total de produtos fabricados no Estado de São Paulo, apenas 35% nele permanecem e são no
13 Estado utilizados, conforme premissa adotada por SÃO PAULO (Estado, 2011d)⁴³. Desta forma,
14 os dados do Estado de São Paulo são apresentados na Tabela 33.

15 **Tabela 33 – Consumo de CFC-11 estadual**

Ano	Consumo CFC Célula Fechada	Emissão durante a Fabricação	CFC armazenado no produto	CFC no produto consumido no Estado
(tCFC-11)				
1983	574,7	57,5	517,2	181,0
1984	611,9	61,2	550,7	192,7
1985	649,2	64,9	584,3	204,5
1986	686,4	68,6	617,8	216,2
1987	723,6	72,4	651,2	227,9
1988	760,8	76,1	684,7	239,7
1989	798,0	79,8	718,2	251,4
1990	603,0	60,3	542,7	189,9
1991	526,5	52,7	473,9	165,8
1992	1.228,5	122,9	1.105,7	387,0
1993	1.215,0	121,5	1.093,5	382,7
1994	1.206,0	120,6	1.085,4	379,9
1995	1.170,0	117,0	1.053,0	368,6
1996	976,5	97,7	878,9	307,6

⁴² Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p. 7.32 – 3º parágrafo e p.7.35 – Tabela 7.5

⁴³ Fonte: SÃO PAULO (Estado, 2011d), p.25, 2º parágrafo

Ano	Consumo CFC Célula Fechada	Emissão durante a Fabricação	CFC armazenado no produto	CFC no produto consumido no Estado
(tCFC-11)				
1997	985,5	98,6	887,0	310,4
1998	1.017,0	101,7	915,3	320,4
1999	1.008,0	100,8	907,2	317,5
2000	1.282,5	128,3	1.154,3	404,0
2001	1.260,0	126,0	1.134,0	396,9
2002	45,0	4,5	40,5	14,2

1 Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011d

2 Os dados apresentados na Tabela 33 partem do ano de 1983, pois conforme discutido
3 anteriormente, as emissões relativas ao uso de espumas de célula fechada podem ocorrer num
4 período de 20 anos depois da produção (SÃO PAULO, Estado, 2011d).

5 Considerando-se que produtos contendo espuma de célula fechada sejam consumidos de forma
6 diretamente proporcional à população do Estado de São Paulo, determinou-se a parcela de
7 produtos consumidos no Município de São Paulo de acordo com a sua população.

8 Desta forma, foram necessários dados da população do Estado e do Município do período de
9 1983 a 2009. Estes dados não estavam disponíveis para todo o período⁴⁴, apenas para
10 determinados anos, conforme apresentados na Tabela 34. Para os anos que não havia informação
11 da população foram utilizados os dados obtidos por meio de regressão linear dos valores da
12 representatividade da população do Município.

13 **Tabela 34 – População do Estado e do Município de São Paulo**

Ano	Estado São Paulo (habitantes)	Município São Paulo (habitantes)	Representatividade da população do Município (%)
1980	25.375.199	8.587.665	33,8%
1991	31.546.473	9.626.894	30,5%
1992	32.126.058	9.727.889	30,3%
1993	32.701.353	9.842.059	30,1%
1994	33.206.755	9.931.038	29,9%
1995	33.699.614	10.017.821	29,7%
1996	34.119.110	9.839.066	28,8%

⁴⁴ Os dados de população do Município e do Estado de São Paulo só estavam disponíveis anualmente a partir de 1991, anteriormente a este ano a população era estimada decenalmente.

Ano	Estado São Paulo (habitantes)	Município São Paulo (habitantes)	Representatividade da população do Município (%)
1997	34.752.225	9.887.614	28,5%
1998	35.284.072	9.927.868	28,1%
1999	35.816.740	9.968.485	27,8%
2000	36.969.476	10.405.867	28,1%
2001	37.630.106	10.499.133	27,9%
2002	38.425.000	10.600.060	27,6%
2003	38.856.000	10.677.019	27,5%
2004	39.269.000	10.838.581	27,6%
2005	39.665.000	10.927.985	27,6%
2006	40.053.000	11.016.703	27,5%
2007	40.416.000	10.886.518	26,9%
2008	40.764.000	10.990.249	27,0%
2009	41.097.000	11.037.593	26,9%
2010	41.262.199	11.253.503	27,3%

1 Fonte: IBGE, 2012 – séries históricas

2 Aplicando-se a representatividade da população do Município aos dados de CFC contido nos
3 produtos utilizados no Estado de São Paulo foram obtidas as quantidades de CFC-11 contido
4 nos produtos utilizados no Município de São Paulo, apresentadas na Tabela 35.

5 **Tabela 35 – CFC armazenado nos produtos consumidos no Município**

Ano	CFC no produto consumido no Município (tCFC-11)	Ano	CFC no produto consumido no Município (tCFC-11)
1983	57,3	1993	113,9
1984	60,7	1994	112,3
1985	64,0	1995	108,3
1986	67,3	1996	89,8
1987	70,5	1997	90,0
1988	73,6	1998	92,3
1989	76,7	1999	90,8
1990	58,0	2000	113,7
1991	50,0	2001	112,0
1992	115,9	2002	3,9

6

1 Considerando-se a premissa apresentada por SÃO PAULO (Estado, 2011d)⁴⁵, de que as
 2 emissões de CFC-11 durante o uso dos produtos ocorrem durante os 20 anos que sucedem sua
 3 produção e, utilizando-se o fator de emissão padrão anual do IPCC (2006)⁴⁶ de 4,5% da carga
 4 inicial utilizada na produção de espuma de célula fechada, foram obtidas as emissões de CFC-11,
 5 apresentadas na Tabela 36.

6 **Tabela 36 – Emissões de CFC-11 no Município de São Paulo**

Ano	Emissão de CFC-11
	(tCFC-11)
2003	73
2004	71
2005	68
2006	65
2007	62
2008	59
2009	55

7 **2.6.2.2 HCFC-141b**

8

9 Devido à indisponibilidade de informações sobre a existência de fábricas e do consumo de
 10 HCFC-141b para produção de espumas no Município de São Paulo, adotou-se a premissa de que
 11 tanto as emissões durante a produção quanto as emissões durante o uso de produtos com espuma
 12 de HCFC são proporcionais às emissões do Estado de São Paulo.

13 De acordo com SÃO PAULO (Estado, 2011d)⁴⁷, adotou-se a premissa de que do HCFC-141b
 14 consumido no Estado de São Paulo, 25% é utilizado para fabricação de espuma de célula aberta e
 15 75% é utilizado para fabricação de espuma de célula fechada. Os dados de consumo do Estado
 16 são apresentados na Tabela 37.

⁴⁵ Fonte: SÃO PAULO (Estado, 2011d), p.22 – Fator de emissão para emissão em espumas de célula fechada durante a vida útil da espuma

⁴⁶ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.35, Tabela 7.5 – *Annual losses*

⁴⁷ Fonte: SÃO PAULO (Estado, 2011d), p.26 – 3º e 4º parágrafos

1 **Tabela 37 – Consumo estadual de HCFC-141b**

Ano	Consumo estadual na produção de espuma	HCFC utilizado na produção de espuma de célula aberta	HCFC utilizado na produção de espuma de célula fechada
	(tHCFC-141b)		
2002	1.692	423	1.269
2003	1.927	482	1.445
2004	2.336	584	1.752
2005	2.255	564	1.691
2006	2.118	530	1.589
2007	2.960	740	2.220
2008	2.804	701	2.103
2009	2.914	728	2.185

2 Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011d

3 Considerando-se que o consumo de HCFC na produção de espuma do Estado de São Paulo
4 distribui-se uniformemente em relação à população, obteve-se a quantidade de HCFC-141b
5 consumida no Município de São Paulo. Os dados populacionais utilizados para isto foram os
6 apresentados na Tabela 12. Desta forma, os dados de consumo de HCFC para produção de
7 espumas no Município de São Paulo são apresentados na Tabela 38.

8 **Tabela 38 – Consumo de HCFC-141b no Município de São Paulo**

Ano	Consumo para produção de espuma de célula aberta	Consumo para produção de espuma de célula fechada
	(tHCFC-141b)	
2002	117	350
2003	132	397
2004	161	484
2005	155	466
2006	146	437
2007	199	598
2008	189	567
2009	196	587

9 A partir destes dados foram quantificadas as emissões de HCFC-141b. Para as espumas de célula
10 aberta, conforme apresentado pela Equação 11, toda a massa de HCFC-141b consumida na
11 produção de espuma é emitida. Para as espumas de célula fechada, de acordo com IPCC

1 (2006)⁴⁸, considera-se que 10% da massa consumida é emitida durante a produção e que o
 2 restante fica armazenado e é liberado gradativamente a uma taxa de 4,5% da massa inicial
 3 consumida por ano. Ressalta-se que a proporção apresentada por SÃO PAULO (Estado, 2011d)
 4 de que apenas 35% dos produtos com espuma de célula fechada são consumidas no Estado de
 5 São Paulo, também foi aplicada para o Município de São Paulo, por falta de informações
 6 específicas para o Município.

7 Na Tabela 39 são apresentadas as emissões de HCFC-141b no Município de São Paulo devido à
 8 produção e uso de espumas de célula aberta e de espumas de célula fechada.

9 **Tabela 39 – Emissões de HCFC-141b do Município de São Paulo**

Ano	Emissão na fabricação Célula Aberta	Espuma de célula fechada			Emissão durante o uso	Emissão Total
		Emissão na Fabricação	HCFC armazenado no produto (tHCFC-141b)	Produto consumido no Município		
2002	117	35	315	110	5	157
2003	132	40	357	125	11	183
2004	161	48	435	152	17	227
2005	155	47	419	147	24	226
2006	146	44	393	138	30	220
2007	199	60	538	188	39	298
2008	189	57	510	179	47	292
2009	196	59	528	185	55	309

10 2.6.2.3 HFC-134a

11 De acordo com SÃO PAULO (Estado, 2011d), existe apenas uma fábrica de espumas que utiliza
 12 o HFC-134a como agente de expansão no Estado de São Paulo e esta unidade não está localizada
 13 no Município de São Paulo. Desta forma, foram contabilizadas neste inventário apenas as
 14 emissões de HFC provenientes da utilização de produtos que contenham espuma de célula
 15 fechada, pois conforme metodologia do IPCC (2006) as emissões de espuma de célula aberta
 16 ocorrem em sua totalidade durante a produção; ou seja, fora do Município.

17 Da mesma forma que para os demais agentes de expansão, considerou-se, conforme apresentado
 18 por SÃO PAULO (Estado, 2011d), que 25% do HFC-134a consumido foi utilizado para produzir

⁴⁸ Fonte: IPCC 92006), V.3, Ch.7, p.7.35, Tabela 7.5

1 espuma de célula aberta e que 75% foi utilizado para produzir espuma de célula fechada.
 2 Considera ainda que apenas 35% do produzido é consumido no Estado de São Paulo. Além
 3 disso, foi considerado que 90% do HFC utilizado na produção de espuma de célula fechada fica
 4 armazenado no produto, sendo liberado gradativamente podendo ocorrer em um período superior
 5 ao período de uso que é de 20 anos, conforme apresentado pelo IPCC (2006). Os dados do
 6 Estado de São Paulo são apresentados na Tabela 40.

7 **Tabela 40 – Consumo de HFC-134a no Estado de São Paulo**

Ano	Consumo estadual na produção de espuma ⁽¹⁾	Consumo HFC Célula Fechada	HFC armazenado no produto	HFC no produto consumido no Estado
	(tHFC-134a)			
2006	50	37,5	33,75	11,8
2007	50	37,5	33,75	11,8
2008	50	37,5	33,75	11,8
2009*	50	37,5	33,75	11,8

8 *Dados considerados fixos para o ano de 2009 devido à falta de informação.

9 Nota: Os dados de consumo de HFC-134a na fabricação de espumas referem-se a uma média anual para o período
 10 de 2006 a 2008. Para os anos anteriores a 2006 não foram encontrados indícios de consumo de HFC-134a para
 11 fabricação de espumas no estado de São Paulo.

12 Fonte: ⁽¹⁾ SÃO PAULO (Estado), 2011d.

13 Considerando-se que a distribuição dos produtos consumidos no Estado de São Paulo é uniforme
 14 em relação à população e que a emissão durante o uso é de 4,5% da carga inicial utilizada na
 15 produção dessas espumas, conforme valor padrão do IPCC (2006). A partir dessas informações
 16 foram estimadas as quantidades de HFC contido nos produtos consumidos no Município de São
 17 Paulo e as emissões provenientes desse uso, apresentadas na Tabela 41.

18 **Tabela 41 – Emissão de HFC-134a no Município**

Ano	HFC armazenado nos produtos consumidos no Município	Emissão de HFC
	(tHFC-134a)	
2006	3,25	0,1
2007	3,18	0,3
2008	3,18	0,4
2009	3,17	0,6

19 Nota: Os dados populacionais utilizados para determinar a parcela de HFC contido nos produtos consumidos no
 20 Município de São Paulo foram os apresentados na Tabela 12.

2.6.3 Proteção contra Incêndios

De acordo com o IPCC (2006), os HFCs e os PFCs vêm sendo utilizados como agente extintor em sistemas de proteção contra incêndios em substituição aos halons. As substâncias previstas pelo IPCC (2006), utilizadas em sistemas de proteção contra incêndios, são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Substâncias utilizadas em sistemas de proteção contra incêndio

HFC-23	HFC-227ea	PFC-14
HFC-125	HFC-236fa	PFC-31-10
HFC-134a		

Fonte: IPCC (2006)⁴⁹

Existem dois tipos de sistemas de proteção contra incêndio, os extintores portáteis e os sistemas fixos. Normalmente os HFCs e PFCs são utilizados em sistemas fixos de proteção contra incêndio, pois em equipamentos portáteis sua aceitação foi limitada devido ao alto custo (IPCC, 2006).

Para validar no nível brasileiro a afirmação do IPCC (2006) sobre os HFCs e PFCs serem pouco utilizados em extintores portáteis, são apresentadas informações publicadas por BRASIL (2010b) sobre a Du Pont, maior importadora nacional de HFC para extintores de incêndio. No período entre 2000 e 2009, a Du Pont estimou um consumo anual de 90t de HFC para utilização em sistemas de proteção contra incêndio, sendo que deste montante, apenas 1% foi utilizado em extintores portáteis.

Além disso, no Brasil, os extintores portáteis geralmente utilizam como agente extintor o dióxido de carbono, água e pó químico. Por exemplo, nos extintores dos automóveis de acordo com a Resolução CONTRAN 157/04, o agente extintor deve ser propício para apagar incêndio da classe A (madeira e papel), classe B (líquidos inflamáveis) e classe C (equipamentos elétricos). Geralmente as substâncias utilizadas nestes extintores são o monofosfato de amônia e o sulfato de monoamônio. No período anterior à Resolução o extintor comumente utilizado era o de pó seco a base de bicarbonato de sódio. Esses agentes extintores não são os de interesse para as emissões de GEE, que visa os sistemas que utilizam HFCs ou PFCs.

⁴⁹ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.8, Tabela 7.1

1 Em relação aos sistemas fixos de proteção contra incêndios com HFCs ou PFCs, estes
 2 geralmente são utilizados em locais que possuem equipamentos de alta tecnologia, sensíveis ou
 3 de alto valor agregado, pois são adequados para as três classes de incêndio e não deixam
 4 resíduos, preservando os objetos a serem protegidos contra o fogo (SEITO *et al*, 2008).

5 Para quantificar as emissões de GEE provenientes do uso de extintores de incêndio pela
 6 metodologia do IPCC (2006), seriam necessárias informações sobre a quantidade de agente
 7 extintor existente no Município por tipo de agente. À procura desses dados, foram verificadas
 8 informações no Corpo de Bombeiros e no Departamento de Controle e Uso de Imóveis –
 9 CONTRU. Porém, não foram encontrados quaisquer informações ou dados estatísticos sobre a
 10 quantidade de utilização dos agentes extintores. Desta forma, a opção restante seria estimar as
 11 emissões via modelagem por algum indicador de uso dessas substâncias, sendo levantadas e
 12 apresentadas informações sobre a obrigatoriedade e uso desses sistemas.

13 No Estado de São Paulo, o Decreto Estadual 56819/11 e a norma ABNT NBR 12693:2010
 14 regulamentam a obrigatoriedade de sistemas de proteção contra incêndio, de acordo com a classe
 15 do incêndio e estrutura do local. Porém, não há uma obrigatoriedade em relação ao tipo de
 16 proteção, que podem ser por meio de extintores de incêndio portáteis ou sistemas fixos de
 17 proteção, nem em relação ao tipo de substância utilizada em supressão ao fogo.

18 Os tipos de agentes extintores que podem ser utilizados para cada tipo de incêndio são
 19 apresentados no Quadro 4.

20 **Quadro 4 – Recomendação de agente extintor por classe de incêndio**

Classe	Agente extintor					
	Água	Espuma	CO ₂	Pó Químico BC	Pó Químico ABC	Halogenados
A	(A)	(A)	(NR)	(NR)	(A)	(A)
B	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
C	(P)	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)

21 Nota:

22 (A) Adequado

23 (NR) Não Recomendado

24 (P) Proibido

25 Fonte: SEITO *et al*, 2008

1 Para uma mesma classe de incêndio podem ser utilizados diversos agentes extintores. Por
 2 exemplo, se a norma obriga um estabelecimento a ter uma proteção contra incêndio de classe A,
 3 este estabelecimento pode utilizar extintores a base de água, espuma, pó químico BC, pó químico
 4 ABC ou halons. A escolha entre esses agentes é de total liberdade do estabelecimento, contanto é
 5 claro, que esteja de acordo com a cobertura das classes de incêndio determinadas pela norma.

6 Como explicitado anteriormente, devido aos diversos tipos de sistemas e agentes supressores que
 7 podem ser utilizados na proteção contra incêndio, a opção via modelagem se torna inviável
 8 perante a falta de direcionamento dos fatores que compõem o subsetor. Qualquer aproximação
 9 numérica estaria sujeita a um grau de incerteza que anularia o modelo. Além disso, segundo o
 10 IPCC (2006), as emissões deste segmento devem ser pequenas em relação às emissões do setor.

11 2.6.4 Aerossóis

12 As emissões de GEE previstas pelo IPCC (2006) devem-se à utilização de diversos HFCs como
 13 propelentes nos aerossóis em substituição às SDO. Porém, de acordo com as fontes consultadas
 14 (BRASIL, 2005 e SÃO PAULO, 2011b) nem todos os HFCs listados pelo IPCC são utilizados
 15 no Brasil. No Quadro 5 são apresentados os HFCs considerados pelo IPCC e os efetivamente
 16 contabilizados neste inventário.

17 **Quadro 5 – Substâncias utilizadas nos aerossóis**

Substância	IPCC	Inventário
HFC-134a	✓	✓
HFC-152a	✓	✗
HFC-227ea	✓	✗
CFC-11	NP	✓
CFC-12	NP	✓

18 Legenda:
 19 ✓ Gás previsto para contabilização de emissões no inventário
 20 ✗ Não contabilizado no inventário devido a não identificação do uso destes gases no Município
 21 NP Não previsto na metodologia do IPCC (2006) por ser um gás controlado pelo Protocolo de Montreal
 22 Fonte: IPCC (2006)⁵⁰

23 De acordo com IPCC (2006), a maioria dos aerossóis utiliza hidrocarbonetos como propelentes,
 24 mas uma pequena fração destes produtos pode utilizar HFCs como propelentes. As emissões

⁵⁰ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.8, Tabela 7.1

1 dessas substâncias ocorrem geralmente em um curto período após a manufatura do produto, em
 2 média seis meses depois da venda. Entretanto, o período entre a produção e a venda pode variar
 3 dependendo do produto. A emissão ocorre durante o uso dos aerossóis, onde 100% da substância
 4 química utilizada como propelente é emitida. As cinco principais aplicações de aerossóis são:

- 5 • Inaladores de Dose Medida (IDMs)
- 6 • Produtos de cuidado pessoal (exemplo: desodorante, creme de barbear, etc)
- 7 • Produtos domésticos (exemplo: produtos de limpeza)
- 8 • Produtos industriais (exemplo: sprays especiais de limpeza industrial)
- 9 • Outros produtos (exemplo: enchimento de pneu, spray de serpentina, buzina, etc)

10 Apesar de não contemplado pelo IPCC (2006), também foram consideradas neste inventário as
 11 emissões de CFCs utilizados como propelentes nos aerossóis, pois de acordo com as fontes
 12 consultadas (BRASIL, 2005 e SÃO PAULO Estado, 2011b) foram utilizados CFC-11 e CFC-12
 13 no período inventariado.

14 A utilização de CFCs como propelentes em aerossóis é proibida no Brasil pela Portaria nº 534 de
 15 1988 do Ministério da Saúde, sendo permitida apenas em produtos medicinais, como os
 16 inaladores de dose medida – IDMs. Para as demais aplicações, são utilizados como propelentes
 17 os hidrocarbonos e o HFC-134a (BRASIL, 2005).

18 Para quantificar as emissões dos aerossóis, o IPCC (2006) diferencia a metodologia em *Tier 1* e
 19 *Tier 2* apenas em relação à disponibilidade de dados em diferentes níveis de detalhamento. Neste
 20 inventário, devido a indisponibilidade de dados, foi utilizado o *Tier 1*.

21 As emissões de HFC foram quantificadas utilizando-se a Equação 12, proposta pelo IPCC
 22 (2006).

$$E = Cons_t \cdot FE + Cons_{t-1} \cdot (1 - FE) \quad \text{Equação 12 – Emissões de HFC dos aerossóis}^{51}$$

23 onde

E	Emissões de HFC dos aerossóis	[tHFC]
$Cons_t$	Consumo de aerossóis contendo HFC no ano t	[tHFC]
FE	Fator de emissão no primeiro ano	[%]

⁵¹ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.28, Equação 7.6

$Cons_{t-1}$ Consumo de aerossóis contendo HFC no ano t-1

[tHFC]

1 Ressalta-se que a metodologia proposta pelo IPCC (2006) refere-se às emissões de HFCs, porém,
2 considerando-se que os produtos que utilizam CFCs como propelentes apresentam as mesmas
3 características dos produtos com HFCs, a metodologia proposta pelo IPCC (2006) também foi
4 aplicada para quantificar as emissões dos CFCs utilizados como propelentes nos aerossóis.

5 De acordo com o IPCC (2006), as emissões das substâncias usadas como propelentes nos
6 aerossóis são rápidas, pois toda a carga inicial é liberada entre o primeiro e o segundo ano após a
7 produção. Essas emissões ocorrem em média até seis meses após a venda, durante o período de
8 uso desses produtos, para a maioria das aplicações de aerossóis. Desta forma, o fator de emissão
9 utilizado para calcular as emissões de GEE dos aerossóis foi o valor padrão do IPCC (2006)⁵² de
10 50%, indicando que metade da carga inicial dos aerossóis é liberada dentro do primeiro ano e o
11 restante da carga é liberada durante o segundo ano.

12 **2.6.4.1 CFCs**

13 No Brasil, o uso de CFCs como propelente é permitido apenas em medicamentos, como em
14 IDMs. De acordo com SÃO PAULO (Estado, 2011b), verificou-se que alguns IDMs vendidos no
15 Brasil ainda usam como propelentes o CFC-11 e CFC-12. Como não havia dados de consumo
16 dessas substâncias disponíveis para o Município, as emissões foram quantificadas com base em
17 informações do consumo nacional.

18 Os dados de consumo de CFC-11 e CFC-12 como propelentes em aerossóis no Brasil são
19 apresentados na Tabela 42.

⁵² Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.29, 7.3.2.2-Choice of Emission Factors

1 **Tabela 42 – Consumo de CFCs como propelente no Brasil**

Ano	CFC-11		CFC-12
	(t)		
2002	110		200
2003	125		220
2004	140		240
2005	155		265
2006	173		278
2007	194		302
2008	216		328
2009*	228		346

2 *Dados do ano de 2009 estimados por regressão linear devido à indisponibilidade destes dados.

3 Fonte: SÃO PAULO, 2011b.

4 O consumo de CFCs no Brasil, apresentado na Tabela 42, vem aumentando ao longo do período
 5 analisado. O que se mostra um tanto inesperado, uma vez que se apresenta de maneira
 6 contraditória ao Programa Nacional para a Eliminação Gradual de CFC. Por este motivo, sugere-
 7 se o monitoramento e fiscalização do consumo dessas substâncias.

8 Para alocar parte do consumo nacional para o Município de São Paulo, considerou-se que a
 9 distribuição de pessoas que utilizam IDMs no Brasil é uniforme. Desta forma, utilizou-se a
 10 população do Brasil e do Município de São Paulo para fazer esta distinção. Estes dados são
 11 apresentados na Tabela 43.

12 **Tabela 43 – População do Brasil e do Município de São Paulo**

Ano	População do Brasil (habitante)	Município de São Paulo (habitante)	Representatividade da população do Município em relação ao Brasil (%)
2002	173.501.000	10.600.060	6,1%
2003	175.954.000	10.677.019	6,1%
2004	181.687.000	10.838.581	6,0%
2005	183.881.000	10.927.985	5,9%
2006	186.021.000	11.016.703	5,9%
2007	188.029.000	10.886.518	5,8%
2008	189.953.000	10.990.249	5,8%
2009	191.796.000	11.037.593	5,8%

13 Fonte: IBGE, 2012.

1 A partir dos dados de consumo de CFC-11 e CFC-12 no Brasil e da representatividade da
 2 população do Município de São Paulo em relação ao Brasil, obteve-se o consumo de CFCs do
 3 Município, apresentado na Tabela 44.

4 **Tabela 44 – Estimativa de consumo de CFCs no Município de São Paulo**

Ano	CFC-11	CFC-12
	(t)	
2002	6,7	12,2
2003	7,6	13,3
2004	8,4	14,3
2005	9,2	15,7
2006	10,2	16,5
2007	11,2	17,5
2008	12,5	19,0
2009	13,1	19,9

5 Aplicando-se os dados de consumo de propelentes no Município de São Paulo ao fator de
 6 emissão, conforme apresentado na Equação 12, obteve-se as emissões de CFCs do uso de
 7 aerossóis no Município. Estas emissões são apresentadas na Tabela 45.

8 **Tabela 45 – Emissões de CFC dos aerossóis no Município de São Paulo**

Ano	CFC-11	CFC-12
	(tCFC-11)	(tCFC-12)
2003	7,2	12,8
2004	8,0	13,8
2005	8,8	15,0
2006	9,7	16,1
2007	10,7	17,0
2008	11,9	18,2
2009	12,8	19,5

9 **2.6.4.2 HFC-134a**

10 Para quantificar as emissões de HFC-134a devidas ao uso de aerossóis também foi necessário
 11 alocar parte do consumo nacional para o Município de São Paulo, pois dados municipais da
 12 utilização de HFC-134a como propelente em aerossóis não estavam disponíveis.

1 Os dados de consumo de HFC-134a como propelente no Brasil são apresentados na Tabela 46.

2 **Tabela 46 – Consumo de HFC-134a como propelente no Brasil**

Ano	HFC-134a
	(kg)
2002	8.215
2003	8.044
2004	12.443
2005	9.514
2006	9.840
2007	6.997
2008	40.800
2009	42.609

3 Fonte: BRASIL, 2010b.

4 Deve-se ressaltar que os dados apresentados na Tabela 46 foram obtidos a partir da quantidade
 5 de embalagens de aerossóis, considerando-se que cada embalagem é carregada com seis gramas
 6 de propelente. Estes valores de consumo referem-se à quantidade de propelente utilizado para
 7 carregar embalagens de aerossóis importadas, pois não havia informações da quantidade de
 8 embalagens produzidas no Brasil.

9 A partir dos dados de consumo nacional de HFC-134a como propelentes e da representatividade
 10 da população do Município de São Paulo em relação à população do Brasil (apresentado na
 11 Tabela 43), obteve-se a parcela de consumo de HFC do Município. Desta forma foi possível
 12 quantificar as emissões de HFC-134a de aerossóis no Município aplicando-se a Equação 12. O
 13 consumo municipal e as emissões de HFC-134a devido à utilização de aerossóis são
 14 apresentados na Tabela 47.

1

Tabela 47 – Consumo estimado e emissões de HFC-134a no Município

Ano	Consumo	Emissão
	(tHFC-134a)	
2002	0,5	NC
2003	0,5	0,5
2004	0,7	0,6
2005	0,6	0,7
2006	0,6	0,6
2007	0,4	0,5
2008	2,4	1,4
2009	2,5	2,4

2 Nota: NC - Não Calculado

3 As emissões para o ano de 2002 não foram calculadas, pois conforme apresentado na metodologia, seriam
4 necessárias informações do ano anterior. Além disso, as emissões do ano de 2002 não fazem parte do estudo.5 **2.6.5 Solventes**6 De acordo com IPCC (2006), os HFCs são utilizados como solventes em uma variedade de
7 aplicações muito maior do que era o CFC-113, antes de sua eliminação devido ao protocolo de
8 Montreal. Os HFCs listados pelo IPCC (2006) como substitutos do CFC-113 são: HFC-245fa, o
9 HFC-365mfc e o HFC-43-10mee.10 No Brasil, o uso de CFC-113 foi proibido a partir do ano de 2000 conforme Resolução
11 CONAMA 267/00. Deste então foi substituído por outras substâncias e, de acordo com SÃO
12 PAULO (Estado, 2010), não foi identificado o uso de solventes com HFCs no Estado de São
13 Paulo no período inventariado.14 Desta forma, prevê-se que no período de 2003 a 2009 não houve emissão de CFC-113 e nem de
15 HFCs provenientes do uso de solventes no Município de São Paulo.16 **2.6.6 Outras Aplicações**17 Nesta categoria o IPCC (2006) considera que devido às propriedades dos HFCs e PFCs, estes
18 podem ser utilizados em diversas outras aplicações, como por exemplo, em testes eletrônicos,
19 aplicações médicas, entre outras. Porém, não foi identificada a utilização de HFCs e PFCs nessas
20 outras aplicações.

2.7 PRODUÇÃO E USO DE OUTROS PRODUTOS

2.7.1 Equipamentos Elétricos

O IPCC (2006) prevê a contabilização das emissões de hexafluoreto de enxofre – SF₆ e de PFCs provenientes da utilização de equipamentos elétricos que contenham estas substâncias. O SF₆ é utilizado em equipamentos de transmissão e distribuição de eletricidade com a finalidade de isolamento elétrico e interrupção de corrente. Já os PFCs são utilizados como fluidos de transferência de calor em transformadores apenas em algumas regiões, como no Japão e na América do Norte.

Para verificar a utilização de SF₆ e PFCs no Município de São Paulo contactou-se a AES Eletropaulo, empresa responsável pela transmissão e distribuição de eletricidade no Município, e verificou-se que a mesma não utiliza estas substâncias como agente isolante em seus equipamentos de transmissão e distribuição, os quais utilizam em sua maioria óleo mineral como agente isolante. Também foi levantado junto ao Metrô se houve utilização de SF₆ ou PFC em seus equipamentos elétricos no período inventariado, o qual confirmou que para os anos de 2008 e 2009 não foram consumidos esses gases e que para os anos anteriores a 2008 não existem informações disponíveis.

Desta forma, não foram identificadas fontes de emissão de SF₆ ou de PFCs no Município de São Paulo no período inventariado. Ressalta-se que caso existam transformadores em depósitos ou abandonados e que não tiveram seus agentes isolantes recuperados ou extraídos, estes são possíveis fontes de emissões. Porém, como não foram encontradas estatísticas sobre os equipamentos inutilizados, estas eventuais emissões não foram contabilizadas.

2.8 OUTROS

De acordo com IPCC (2006), enquadram-se na categoria Outros os segmentos da Indústria de Papel e Celulose e da Indústria de Alimentos e Bebidas, os quais podem ser fonte de emissão de CO₂ e CH₄. Porém, o IPCC (2006) não apresenta uma diretriz metodológica para esta contabilização. Desta forma, as emissões provenientes dos processos industriais nestes segmentos não foram contempladas neste inventário.

3 RESULTADOS CONSOLIDADOS

As emissões do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos partem da contabilização das substâncias e seus respectivos potenciais de aquecimento global (PAG). Os resultados são apresentados a seguir.

3.1 EMISSÕES DE GEE DO SETOR

Os GEE emitidos pelo setor de Processos Industriais e Uso de Produtos, verificados no Município de São Paulo foram o dióxido de carbono (CO₂) e o hidrofluorcarbono HFC-134a (PAG = 1.300 CO₂e). As emissões de cada categoria por tipo de gás emitido é apresentado na Tabela 48.

Tabela 48 – Emissões do setor IPPU por GEE

Ano	Indústria Mineral	Solventes e Uso Não Energético	Substitutas das SDO
	(tCO ₂)	(tCO ₂)	(tHFC-134a)
2003	32.995	60.862	86
2004	31.672	61.071	101
2005	32.839	66.313	117
2006	31.109	58.870	137
2007	32.082	60.167	161
2008	29.954	74.814	189
2009	30.204	56.914	209

Conforme discutido anteriormente, as emissões das demais categorias deste setor não são apresentadas por não ter sido identificada a presença dessas categorias ou fontes de emissão significativa no Município.

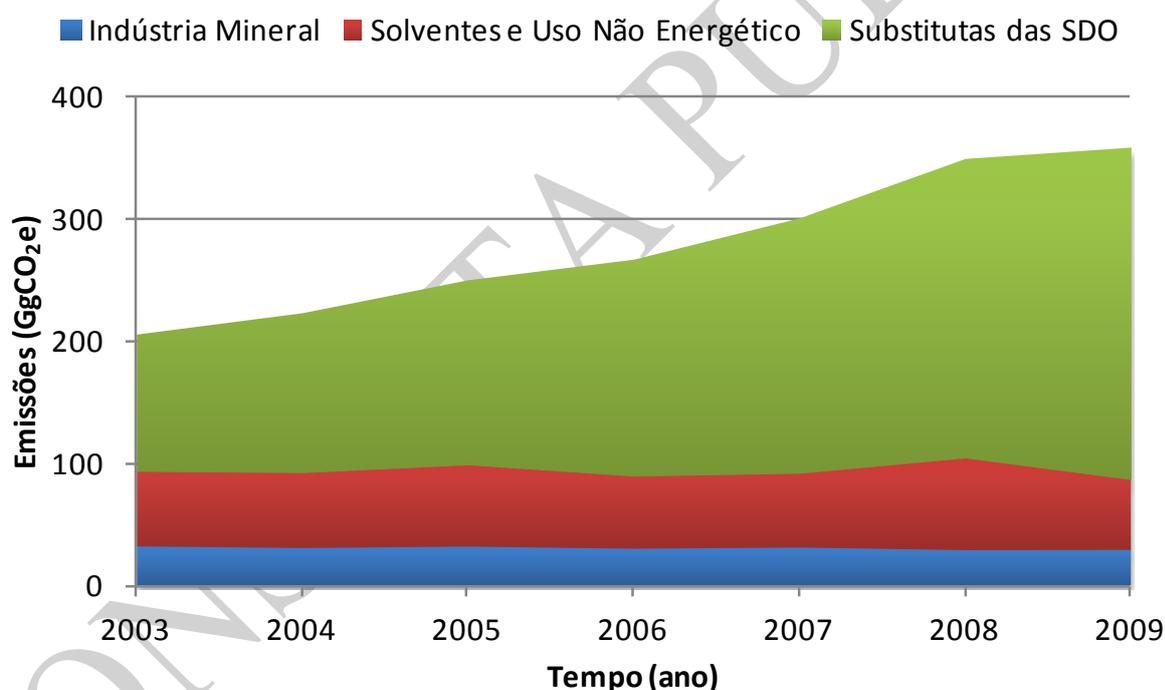
As emissões de GEE deste setor são apresentadas em sua totalidade para cada categoria na Tabela 49.

1

Tabela 49 – Emissões de GEE do setor IPPU no Município de São Paulo

Ano	Indústria Mineral	Solventes e Uso Não Energético	Substâncias substitutas das SDO	Total de Emissões do Setor
(tCO ₂ e)				
2003	32.995	60.862	112.324	206.182
2004	31.672	61.071	130.923	223.665
2005	32.839	66.313	151.511	250.663
2006	31.109	58.870	177.540	267.518
2007	32.082	60.167	209.129	301.378
2008	29.954	74.814	245.361	350.129
2009	30.204	56.914	272.338	359.456

2 As emissões de GEE do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos, observadas no
 3 Município de São Paulo no período de 2003 a 2009, são apresentadas na Figura 8 por categoria.



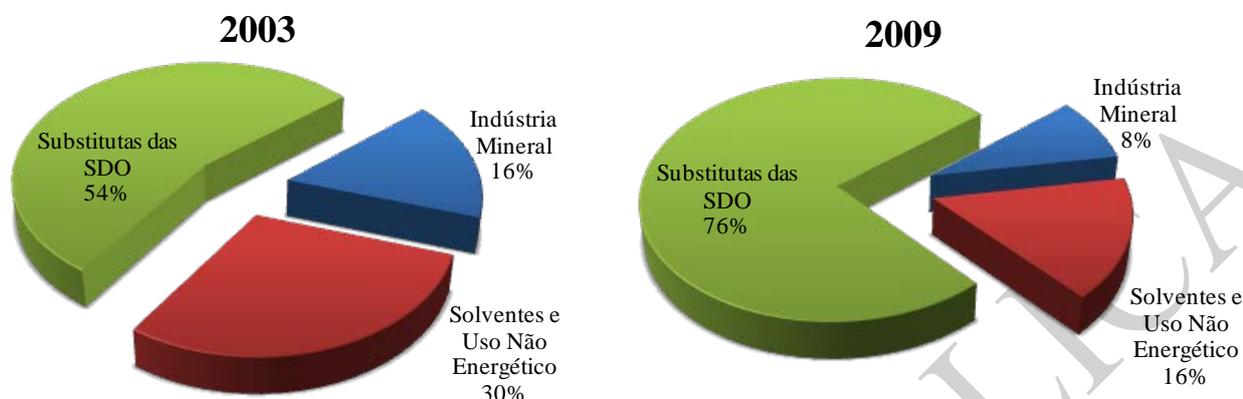
4

5

Figura 8 – Emissões de GEE do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos

6 Conforme apresentado nas Tabela 48 e Tabela 49, pode ser observado que as emissões de HFC-
 7 134a, único GEE utilizado em substituição às SDO identificado no Município como fonte
 8 significativa de emissão, em toneladas métricas aparentam ser pouco representativas. Porém,
 9 quando comparadas às emissões das demais categorias em relação ao seu PAG, as emissões da
 10 categoria Substâncias Substitutas às SDO se tornam bastante significativas. Para ilustrar a

1 representatividade desta categoria, são apresentadas as emissões dos anos de 2003 e de 2009 na
 2 Figura 9.



3 **Figura 9 – Perfil das emissões do setor IPPU em 2003 e 2009**

4

5 3.2 GASES CONTROLADOS PELO PROTOCOLO DE MONTREAL

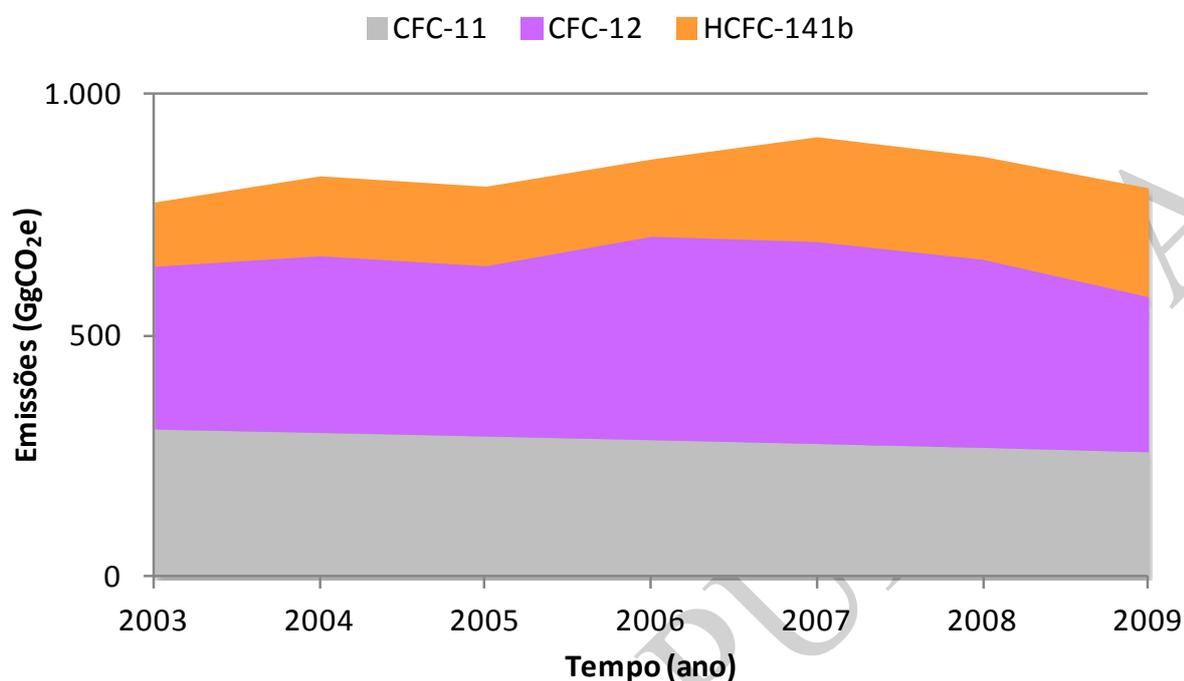
6 Os gases controlados pelo protocolo de Montreal são os gases que apresentam potencial de
 7 destruição da camada de ozônio. Neste inventário foram identificadas as emissões de alguns
 8 desses gases, os quais também apresentam potenciais de aquecimento global: CFC-11 (PAG =
 9 3.800 CO₂e), CFC-12 (PAG = 8.100 CO₂e) e HCFC-141b (PAG = 725 CO₂e). Estas emissões
 10 são apresentadas como informação adicional ao inventário, uma vez que o IPCC não contempla
 11 os gases do protocolo de Montreal.

12 Na Tabela 50 são apresentadas as emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal no
 13 setor de Processos Industriais e Uso de Produtos do Município de São Paulo.

14 **Tabela 50 – Emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal**

Ano	CFC-11	CFC-12	HCFC-141b	Emissão Total
	(tCO ₂ e)			
2003	305.121	337.921	132.445	775.486
2004	298.243	366.485	164.569	829.297
2005	290.784	353.357	163.823	807.964
2006	283.266	421.627	159.193	864.087
2007	275.433	418.467	215.939	909.840
2008	267.493	389.989	212.027	869.509
2009	258.345	321.954	224.316	804.615

1 Na Figura 10 são apresentadas as emissões dos gases controlados pelo protocolo de Montreal, do
2 setor de Processos Industriais e Uso de Produtos.



3
4 **Figura 10 – Emissão de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal**

5 Como pode ser verificado na Figura 10, no ano de 2007 houve um pico nas emissões de GEE do
6 Município, o qual está relacionado principalmente com o aumento no consumo de HCFC-141b
7 na fabricação de espumas.

8

1 4 INCERTEZAS

2 As incertezas atribuídas às emissões de Processos Industriais e Uso de Produtos estão associadas
3 principalmente à indisponibilidade de dados sobre a atividade do setor industrial do Município
4 de São Paulo. Para suprir a falta de dados municipais foi necessário determiná-los a partir da
5 desagregação por critérios econômicos, demográficos e outros de dados nacionais ou estaduais.
6 Para os próximos inventários é importante que seja elaborada, desde já, uma base de dados
7 consistentes para o Município.

8 A base de dados da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE para o Município
9 de São Paulo, disponibilizada pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU,
10 foi verificada com o intuito de identificar a existência de determinadas indústrias relevantes para
11 o inventário de GEE. A base destes dados é trabalhista e criar alocações a partir destas
12 informações é contestável, já que não é possível distinguir claramente o que representa atividade
13 industrial (produção) e atividade corporativa (escritórios administrativos destas indústrias).
14 Entretanto, esta base apresenta indícios de atividades industriais no Município, podendo a partir
15 dessas informações, iniciar um levantamento de dados econômicos ou ambientais para gerar um
16 futuro banco de dados que permita uma avaliação consistente.

17 Parte das informações necessárias, como na categoria refrigeração, é considerada confidencial ou
18 de sensibilidade competitiva. Entretanto, para o desenho e o monitoramento de políticas para as
19 mudanças climáticas estes dados deverão ser futuramente objeto de acordos com os setores
20 econômicos.

21 Uma incerteza dos dados, quando disponíveis, é em relação à sua abrangência, pois algumas
22 pequenas indústrias podem não terem sido contabilizadas. Além disso, não foram consideradas
23 eventuais indústrias clandestinas existentes no Município de São Paulo.

24 Além das incertezas derivadas da relativa indisponibilidade de informações, existem incertezas
25 nos próprios fatores de emissão do IPCC (2006), que variam de acordo com cada categoria:

- 26 • Para a produção de vidro, da categoria de Indústria Mineral, o fator apresenta uma
27 margem de 60% de incerteza⁵³;

⁵³ IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.31, 2.4.2.1 *Emission Factor Uncertainties*

- 1 • Na categoria de Uso de Solventes e Uso Não Energético a incerteza do fator utilizado
2 para quantificar as emissões de GEE do uso de lubrificantes⁵⁴ no Município é de 50% e o
3 para o fator referente ao uso de parafina⁵⁵ a incerteza chega a 100%;
- 4 • Para a categoria de substâncias substituta das SDO, a incerteza dos fatores utilizados
5 pode ultrapassar a margem dos 100%⁵⁶.
- 6
- 7

CONSULTA PÚBLICA

⁵⁴ IPCC (2006); V.3, Ch.5, p.5.10, 5.2.3.1 *Emission Factor Uncertainties*

⁵⁵ IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.13; 5.3.3.1 *Emission Factor Uncertainties*

⁵⁶ IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.52 e p.7.58

1 5 REFERÊNCIAS

- 2 ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis 2010**. Rio
3 de Janeiro: ANP, 2010. Disponível em
4 <[http://www.anp.gov.br/?pg=58351&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=13397032](http://www.anp.gov.br/?pg=58351&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1339703281976)
5 81976> Acesso em: 07/05/12.
- 6 ANP. **Consumo de parafina do Município de São Paulo de 2003 a 2009**. (via e-mail).
7 Mensagem recebida em 25/06/2012.
- 8 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Proteção da Camada de Ozônio no Brasil: 1990 a**
9 **2005**. Brasília, 2005. Disponível em:
10 <<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/publicacoes/628.pdf>>. Acesso em:
11 03/05/12.
- 12 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de ajuda para o controle das substâncias**
13 **que destroem a camada de ozônio – SDO**. Brasília: IBAMA/MMA/GTZ, 2009. Disponível
14 em: <<http://protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/publicacoes/573.pdf>>. Acesso em:
15 03/05/12.
- 16 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **O Brasil**
17 **e a proteção da camada de ozônio**. Brasília: MMA, 1997. Disponível em:
18 <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/prozonesp/file/docs/Doc->
19 [oficial/federal/obrasileacamadadeozonio.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/prozonesp/file/docs/Doc-oficial/federal/obrasileacamadadeozonio.pdf)>. Acesso em: 15/08/12.
- 20 BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação. **2ª Comunicação Nacional do Brasil**
21 **à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Parte II**. Brasília:
22 MCT, 2010a. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/326751.html>>.
23 Acesso em 03/05/12.
- 24 BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação. **Relatório de Referência – Emissões**
25 **de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Emissões na Produção e no Consumo**
26 **de HFCs e PFCs**. Brasília: MCT, 2010b.
- 27 BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de**
28 **Não Metálicos 2010: Ano Base 2009**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e
29 Transformação Mineral – SGM, 2010c. Disponível em: <

- 1 http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/noticias/ANUXRIO_DA_TRANSFORMAxO_DOS_NxO_METxLICOS_-_2010.pdf>. Acesso em: 16/05/12.
- 3 BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Anuarios/Anuxrio_Estatxstico_do_Setor_Metalxrgico_2007-2007.pdf>. Acesso em: 07/05/2012.
- 7 BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2010: ano base 2009**. Rio de Janeiro: EPE, 2010d. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf>. Acesso em: 16/05/12.
- 10 GOMES, A.O. e ALMEIDA, A.H.H. **Hidratação do Cimento Portland**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. [S.l., 20--?]. Disponível em <http://www.reciclar.ufba.br/aulas/eng_101/cimento_hidratacao/cimento_hidrata%C3%A7%C3%A3o.htm> Acesso em 22/06/2012.
- 14 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japão, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html>> Acesso em 21/10/2011.
- 17 LIMA, J.A.R. **Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas**. Tese de doutorado em engenharia – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- 20 METRÔ. **Consumo de gases de efeito estufa**. (via e-mail). São Paulo, 2012.
- 21 PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Meio Ambiente. **Brasil terá mais 3 centros para 'limpar' CFC**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/meio_ambiente/reportagens/index.php?id01=3161&lay=mam>. Acesso em 18/05/2012.
- 25 SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2006**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/mapa?municipio=50308&ano=2006>> Acesso em: 10/04/2012.

- 1 SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. **Anuário Estatístico de**
2 **Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2007**. São Paulo, 2008. Disponível em:
3 <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/39.pdf>> Acesso em: 10/04/2012.
- 4 SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. **Anuário Estatístico de**
5 **Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2008**. São Paulo, 2009. Disponível em:
6 <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/40.pdf>>. Acesso em: 10/04/2012.
- 7 SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. **Anuário Estatístico de**
8 **Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2009**. São Paulo, 2010. Disponível em:
9 <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/108.pdf>> Acesso em:
10 10/04/2012.
- 11 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Inventário de**
12 **Emissões dos Gases de Efeito Estufa Associada ao Transporte Rodoviário no Estado de São**
13 **Paulo, 1990 a 2008**. São Paulo: Cetesb, 2011a.
- 14 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Inventário de**
15 **Emissões dos Gases de Efeito Estufa dos CFCs, HCFCs, HFCs, PFCs e SF₆ no Setor de**
16 **Solventes e Agentes de Limpeza do Estado de São Paulo, 1990 a 2008**. São Paulo: Cetesb,
17 2010.
- 18 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Processos**
19 **Industriais e Uso de Produtos: Emissões de CFCs no Setor de Aerossóis**. São Paulo: Cetesb,
20 2011b.
- 21 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Processos**
22 **Industriais e Uso de Produtos: Emissões de Gases SF₆**. São Paulo: Cetesb, 2011c.
- 23 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Processos**
24 **Industriais e Uso de Produtos: Emissões de GEE no Setor de Espumas**. São Paulo: Cetesb,
25 2011d.
- 26 SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Referência – Processos**
27 **Industriais e Uso de Produtos: Emissões no Setor de Refrigeração e Ar Condicionado**. São
28 Paulo: Cetesb, 2011e.

1 SEITO, A.I *et al.* **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

2 SILVA, D.H. **Revista Brasileira de Política Internacional – Protocolos de Montreal e Kyoto:**
3 **pontos em comum e diferenças fundamentais**. Brasília, 2009. Disponível em
4 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-73292009000200009> Acesso
5 em 10/05/2012.

6 Sítios da internet consultados durante o período de desenvolvimento do trabalho:

- 7
- 8 • ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química.
9 <http://www.abiquim.org.br/braz_new/Default.aspx?lang=en>. Acesso em 17/05/2012.
 - 10 • ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e
11 Aquecimento.
12 <[http://www.abrava.com.br/?Canal=36&Channel=RWNvbm9taWEgZSBFc3RhdCYjMj](http://www.abrava.com.br/?Canal=36&Channel=RWNvbm9taWEgZSBFc3RhdCYjMjM3O3N0aWNh)
13 [M3O3N0aWNh](http://www.abrava.com.br/?Canal=36&Channel=RWNvbm9taWEgZSBFc3RhdCYjMjM3O3N0aWNh)>. Acesso em 17/05/2012.
 - 14 • ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículo Automotores.
15 <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em 17/05/2012.
 - 16 • ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos. Dados das maiores cidades.
17 <<http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Forms/AllItems.aspx>>. Acesso em
18 26/07/2012.
 - 19 • DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito.
20 <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em 18/05/2012.
 - 21 • IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
22 <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em 02/05/2012.
 - 23 • ICZ – Instituto de Metais Não Ferrosos. <<http://www.icz.org.br/chumbo-mercado.php>>.
24 Acesso em 17/05/2012.
 - 25 • Reviverde – Instituto Ambientalista da Cidade do Rio de Janeiro.
26 <<http://www.reviverde.org.br/>>. Acesso em 14/05/2012.

27

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Apêndice A – Quadro de GEE contemplados pelo Inventário

CONSULTA PÚBLICA

1

Apêndice A- GEE contemplados pelo IPCC (2006) e no Inventário

Categoria		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Outros Gases Halogenados
Indústria Mineral	IPCC	✓	*	*				
	MSP	✓						
Indústria Química	IPCC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MSP	-	-	-	-	-	-	-
Indústria Metalúrgica	IPCC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MSP	-	-	-	-	-	-	-
Uso de Solvente e Outros Produtos Não-Energéticos	IPCC	✓	*	*				
	MSP	✓						
Indústria Eletrônica	IPCC	*	*	*	✓	✓	✓	✓
	MSP	-	-	-	-	-	-	-
Substitutas das SDO	IPCC	*	*	*	✓	✓		*
	MSP				✓	✗		
Produção e Uso de Outros Produtos	IPCC	*	*	✓	*	✓	✓	*
	MSP			✗		✗	✗	
Outros	IPCC	*	*	*				
	MSP							

2 Nota:

- Categoria não identificada no Município de São Paulo

 GEE Não Previsto na Categoria

* GEE que podem ser emitidos, mas que o IPCC não apresenta diretrizes metodológicas para contabilização

✓ GEE previstos pelo IPCC ou Contabilizados no Inventário

✗ GEE não contabilizados no Inventário devido a não identificação de utilização dos mesmos ou de fontes de emissões significativas

3