

12

SÉRIE CADERNOS TÉCNICOS

volume

Inventário de **emissões** e **remoções antrópicas** de **gases de efeito estufa** do Município de São Paulo de 2003 a 2009, com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos

METODOLOGIA

EMISSÕES DE GEE POR SETOR

EMISSÕES POR GÁS

INCERTEZAS

ATUALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO (2010 E 2011)

CENÁRIOS DE EMISSÃO DE GEE

EXEMPLOS DE OUTRAS CIDADES

ENSAIO DE EMISSÕES DOS CORPOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO

LIÇÕES APRENDIDAS



S É R I E C A D E R N O S T É C N I C O S

volume **12**

**Inventário de emissões e
remoções antrópicas de gases
de efeito estufa do Município de
São Paulo de 2003 a 2009, com
atualização para 2010 e 2011 nos
setores Energia e Resíduos**

**INSTITUTO EKOS BRASIL &
GEOKLOCK CONSULTORIA E ENGENHARIA AMBIENTAL**

COORDENADOR

Marcio Maia Vilela

EQUIPE TÉCNICA

Ana Moeri

Bohdan Mativienko Sikar (in memoriam)

Délcio Rodrigues

Erica Tachibana

Fernando Nogueira

Francisco Laterza

Guilherme Amaro

Jaime Ohata

João Castro

José Aquiles Grimoni

Marcio Maia Vilela

Maria de Fátima Andrade

Natália Dionísio

Vinícius Ambrogi

SVMA - SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE

Ana Paula Garcia Martins

Fernanda Correa de Moraes

Laura Lucia Vieira Ceneviva

Patrícia Marra Sepe

Rita de Cássia Ogera

Volf Steinbaum

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Geraldo José Calmon de Moura

Marcos Pimentel Bicalho

Instituto Ekos Brasil, Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental. **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do Município de São Paulo de 2003 a 2009 com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos.** São

Paulo : ANTP, 2013. 148p. Il. Tab. Gráf. Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-62195-01-3

1. Efeito estufa; 2. Gases – inventário; 3. Mudanças Climáticas.

S É R I E C A D E R N O S T É C N I C O S

volume 12

**Inventário de emissões e
remoções antrópicas de
gases de efeito estufa do
Município de São Paulo de
2003 a 2009, com atualização
para 2010 e 2011 nos setores
Energia e Resíduos**

novembro/2013

Realização:

Instituto Ekos Brasil

&

Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental





Apresentação ANTP

Este Caderno Técnico é o primeiro da série que apresenta resultados do Programa Transporte Sustentável e Qualidade do Ar (Sustainable Transport and Air Quality - STAQ), financiado com recursos do Global Environment Facility - GEF gerenciados pelo Banco Mundial.

O Programa STAQ tem por objetivo financiar projetos piloto voltados à remoção de barreiras críticas para a implementação de políticas de transporte urbano sustentável que contribuam para reduzir a taxa de crescimento das emissões de gases de efeito estufa, por meio da promoção de modos de transporte mais limpos e com uso menos intensivo de energia.

Os investimentos são orientados para cinco janelas temáticas: i) gestão do transporte de cargas, visando aumentar a eficiência do transporte de mercadorias em áreas urbanas; ii) coordenação das políticas de transporte e uso do solo, de forma a reduzir a extensão das viagens motorizadas e aumentar a acessibilidade ao transporte público e não-motorizado; iii) melhoria do transporte público para induzir a troca do uso de carros particulares pelo transporte público; iv) estímulo ao transporte não motorizado, para incentivar o uso desses modos como uma alternativa viável e segura aos sistemas tradicionais de transporte motorizado; e v) gestão da demanda do transporte individual, políticas de racionalização do uso de veículos privados e criação de incentivos para o uso mais amplo do transporte público e dos modos não-motorizados.

Entre os diversos projetos, a ANTP contratou o desenvolvimento para o Município de São Paulo, em parceria com sua Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, do segundo Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Município de São Paulo. O Inventário contém o levantamento das fontes e dos sumidouros e a respectiva contabilização das emissões e remoções dos GEE resultantes das atividades humanas permitindo acompanhar a evolução das emissões, monitorar as principais fontes e identificar possíveis oportunidades de reduções nas emissões, auxiliando na formulação de políticas públicas, em especial as de transporte, uso do solo, resíduos e de habitação.

Esta publicação, além de apresentar um resumo dos resultados medidos para o Município de São Paulo, apresenta a metodologia utilizada permitindo a sua replicação em outros locais, atingindo assim um dos objetivos pactuados entre a ANTP e o Banco Mundial, de estímulo e capacitação para o desenvolvimento de políticas de mobilidade urbana sustentável.

No caso do Município de São Paulo, o setor Energia, dentro do qual se encontram os transportes, representa 82% das emissões, resultantes da queima de combustíveis. As estratégias para enfrentar esse problema são semelhantes às adotadas em outras cidades do mundo, como a implementação de programas indutivos, como o estímulo ao uso dos meios de transporte público, programas coercitivos, por exemplo, como a implementação do rodízio de placas para reduzir a frota circulante, e programas educacionais, voltados para uma mudança comportamental da população.

Luiz Carlos Mantovani Néspoli
Superintendente da ANTP



Apresentação - SVMA

É com grande satisfação que disponibilizamos para gestores públicos, pesquisadores e sociedade em geral esta publicação, na qual são apresentados os resultados do Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo – 2003-2009.

Esta publicação é ferramenta fundamental para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas, em especial as de transporte, de uso do solo, de resíduos e de habitação, bem como para apoiar a iniciativa privada nas suas atividades de controle de emissões de gases de efeito estufa.

Considerando que mais da metade da população do planeta vive hoje em cidades e, também, que 75% do consumo mundial de energia está diretamente relacionado às atividades urbanas, na última década, um número cada vez maior de cidades vem adotando políticas e programas voltados às questões de mudança do clima.

Neste contexto, a cidade de São Paulo é referência mundial, destacando-se por ações pioneiras, entre as quais a publicação, em 2005, de seu primeiro Inventário Municipal de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa e por ser a primeira cidade brasileira a aprovar uma lei municipal de mudança climática, a lei nº 14.933, em 05 de junho de 2009.

A entrada em vigor, no ano de 1994, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima marca o início, em escala mundial, das discussões sobre mudanças climáticas globais. Entretanto, somente nos últimos anos esta temática extrapola o universo restrito dos cientistas e dos acordos internacionais e vem, progressivamente, constituindo-se em preocupação das instâncias subnacionais de governo e da sociedade em geral.

Expressamos nossos agradecimentos ao Global Environment Facility (GEF) que, por meio do Banco Mundial, patrocina o Programa Sustainable Transport and Air Quality (STAQ), e à Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), gestora deste Programa no Brasil.

Agradecemos, por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a construção deste Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa.

Ricardo Teixeira
Secretário do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo





ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use (Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra)
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
CER	Certificado de Emissões Reduzidas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFCs	Clorofluorcarbonos
C	Carbono
CH₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CO_{2e}	Dióxido de Carbono Equivalente
COD	Carbono Orgânico Degradável
COMGÁS	Companhia de Gás de São Paulo
COP	Conferência das Partes sobre o Clima
COV	Composto Orgânico Volátil
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETD	Electro Thermal Desactivation (Desativação eletrotérmica)
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FOD	First Order Decay (Decaimento de Primeira Ordem)
GEE	Gás de Efeito Estufa
GEF	Global Environment Facility (Fundo Mundial para o Meio Ambiente)
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNV	Gás Natural Veicular
HCFCs	Hidroclorofluorcarbonos
HFCs	Hidrofluorcarbonos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Local Governments for Sustainability (Governos Locais pela Sustentabilidade)
IDM	Inaladores de Dose Medida
IHA	International Hidropower Association (Associação Internacional de Hidrelétricas)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)
IPPU	Industrial Processes and Product Use (Processos Industriais e Uso de Produtos)
LIMPURB	Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura do Município de São Paulo
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
N	Nitrogênio
N₂O	Óxido Nitroso
NO_x	Óxidos de Nitrogênio
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PFCS	Perfluorcarbonos
PIB	Produto Interno Bruto
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia 2021
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PNE	Plano Nacional de Energia 2030
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PTG	Potencial de Temperatura Global

RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RSI	Resíduos Sólidos Industriais
RSS	Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SDO	Substância Depletora da Camada de Ozônio
SF₆	Hexafluoreto de Enxofre
SIN	Sistema Interligado Nacional
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SOx	Óxidos de Enxofre
STAQ	Sustainable Transport and Air Quality (Transporte Sustentável e Qualidade do Ar)
SVMA	Secretaria do Verde e do Meio Ambiente
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)
ZMVM	Zona Metropolitana do Vale do México

UNIDADES DE MEDIDA			
Sigla	Nomenclatura	Descrição	Equivalência
Gg	Giga Grama	Unidade de massa	1.000 t
GWh	Giga Watt-hora	Unidade de energia	1.000.000 kWh
ha	Hectare	Unidade de área	10.000 m ²
kg	Quilograma	Unidade de massa	1.000 g
l	Litros	Unidade de volume	0,001 m ³
m²	Metros Quadrados	Unidade de área	0,0001 ha
m³	Metros Cúbicos	Unidade de volume	1.000 l
t	Tonelada	Unidade de massa	1.000 kg
TJ	Tera Joule	Unidade de energia	1.000 GJ

Índice

1.	Introdução.....	14
	1.1. Apresentação.....	14
	1.2. Aquecimento Global.....	15
	1.2.1. Brasil e o Município de São Paulo.....	15
2.	Metodologia.....	17
	2.1. Métricas para a mensuração das emissões de GEE.....	21
	2.2. Considerações sobre Coleta e Obtenção de Dados.....	23
3.	Emissões de GEE por Setor.....	24
	3.1. Resíduos.....	26
	3.1.1. Resíduos Sólidos.....	26
	3.1.2. Subsetor Efluentes Líquidos.....	33
	3.1.3. Emissões do Setor Resíduos.....	34
	3.2. Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra – AFOLU.....	36
	3.2.1. Subsetor Uso da Terra.....	37
	3.2.2. Subsetor Pecuária.....	41
	3.2.3. Subsetor Solos Agrícolas.....	42
	3.2.4. Emissões do Setor AFOLU.....	44
	3.3. Energia.....	46
	3.3.1. Subsetor Queima de Combustíveis.....	47
	3.3.2. Subsetor Emissões Fugitivas.....	54
	3.3.3. Emissões do Setor Energia.....	55
	3.4. Processos Industriais e Uso de Produtos – IPPU.....	57
	3.4.1. Emissões do Setor IPPU.....	65
4.	Emissões por Gás.....	67
	4.1. Emissões de CO ₂	68
	4.2. Emissões de CH ₄	70
	4.3. Emissões de N ₂ O.....	71
	4.4. Emissões de HFCs.....	73
	4.5. Emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal.....	73
	4.6. Emissões de CO ₂ Biogênico.....	75
	4.7. Emissões de GEE expressas pela métrica do PTG.....	76



5.	Incertezas	77
6.	Atualização do Inventário (2010 e 2011).....	82
	6.1. Energia	84
	6.1.1. Subsetor Queima de Combustíveis.....	84
	6.1.2. Subsetor Emissões Fugitivas.....	86
	6.1.3. Resultados do setor Energia.....	87
	6.2. Resíduos	90
	6.2.1. Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos.....	90
	6.2.2. Subsetor Incineração.....	92
	6.2.3. Subsetor Efluentes Líquidos.....	93
	6.2.4. Resultados do setor Resíduos.....	94
7.	Cenários de Emissão de GEE.....	97
	7.1. Cenário Inercial.....	98
	7.2. Cenário Pessimista.....	99
	7.3. Cenário Otimista	100
	7.4. Considerações acerca dos Cenários de Emissão.....	101
8.	Exemplos de Outras Cidades	102
	8.1. Buenos Aires	104
	8.2. Cidade do México	105
	8.3. Londres	106
	8.4. Nova Iorque.....	107
	8.5. Metas de Emissão	108
9.	Ensaio de emissões dos corpos d'água do Município.....	109
	9.1. Campanha de medição.....	111
	9.2. Resultados	115
	9.2.1. Balanço das campanhas de medição	115
	9.2.2. Emissões de GEE	116
	9.3. Discussão.....	117
10.	Lições aprendidas	119
11.	Referências Bibliográficas	122
	Apêndice A – Fatores de Emissão.....	128



1.1. Apresentação

Esta publicação apresenta o Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009, acompanhado de sua atualização para os anos 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos, de cenários de emissão, de exemplos de planos de ação de quatro grandes cidades e de um ensaio de medição das emissões na interface água-ar nos principais corpos d'água do Município. Este é o segundo Inventário realizado pelo Município de São Paulo, tendo sido o primeiro elaborado para o ano base de 2003, pela Fundação Coppetec do Rio de Janeiro, e publicado em 2005.

Esses produtos integram o 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, gerenciado no Brasil pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP). A ANTP contratou os serviços técnicos de consultoria da parceria Instituto Ekos Brasil e Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental para a elaboração do Inventário Municipal de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa e outros Produtos, sob a supervisão técnica da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, nos termos do Convênio CET nº 001/2010¹. Os relatórios intermediários elaborados no bojo desse contrato estão acessíveis na página da Prefeitura do Município de São Paulo na internet: http://www.prefeitura.sp.gov.br/meio_ambiente.

Os inventários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm como objetivo fazer o levantamento das fontes e sumidouros e contabilizar as emissões e remoções dos GEE resultantes das atividades humanas. A partir das informações apresentadas no inventário é possível acompanhar a evolução das emissões de GEE ao longo dos anos, monitorar as principais fontes e identificar possíveis oportunidades de reduções nas emissões, auxiliando na formulação de políticas públicas.

A compilação dos resultados deste Inventário é aqui apresentada tanto para as emissões totais segundo cada gás emitido quanto, em maior grau de detalhamento, segundo os setores de emissão indicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC).

¹ O Convênio CET 001/2010 integra o processo administrativo CET nº 0635/10 e o processo nº 107/2011 da Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP).

1.2. Aquecimento Global

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre devido à presença de determinados gases na atmosfera terrestre, os quais permitem a entrada da radiação solar, mas impedem que a radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre seja totalmente devolvida para o espaço. Este fenômeno mantém o planeta com uma temperatura média que possibilita a existência de formas de vida como as que conhecemos. Porém, o aumento acelerado na concentração destes gases na atmosfera devido às atividades antrópicas vem contribuindo para a ocorrência do impacto ambiental conhecido como aquecimento global.

Os possíveis efeitos desse aquecimento são bastante divulgados, destacando-se, entre eles, o degelo das calotas polares, o aumento do nível do mar e a intensificação dos eventos climáticos extremos. A preocupação com esta questão vem crescendo e mobilizando internacionalmente os governos para que sejam tomadas medidas para reduzir as emissões de gases que contribuem para o aquecimento global.

A partir dos anos 80 do século XX, foram se consolidando os estudos científicos que indicavam a interferência humana no clima. Em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), com o objetivo de avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica disponível sobre esse assunto.

Em 1992, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco-92, no Rio de Janeiro, na qual foi aberta para as assinaturas dos países a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o primeiro acordo internacional sobre as mudanças climáticas. Este acordo defende o princípio das "responsabilidades comuns, porém diferenciadas", isto é, considera-se que todas as nações são responsáveis e têm obrigações em relação à mudança do clima, porém os países desenvolvidos têm uma obrigação maior que outros países por terem contribuído mais para sua ocorrência. Foi acordado que os países desenvolvidos (indicados no Anexo I da Convenção) devem adotar políticas nacionais e medidas para mitigar a mudança do clima e reportar anualmente suas emissões de gases de efeito estufa. Os países em desenvolvimento (ou países não Anexo I) devem reportar periodicamente suas emissões.

Em 1997, foi assinado o Protocolo de Quioto, que definiu que os GEE a serem controlados são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonos (HFCs), os perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Entre outras definições e medidas, o Protocolo determinou para os países do Anexo I uma redução de pelo menos 5% nas emissões de GEE em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012.

1.2.1. Brasil e o Município de São Paulo

O Brasil, como signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e país não integrante do Anexo I, tem obrigação de reportar periodicamente suas emissões. Porém, antecipando-se às obrigações, definiu voluntariamente durante a COP 15² uma meta de redução de emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% até 2020, com base nas emissões de 1990. De maneira análoga, e partindo do princípio de que as cidades têm grande potencial de instigar soluções inovadoras, tanto no que se refere à mitigação como à adaptação, o Município de São Paulo aprovou a lei nº 14.933, em 2009, que instituiu a Política Municipal de Mudança do Clima, com o objetivo de estimular a mitigação de gases de efeito estufa e promover estratégias da adaptação aos seus impactos. O processo do qual ela é um marco deverá resultar, no longo prazo, em alterações nos padrões de produção e de consumo, modificando o comportamento da sociedade e acarretando transformações na estrutura e no desenvolvimento da cidade.

Uma das estratégias escolhidas pela lei 14.933/09 foi o estabelecimento de metas de redução de emissões antrópicas de GEE. Em seu artigo 5º a lei estabeleceu para 2012 a meta de redução de 30% das emissões antrópicas dos GEE oriundas do Município em relação ao patamar do 1º Inventário realizado pela Prefeitura do Município de São Paulo para o ano 2003, concluído em 2005. Destaca-se que, para o seu cumprimento, a Administração

² COP 15, ou Conferência das Partes sobre o Clima, realizada em Copenhague no ano de 2009.

Municipal julgou como pertinente também incluir essa redução de 30% como uma das metas do Plano de Metas³ 2009-2012.

Outra estratégia da lei nº 14.933/09 (artigo 24) é a obrigação de, a cada cinco anos, produzir um documento de comunicação contendo inventários de emissões antrópicas por fontes e de remoções antrópicas por sumidouros de GEE, utilizando metodologias internacionalmente aceitas. Pela lei, a comunicação deverá, ainda, conter informações sobre as medidas executadas para mitigar e permitir a adaptação à mudança do clima.

Para o cumprimento do exposto, coube à Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) realizar o presente Inventário Municipal de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, o qual abrange as emissões e remoções de GEE do Município de São Paulo no período de 2003 a 2009. A esse Inventário se associa a construção de cenários de emissão que poderão balizar o processo decisório da administração municipal. Estes produtos subsidiarão, também, os trabalhos do Comitê Municipal de Mudanças do Clima e Ecoeconomia⁴ e seus Grupos de Trabalho, a saber: Energia, Transporte, Saúde, Construção, Uso do Solo e Resíduos. O Inventário também agrega o ensaio de emissões de GEE pelos principais corpos hídricos do Município.

3 Plano de Metas: instituído pela alteração da Lei Orgânica do Município de São Paulo através da inclusão do artigo 69-A, o qual prevê que todo prefeito eleito deve declarar, até 90 dias após sua posse, as prioridades de sua gestão para cada um dos setores da Administração Pública Municipal, Subprefeituras e Distritos da cidade, incluindo neste plano as diretrizes de sua campanha eleitoral, bem como indicando como será mensurada e acompanhada a realização dessas metas.

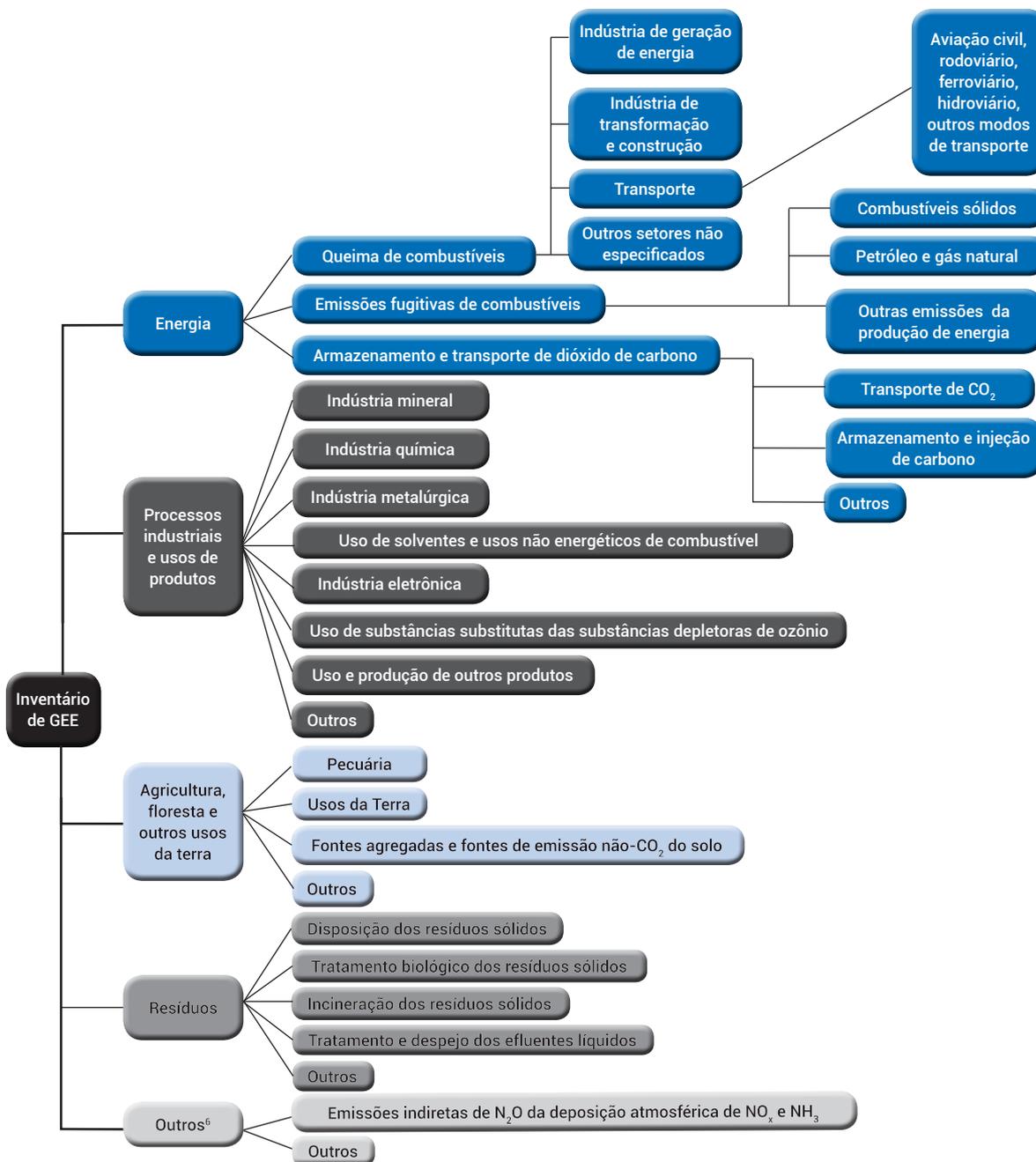
4 O Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia foi instituído pelo artigo 42 da Lei nº 14.933, de 5 de junho de 2009, que estabelece a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo. Seu funcionamento foi regulamentado pelo decreto 50.866, de 21 de setembro de 2009, modificado pelo decreto 51.295, de 17 de fevereiro de 2010.

2

Metodologia

O IPCC elaborou e publicou metodologias e diretrizes para elaboração de inventários nacionais, considerando que as questões do aquecimento global começaram a ser tratadas na instância dos governos nacionais. A comparabilidade entre os inventários, facilitada pela adoção de mesmas metodologias, é útil para que se tenha não apenas a possibilidade de comparação de grandezas, necessárias às negociações internacionais, mas também para possibilitar o aproveitamento de experiências. A estrutura estabelecida pelo IPCC (2006) para os inventários é dividida em setores de emissão, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura dos Inventários segundo IPCC (2006)⁵



⁵ Fonte: IPCC (2006), V.0, Ch.2, p.5

⁶ O setor Outros, apresentado na figura 1, refere-se às emissões indiretas de GEE que se originam a partir dos óxidos de nitrogênio (NO_x) e da amônia (NH₃), excluindo-se as emissões da agricultura, que são previstas pelo setor AFOLU. Ainda de acordo com o IPCC (2006), apenas devem ser consideradas neste setor as emissões provenientes de categorias que não possam se enquadrar em nenhum dos demais setores. Como as emissões indiretas não fazem parte do escopo deste inventário e as emissões potencialmente significativas são cobertas pelos demais setores, o setor Outros não foi considerado.

Atualmente são realizados inventários em escala regional e local, abrangendo estados e cidades. Empresas e instituições também elaboram seus inventários, podendo adotar outras metodologias, como, por exemplo, o GHG Protocol⁷. Cabe salientar que, segundo o Protocolo de Quioto, em ambas as situações não há obrigatoriedade na elaboração desses inventários. No entanto, estas iniciativas vêm se tornando uma prática cada vez mais usual para subsidiar a formulação de políticas públicas e empresariais.

A metodologia adotada neste Inventário para quantificar as emissões e remoções de GEE no período de 2003-2009 foi publicada no "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"⁸. Esta metodologia, elaborada para inventários nacionais, é reconhecida e utilizada internacionalmente principalmente por governos, o que permite a comparação com outros inventários que adotam a mesma metodologia.

O 1º Inventário do Município realizado para o ano base de 2003 reportou a emissão total de 15,7 mil Gg-CO₂e⁹, utilizando a metodologia do IPCC versão 1996, a mesma utilizada no Inventário do Brasil e do Estado de São Paulo. Considerando a atualização da metodologia pelo IPCC em 2006 e a necessidade de comparar os resultados de 2003, tanto para a avaliação da meta de redução de emissões, quanto para a avaliação histórica das emissões, o ano 2003 foi recalculado com base na metodologia do IPCC (2006).

A estrutura básica do Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Município de São Paulo é apresentada na Figura 2, de acordo com a diretriz do IPCC (2006) baseada em setores, subsetores e categorias de emissão.

Para a construção deste Inventário foram contabilizadas:

- no setor Resíduos, as emissões de GEE provenientes do tratamento e disposição dos resíduos sólidos e líquidos;
- no setor AFOLU¹⁰ (Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra) as emissões de GEE originadas pelos diferentes usos da terra e pelas atividades pecuárias e agrícolas;
- no setor Energia as emissões de GEE resultantes da queima de combustíveis e das emissões fugitivas; e
- no setor IPPU¹¹ (Processos Industriais e Uso de Produtos) as emissões de GEE provenientes de processos industriais, do uso de produtos e do uso não energético de combustíveis.

Os GEE contabilizados neste Inventário são os controlados pelo Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e os grupos dos hidrofluorcarbonos (HFCs) e dos perfluorcarbonos (PFCs).

Os clorofluorcarbonos (CFCs) e os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) são reportados como informação adicional, pois apesar de contribuírem para o aquecimento global, também são Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio (SDO) e, por isto, já controlados pelo Protocolo de Montreal. Assim, estas emissões não devem ser incluídas no total de emissões de GEE do Município, mesmo apresentando elevados potenciais de aquecimento global.

Destaca-se ainda que muitas das emissões de CO₂ têm origem biogênica, isto é, integram o ciclo do carbono na natureza, principalmente através da fotossíntese e da respiração. Por essa razão, nos setores Energia, Resíduos e IPPU, e mesmo nos níveis menos detalhados do setor AFOLU, assume-se que, para matéria orgânica com ciclos de vida pequenos, as emissões líquidas de CO₂ serão zero, uma vez que equilibradas por remoções dentro do ciclo

⁷ GHG Protocol – metodologia para contabilização e a apresentação das emissões de GEE, voltada, principalmente, para empresas e organizações privadas.

⁸ Em português: Diretrizes de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa. Elas estão disponíveis em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

⁹ GgCO₂e (giga grama de dióxido de carbono equivalente) – unidade mássica, corresponde a mil toneladas de dióxido de carbono equivalente.

¹⁰ AFOLU sigla em inglês do termo *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

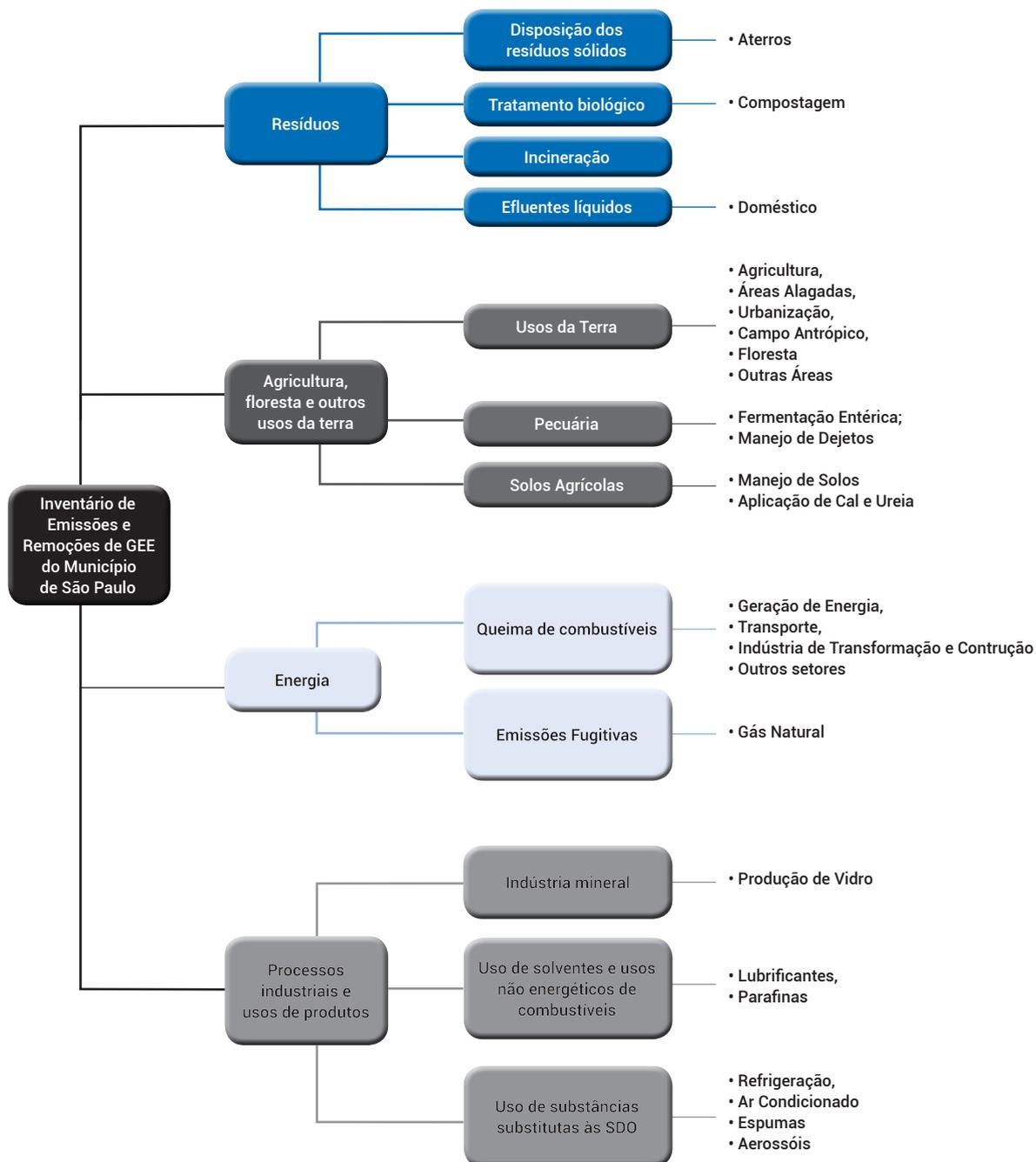
¹¹ IPPU sigla em inglês do termo *Industrial Processes and Product Use*.

natural (por exemplo, emissões de CO₂ dos biocombustíveis e material biogênico disposto nos aterros sanitários). As emissões de CO₂ biogênico do setor Energia são reportadas no Inventário como “boa prática”, mas não são contabilizadas no total de emissões de GEE conforme a metodologia adotada (IPCC 2006).

Para cada setor inventariado, o IPCC (2006) apresenta diferentes metodologias de contabilização para cada GEE. Os grupos de GEE previstos para cada setor são apresentados no Quadro 1.

Figura 2 – Estrutura do Inventário do Município de São Paulo

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IPCC (2006)¹²



¹² Fonte: IPCC (2006), V.0, Ch.2, p.5

Quadro 1 – GEE contabilizados por setor

Resíduos	Agricultura Floresta e Outros Usos da Terra	Energia	Processos Industriais e Uso de Produtos
CO ₂ CH ₄ N ₂ O	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	CO ₂ CH ₄ N ₂ O HFCs PFCs SF ₆

Devido à ordem de grandeza das emissões de GEE do Município de São Paulo, a unidade de medida adotada para reportar as emissões de GEE neste Inventário foi o giga grama (Gg), que equivale a 1.000 toneladas.

2.1. Métricas para a mensuração das emissões de GEE

Para o cálculo e comparação das emissões dos GEE - uma vez que são gases distintos e com diferentes propriedades - o IPCC estabeleceu um fator de equivalência denominado Potencial de Aquecimento Global (PAG)¹³. O PAG representa o quociente entre o forçamento radiativo¹⁴ da liberação de uma massa de um GEE com relação à mesma massa de CO₂ em um determinado horizonte de tempo. Ou seja, o PAG permite comparar o impacto de um determinado GEE no clima, relativamente a uma quantidade igual de dióxido de carbono, que é o gás usado como referência.

Com o uso deste fator de conversão, a quantificação da emissão de cada GEE é transformada em um valor equivalente em dióxido de carbono, representado por CO₂e. Desta forma, quantidades de gases diferentes são convertidas em uma mesma unidade, o CO₂e, permitindo somar e comparar as emissões de diferentes gases, viabilizando a quantificação do total de emissões de GEE. Os PAG dos GEE inventariados são apresentados na Tabela 1, para um horizonte de tempo de 100 anos.

Tabela 1 – PAG dos GEE inventariados

GÁS	PAG
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC-134a	1.300
CFC-11	3.800
CFC-12	8.100
HCFC-141b	725

FONTE: IPCC, 2007

O Brasil manifestou-se formalmente contra a adoção do PAG na Conferência das Partes da UNFCCC, porque entende que “não representa de forma adequada a contribuição relativa dos diferentes GEE à mudança do clima”. Afirmar ainda que o uso do PAG “ênfatisa sobremaneira, e de modo errôneo, a importância dos GEE com curtos períodos de permanência na atmosfera, como o metano” (BRASIL, 2002).

¹³ O Potencial de Aquecimento Global também é conhecido pela sua designação em inglês, *Global Warming Potential*, ou pela sigla GWP.

¹⁴ O forçamento radiativo é um conceito utilizado para analisar e comparar a influência dos gases como causadores das mudanças climáticas por meio da quantificação da capacidade de um gás de perturbar o equilíbrio entre a radiação solar incidente e a radiação infravermelha que deixa a atmosfera terrestre. O balanço radiativo regula a temperatura da superfície terrestre. Quando há uma perturbação deste balanço, o mecanismo natural para equilibrá-lo novamente resulta em uma variação na temperatura terrestre. (IPCC, 2007).

Outra metodologia existente para converter os GEE em uma mesma unidade é o Potencial de Temperatura Global (PTG)¹⁵, que é definido pela razão entre a mudança na temperatura média global da superfície que se segue à emissão de um GEE, em um dado horizonte de tempo, relativamente ao gás de referência, o CO₂. Devido à inclusão do tempo de resposta ao sistema climático, os valores do PTG são menores que os valores correspondentes ao PAG para emissões pontuais de gases com tempo de vida menor que o do gás de referência. Os PTG dos GEE inventariados são apresentados na Tabela 2, para um horizonte de tempo de 100 anos.

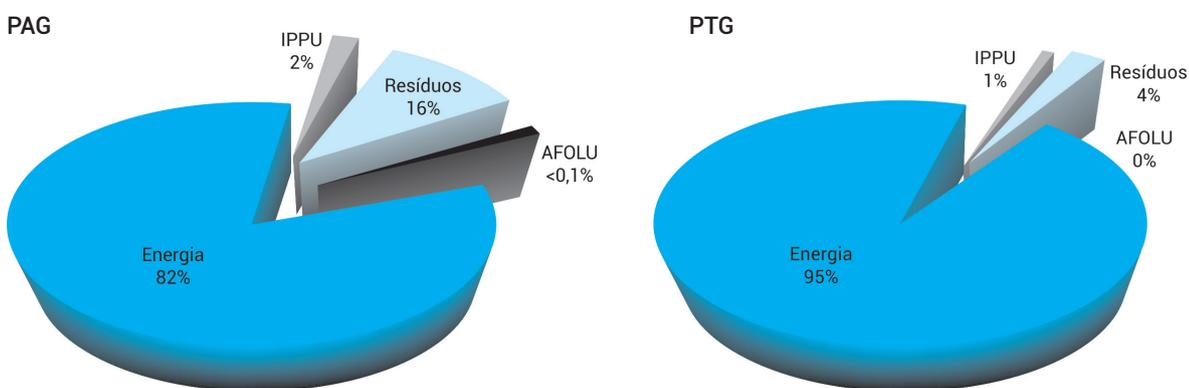
Tabela 2 – GTP dos GEE inventariados

GÁS	PTG
CO ₂	1
CH ₄	5
N ₂ O	270
HFC-134a	55
CFC-11	–
CFC-12	–
HCFC-141b	–

FONTE: CETESB, 2011

Para ilustrar a diferença entre essas duas métricas, na Figura 3, são apresentadas as emissões percentuais totais de GEE do Município de São Paulo para o ano 2009.

Figura 3 - Emissões do ano 2009 pelas métricas PAG e PTG



Apesar da métrica do PAG ter deficiências conhecidas, esta continua sendo recomendada pelo IPCC para comparar os futuros impactos climáticos devidos às emissões dos gases de longa duração. Seguindo esta recomendação, neste Inventário optou-se pelo uso do PAG para expressar as emissões de GEE, ressaltando-se que as emissões são apresentadas tanto em seus valores originais de emissão de cada gás, quanto em CO₂e.

Com o intuito de colaborar para que outras avaliações possam eventualmente ser realizadas, as emissões totais do Município também são expressas pela métrica do PTG e são apresentadas separadamente no item 4.7 (Emissões de GEE expressas pela métrica do PTG).

¹⁵ O Potencial de Temperatura Global também é conhecido pela sua designação em inglês, *Global Temperature Potential*, ou pela sigla GTP.

2.2. Considerações sobre Coleta e Obtenção de Dados

Na elaboração deste Inventário foram pesquisados e levantados diversos bancos de dados e informações, de forma a atender a metodologia do IPCC (2006). Frequentemente, os dados existentes estavam organizados em modo não conveniente à aplicação da metodologia. Em outras situações, não existiam dados ou eles não compunham séries históricas consistentes. Nestes casos foram adotadas premissas ou estimativas que suprissem essa necessidade, muitas vezes desagregando informações nacionais ou estaduais em função de dados municipais, como população, frota de veículos e Produto Interno Bruto (PIB). No caso específico do setor AFOLU foi necessária a obtenção de dados primários, a partir da elaboração de cartografia de mudança de uso do solo, para os anos de 2003 e 2009, utilizando-se imagens de satélite.

Para diminuir as incertezas e possibilitar o desenvolvimento de projetos, programas e ações de minimização de emissões, será necessário que os órgãos públicos e as organizações privadas passem a monitorar e registrar suas fontes de emissão e remoção de GEE. Assim, compor-se-á, ao longo do tempo, a base informacional que subsidiará ações mais concretas de combate às mudanças do clima.

3

Emissões de GEE por Setor

As emissões totais de GEE do Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009¹⁶ são apresentadas na Tabela 3 para os setores estabelecidos pela metodologia do IPCC: Resíduos, AFOLU¹⁷ (Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra), Energia e IPPU¹⁸ (Processos Industriais e Uso de Produtos).

Tabela 3 – Emissões totais de GEE do Município

Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	2.199	2.260	2.335	2.474	2.658	2.307	2.363
AFOLU	10	10	9	10	10	9	8
Energia	12.911	13.065	12.689	12.544	13.114	13.860	12.384
IPPU	206	224	251	268	301	350	359
Total	15.326	15.558	15.285	15.295	16.083	16.526	15.115

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

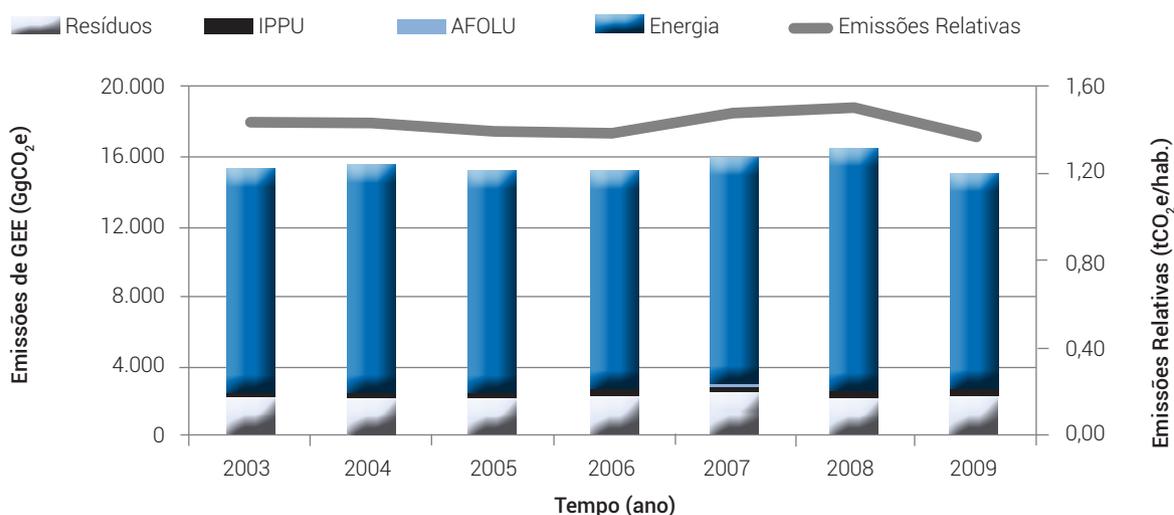
O principal setor de emissão de GEE do Município é o de Energia, com 82% das emissões de 2009, seguido pelo setor Resíduos, com 16% das emissões deste mesmo ano. A Figura 4 ilustra a evolução das emissões do Município por setor no período de 2003 a 2009.

¹⁶ No Capítulo 6 é apresentada a atualização 2010-2011 do Inventário para os setores Energia e Resíduos.

¹⁷ AFOLU sigla em inglês do termo *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

¹⁸ IPPU sigla em inglês do termo *Industrial Processes and Product Use*.

Figura 4 – Evolução das emissões de GEE do Município



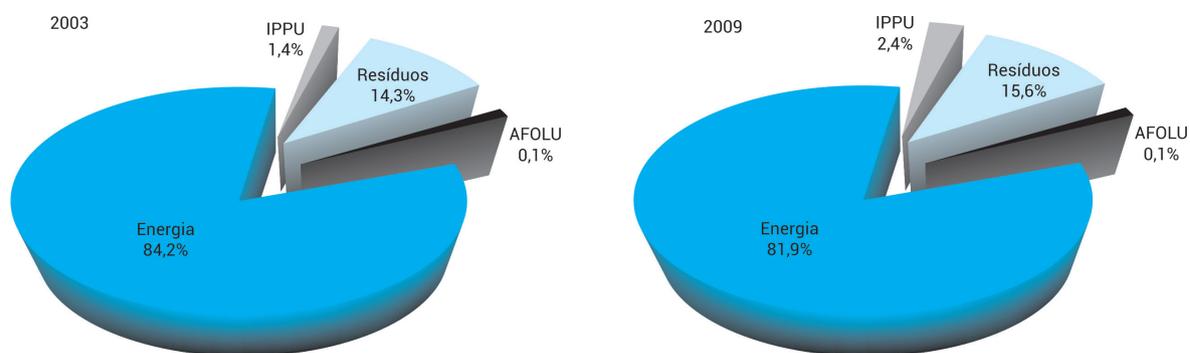
Como pode ser observado na Figura 4, comparando-se as emissões de 2003 com relação ao ano 2009, as emissões totais de GEE do Município de São Paulo apresentaram uma pequena queda. Em números absolutos esta queda foi de 211 GgCO₂e e, em números relativos, a queda foi de aproximadamente 1,4%.

Também é possível observar um pico nas emissões de GEE do setor Energia em 2008, ano em que houve um aumento na parcela de energia elétrica gerada em usinas termoeletricas no Brasil.

Ainda na Figura 4, são apresentadas as emissões relativas ao número de habitantes do Município de São Paulo, que para 2009 e 2003 foram, respectivamente, 1,20 tCO₂e/habitante e 1,25 tCO₂e/habitante, representando uma queda de 4,6% no período.

A comparação entre as emissões percentuais totais de GEE do Município por setor dos anos 2003 e 2009, ambas calculadas segundo a metodologia de 2006 do IPCC, é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Perfil das emissões percentuais do Município de São Paulo por setor 2003 e 2009



Pela Figura 5 observa-se que Energia e Resíduos são os setores mais representativos e suas emissões de GEE correspondem a mais de 95% das emissões do Município de São Paulo em ambos os anos.

3.1. Resíduos

No setor Resíduos foram contabilizadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O previstas pelo IPCC (2006). Os subsetores inventariados são apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Estrutura do setor Resíduo



Fonte: IPCC, 2006¹⁹

Os três primeiros subsetores apresentados na Figura 6 referem-se ao tratamento ou disposição final dado aos resíduos sólidos gerados pelo Município de São Paulo e o último subsetor refere-se ao tratamento ou lançamento dos efluentes líquidos do Município. As emissões de GEE do setor Resíduos são apresentadas segundo esta divisão, em 'resíduos sólidos' e 'efluentes líquidos'.

Um ponto relevante a ser ressaltado refere-se à fronteira de contabilização neste setor, pois parte dos resíduos é disposta ou tratada além dos limites geográficos do Município, o que levanta a questão da fronteira de contabilização entre municípios. Neste Inventário, as emissões foram contabilizadas a partir dos dados de geração de resíduos pelos habitantes e atividades realizadas dentro do Município de São Paulo, conforme IPCC (2006). Assim, mesmo que o tratamento ou disposição final ocorra fora dos limites geográficos do Município, suas emissões foram contabilizadas como ocorridas no Município de São Paulo. Esta abordagem coloca o gerador dos resíduos como responsável pelas emissões.

3.1.1. Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos, nas fases de tratamento ou disposição final, podem emitir CO₂, CH₄ e N₂O. Além dos impactos relacionados às mudanças climáticas, a disposição inadequada destes resíduos gera outros problemas ambientais e riscos à saúde da população.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos tipos de resíduos sólidos do Município, sua definição e o tratamento ou disposição final.

Quadro 2 – Resíduos Sólidos

Resíduo	Descrição	Destinação/Tratamento
Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	Resíduos coletados pelas autoridades locais. Referem-se aos resíduos gerados em domicílios, comércio, instituições, feiras e varrição de ruas.	Aterros Sanitários Tratamento Biológico (Compostagem)
Resíduos Sólidos Industriais (RSI)	Resíduos provenientes de diversos ramos da indústria	Incineração Aterros Industriais Coprocessamento
Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSS)	Gerados em locais que prestam serviços de saúde e que tenham potencial de conter microrganismos patogênicos ou contaminação.	Incineração Desativação eletrotérmica
Resíduos Sólidos da Construção Civil	Resíduos constituídos por materiais inertes, como os entulhos.	Aterros (material inerte – não são contabilizadas emissões de GEE)

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE SÃO PAULO (MUNICÍPIO), 2011

¹⁹ IPCC (2006), V.2, Ch.1, p.1.4, Figura 1.1

As emissões de GEE dos resíduos sólidos do Município de São Paulo foram quantificadas de acordo com os subsetores do IPCC (2006) e são apresentadas segundo esta divisão: Disposição de Resíduos Sólidos em Aterros, Tratamento Biológico e Incineração.

3.1.1.1. Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos²⁰ • No período inventariado, os RSU gerados no Município de São Paulo eram enviados para aterros sanitários. Até o ano 2007, parte dos resíduos coletados era destinada ao aterro Bandeirantes. Deste ano em diante, os RSU passaram a ser enviados ao aterro de Caieiras, situado no município de mesmo nome. A outra parte dos resíduos coletados era enviada para o aterro São João até outubro de 2009, quando passaram a ser dispostos no aterro de Pedreira (PMSP, 2011).

Apesar do fechamento dos aterros Bandeirantes e São João, estes ainda operam gerando energia elétrica através da combustão do metano captado, gerando créditos de carbono para o Município. As usinas termoeletricas foram inauguradas em 2004 no aterro Bandeirantes e em 2008 no aterro São João, ambas com capacidade de produção anual de 170.000 MWh de energia elétrica, que equivale aproximadamente ao consumo residencial de uma cidade de 400.000 habitantes (BIOGÁS AMBIENTAL, 2011; SMA, 2004; PMSP, 2007).

As emissões previstas para este subsetor são de CH₄ e CO₂, provenientes da decomposição da matéria orgânica. Como este CO₂ tem origem biogênica, não fóssil, o IPCC (2006)²¹ recomenda que sejam computadas somente as emissões de CH₄.

O método utilizado para quantificar estas emissões de CH₄ foi o método de decaimento de primeira ordem (FOD – First Order Decay) proposto pelo IPCC (2006). Este método considera que as emissões de CH₄ provenientes dos resíduos depositados nos aterros ocorrem por um longo período, sendo maiores nos primeiros anos após a deposição dos resíduos e diminuindo gradativamente conforme o carbono degradável é consumido por bactérias (IPCC, 2006).

As emissões de CH₄ foram quantificadas a partir dos dados de resíduos sólidos enviados para aterros apresentados na Tabela 4, segundo o modo de gerenciamento praticado pelo antigo Departamento de Limpeza Urbana (LIMPURB), ou seja, dados segregados em resíduos domésticos, feiras, podas e varrição.

Ressalta-se que os aterros Vila Albertina, Santo Amaro, Jacuí, Sapopemba, São Mateus, Raposo Tavares, Itatinga e Engenheiro Goulart, localizados no Município de São Paulo, já estavam desativados no período de 2003 a 2009, mas seguiam emitindo CH₄. Estas emissões estão contempladas neste Inventário por meio da utilização das séries históricas de longo período tal como preconizado pelo IPCC (2006).

Cada tipo de material que compõe os resíduos apresenta um conteúdo diferente de carbono orgânico degradável (COD). O conteúdo de COD nos resíduos é o principal fator que determina a quantidade de metano produzida durante sua decomposição.

O metano produzido nos aterros sanitários pode ser recuperado e destruído em queimadores abertos²² (ou *flares*), motores ou outros equipamentos que o transformam em CO₂. No Município de São Paulo, o metano é recuperado nos aterros por duas formas: (1) metano destruído nos queimadores abertos (*flares*); e (2) metano destruído nas usinas geradoras de eletricidade. De acordo com a metodologia do IPCC (2006), o CH₄ recuperado nos aterros deve ser abatido nos cálculos de geração de emissões de CH₄ provenientes da disposição de resíduos em aterros.

O volume de CH₄ efetivamente destruído nos queimadores abertos é desconhecido, pois não há a prática de monitoramento, como na maioria das cidades do mundo. Então, para efeito de cálculo, neste Inventário foi considerado como regra geral que a eficiência de captura do biogás destinado aos queimadores abertos é de 20% e a eficiência de destruição de metano nestes queimadores é de 50%. Portanto, considera-se que 10% do metano gerado nos aterros seja destruído nos queimadores abertos.

²⁰ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.2 e Ch.3

²¹ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.1, p.1.5

²² O dispositivo denominado pela palavra inglesa *flare* corresponde a queimadores de gases, tóxicos ou não, comumente compostos de uma chaminé com piloto de chama sempre acesa, comuns em aterros sanitários e em usinas petroquímicas.

Tabela 4 – RSU dispostos em aterros

Ano	Doméstico	Feiras	Podas	Varrição	Total
	(toneladas)				
1978	1.186.073	59.812	-	94.908	1.340.793
1979	898.822	78.520	-	100.605	1.077.947
1980	1.184.665	88.011	-	100.423	1.373.099
1981	1.126.646	85.194	-	91.048	1.302.888
1982	1.340.918	85.104	-	140.768	1.566.790
1983	1.380.122	77.748	-	140.203	1.598.073
1984	1.064.885	72.326	-	145.663	1.282.874
1985	971.258	67.360	-	223.455	1.262.073
1986	1.191.907	20.348	-	569.139	1.781.394
1987	1.132.053	-	-	792.519	1.924.572
1988	1.094.843	-	-	993.257	2.088.100
1989	840.954	-	-	296.097	1.137.051
1990	976.471	-	-	232.459	1.208.930
1991	1.456.413	-	-	237.232	1.693.645
1992	829.998	-	-	187.594	1.017.592
1993	2.274.062	-	-	316.301	2.590.363
1994	1.138.193	-	-	134.084	1.272.277
1995	1.681.535	-	-	219.822	1.901.357
1996	1.212.228	-	-	140.951	1.358.768
1997	2.280.098	-	-	268.605	2.548.703
1998	2.354.630	-	-	277.385	2.632.015
1999	2.337.158	-	-	275.326	2.612.484
2000	2.297.784	-	-	270.688	2.568.472
2001	2.436.660	-	-	287.048	2.723.708
2002	3.253.194	-	-	219.822	3.473.016
2003	2.899.235	-	13.205	146.540	3.175.980
2004	3.161.289	-	14.261	261.264	3.436.814
2005	3.243.325	-	23.144	249.342	3.515.811
2006	3.396.326	-	32.131	251.827	3.680.284
2007	3.380.294	-	36.802	442.253	3.859.349
2008	3.498.371	-	45.300	577.847	4.121.518
2009	3.662.069	-	-	96.912	3.758.981

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE SÃO PAULO (MUNICÍPIO), 1979 A 2000 E DE SNIS, 2011.

Já o metano destruído nas usinas geradoras de eletricidade nos aterros é monitorado e documentado por ser parte de projetos Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)²³ e gerar Certificados de Emissões Reduzidas (CER)²⁴. Esta parcela de metano destruído por meio dos projetos MDL também é abatida do total de CH₄ gerado nos aterros.

Conforme metodologia proposta pelo IPCC (2006), além de se considerar o metano destruído em queimadores ou usinas, também deve ser considerada no cálculo de emissão uma parcela de CH₄ que sofre oxidação. O valor padrão sugerido pelo IPCC (2006) para aterros cobertos e bem manejados, e adotado neste Inventário, é de 10%. Ou seja, do CH₄ remanescente que não foi recuperado ou destruído e que, portanto, será emitido para atmosfera, considera-se que 10% sofra um processo oxidativo.

As emissões de CH₄ dos aterros são, então, obtidas pelo cálculo do CH₄ gerado, acima mencionado, do qual são subtraídas as quantidades de metano destruído por queimadores abertos, de metano capturado e utilizado em projetos MDL e, também, de metano oxidado. Estes cálculos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Emissão de CH₄ nos aterros

Ano	CH ₄ gerado nos aterros	Metano destruído queimadores	Metano destruído com projetos MDL	Metano Oxidado	Emissão dos aterros	Emissão dos aterros em CO ₂ e
	[A]	[B=A*10%]	[C]	[D=(A-B-C)*10%]	[E=A-B-C-D]	[E'=E*21]
	(tCH ₄)					(tCO ₂ e)
2003	108.940	10.894	-	9.805	88.241	1.853.066
2004	108.011	10.801	24.564	7.265	65.381	1.373.004
2005	116.361	11.636	26.848	7.788	70.089	1.471.867
2006	124.486	12.449	27.202	8.484	76.352	1.603.393
2007	129.807	12.981	47.696	6.913	62.217	1.306.558
2008	136.817	13.682	56.575	6.656	59.904	1.257.990
2009	147.489	14.749	43.971	8.877	79.892	1.677.724

NOTA: A CONVERSÃO DE UNIDADE MÁSSICA DE CH₄ PARA CO₂E FOI REALIZADA PELA MULTIPLICAÇÃO DA EMISSÃO DOS ATERROS [E] POR 21, QUE É O POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DO CH₄.

Observa-se que apesar do CH₄ ter sido destruído nas usinas termoelétricas dos projetos MDL, os créditos de carbono assim gerados foram comercializados em parte. Esta parcela comercializada deixou de integrar as reduções obtidas nos aterros, passando a ser contabilizadas como redução de emissões de GEE da instituição que as comprou. Além disso, os CER relativos ao metano recuperado nos projetos de MDL dos aterros municipais de São Paulo não pertencem em sua totalidade à Prefeitura, pois estes projetos foram realizados em parceria com a empresa Biogás Ambiental S/A. Pelo acordo, cada parte fica com metade dos CER, descontados os 2% retidos pela UNFCCC.

Desta forma, para evitar a dupla contagem destas reduções certificadas transferidas do Município para a instituição que os adquiriu, os créditos comercializados pela Prefeitura e os créditos pertencentes à Biogás Ambiental e UNFCCC voltaram a ser considerados como emissões no Inventário de Emissões e Remoções de GEE do Município. Estes valores são apresentados na Tabela 6.

²³ Os projetos de MDL visam à redução das emissões de GEE, a qual é validada pela UNFCCC por meio da emissão de Certificados de Emissões Reduzidas – CER (ou, no termo mais conhecido, crédito de carbono) reportadas em toneladas de carbono equivalente (tCO₂e).

²⁴ Os CER obtidos com os projetos de MDL podem ser comercializados pelos seus requerentes, podendo ser adquiridos por empresas ou entidades que queiram compensar emissões de GEE de suas atividades.

Tabela 6 – Emissões de CH₄ da disposição em aterros

	Aterros	CER comercializados pela Prefeitura	CER de propriedade da Biogás Ambiental	CER de propriedade da UNFCC	Total
	[E']	[F]	[G]	[H]	[I=E'+F+G+H]
	(tCO ₂ e)				
2003	1.853.066	-	-	-	1.853.066
2004	1.373.004	256.006	248.729	10.152	1.887.891
2005	1.471.867	256.006	248.729	10.152	1.986.754
2006	1.603.393	256.006	279.943	11.426	2.150.768
2007	1.306.558	502.146	518.011	21.143	2.347.858
2008	1.257.990	184.767	570.600	23.290	2.036.647
2009	1.677.724	-	442.003	18.041	2.137.769

Nos projetos MDL dos aterros Bandeirantes e São João, a destruição de metano se dá em motores acoplados em geradores de eletricidade. Esta atividade, além de gerar créditos de carbono pela destruição de metano gera, também, créditos de carbono pela introdução de energia limpa à rede elétrica. Como a Prefeitura não vendeu a totalidade destes créditos, a parcela não comercializada foi contabilizada como redução. A Tabela 7 apresenta os valores de créditos de carbono não comercializados referente a esta geração de eletricidade que não foram considerados anteriormente na Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 7 – Emissões de GEE contabilizadas no Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos

	Emissões contabilizadas nos aterros	CER eletricidade da Prefeitura que não foram comercializados	Emissões totais
	[I]	[J]	[K=I-J]
	(tCO ₂ e)		
2003	1.853.066	-	1.853.066
2004	1.887.891	-	1.887.891
2005	1.986.754	-	1.986.754
2006	2.150.768	618	2.150.151
2007	2.347.858	-	2.347.858
2008	2.036.647	21.432	2.015.215
2009	2.137.769	31.607	2.106.162

3.1.1.2. Subsetor Tratamento Biológico²⁵ São considerados como tratamento biológico pelo IPCC (2006) a compostagem, a digestão anaeróbia do lixo orgânico e o tratamento mecânico biológico.

Dentre os tratamentos biológicos citados, foi verificada no Município de São Paulo a prática de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos por compostagem desde a década de 1970. Este tratamento era realizado nas usinas de compostagem São Mateus e Vila Leopoldina, que tiveram suas atividades encerradas em 2003 e 2004, respectivamente.

²⁵ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.4

Os resíduos tratados em usinas de compostagem emitem CO₂, CH₄ e N₂O. As emissões de CO₂ neste subsetor são de origem biogênica e, de acordo com IPCC (2006)²⁶, não devem ser contabilizadas. Assim, foram contabilizadas apenas as emissões de CH₄ e N₂O geradas durante a compostagem dos resíduos.

As emissões de CH₄ e N₂O foram quantificadas, conforme metodologia do IPCC (2006), a partir dos dados de resíduos enviados para as usinas de compostagem utilizando-se valores padrão para os fatores de emissão. As quantidades de resíduos enviadas em 2003 e 2004 para as usinas de compostagem são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Resíduos enviados para usinas de compostagem

Compostagem	2003	2004	2006	2007	2008	2009
	(t)					
Resíduos	334.420	193.101	-	-	-	-

FONTE: LIMPURB APUD INFOCIDADE, 2012.

Na Tabela 9 são apresentadas as emissões geradas em 2003 e 2004 pelo tratamento biológico dos resíduos sólidos por compostagem.

Tabela 9 – Emissões de GEE por tratamento biológico

Ano	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O
	(tCH ₄)	(tN ₂ O)
2003	1.338	100
2004	772	58

Na Tabela 10 são apresentadas, em CO₂ equivalente, as emissões geradas pela compostagem dos resíduos sólidos do Município de São Paulo.

Tabela 10 – Emissões de GEE por tratamento biológico, em CO₂e

Ano	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões Totais
	(tCO ₂ e)		
2003	28.091	31.101	59.192
2004	16.220	17.958	34.178

3.1.1.3. Subsetor Incineração²⁷ • A incineração é adotada para uma parte dos Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSS)²⁸ no Município de São Paulo. Os RSS do grupo A (que podem apresentar risco de infecção devido à presença de agentes biológicos) são enviados para a Estação de Tratamento de Resíduos de Saúde Jaguaré, que possui o processo de desativação eletrotérmica (ETD)²⁹. Os RSS enviados para incineração são os resíduos do grupo B, que são os que contêm substâncias químicas com potencial de risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Os incineradores utilizados estão localizados fora do Município de São Paulo (FIESP, 2012; LIMPEZA PÚBLICA, 2012 e PMSP, 2011).

²⁶ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.1, p.1.5

²⁷ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.5

²⁸ Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSS) são todos os produtos resultantes de atividades médico-assistenciais e de pesquisa na área de saúde, voltadas às populações humanas e animal, compostos por materiais biológicos, químicos e perfurocortantes, contaminados por agentes patogênicos, representando risco potencial à saúde e ao meio ambiente, que, por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo tratamento prévio à sua disposição final (PMSP, 2011).

²⁹ Este tipo de tratamento, similar ao de micro-ondas, não apresenta efluentes líquidos

De acordo com IPCC (2006), durante a incineração dos resíduos podem ocorrer emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, sendo que as emissões de CO₂ devem ser contabilizadas somente quando de origem fóssil.

As emissões de GEE provenientes da incineração dos RSS do Grupo B foram quantificadas seguindo-se a metodologia proposta pelo IPCC (2006), utilizando-se fatores padrão e dados de resíduos enviados para incineração. Os valores de resíduos enviados para incineração são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – RSS enviados para incineração

RSS Incinerado	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(t)						
Grupo B	305	309	253	730	514	450	328

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE LIMPURB APUD INFOCIDADE, 2012 E SNIS, 2012

As emissões dos GEE provenientes da incineração dos RSS do Município de São Paulo são mostradas na Tabela 12.

Tabela 12 – Emissões de GEE da incineração de RSS

Emissões	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CO ₂	(tCO ₂)	268	272	223	642	452	396	289
CH ₄	(tCH ₄)	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02
N ₂ O	(tN ₂ O)	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02

Na Tabela 13, as emissões provenientes da incineração dos RSS são apresentadas em CO₂ equivalente, considerando-se o potencial de aquecimento global desses GEE.

Tabela 13 - Emissões de GEE da incineração de RSS, em CO₂e

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
CO ₂	268	272	223	642	452	396	289
CH ₄	0,4	0,4	0,3	0,9	0,6	0,6	0,4
N ₂ O	5,7	5,7	4,7	13,6	9,6	8,4	6,1
Total	274,1	278,1	228,0	656,5	462,2	405,0	295,5

3.1.1.4. Subsetor Resíduos Industriais • As emissões provenientes do tratamento e disposição dos Resíduos Sólidos Industriais (RSI) não foram contabilizadas neste Inventário devido à indisponibilidade de informações. De acordo com a PMSP (2011), o gerenciamento dos RSI é de responsabilidade dos geradores e controlado pelo Governo do Estado de São Paulo. Durante a elaboração do Inventário não foram encontrados dados sobre a quantidade, tipo e destinação ou tratamento dado a estes resíduos no Município, inviabilizando a quantificação das emissões de GEE.

3.1.2. Subsetor Efluentes Líquidos³⁰

Os efluentes líquidos (esgotos domésticos e industriais) contribuem para o aquecimento global devido à emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O durante os processos de degradação, seja em sistemas naturais (rios e lagos) ou artificiais (estações de tratamento). Além disso, os efluentes sem tratamento, lançados in natura nos corpos hídricos, podem causar outros graves problemas ambientais, como a poluição e eutrofização dos corpos d'água e a proliferação de doenças. Por esses motivos, a coleta e o tratamento dos efluentes são tão importantes para os seres humanos e para o meio ambiente (VON SPERLING, 2005; SABESP, 2012).

Os efluentes líquidos domésticos apresentam uma elevada concentração de matéria orgânica que, durante seus processos de degradação, são convertidos em CO_2 , sendo que em condições anaeróbias há também a produção de CH_4 . Estas produções estão diretamente relacionadas à quantidade de matéria orgânica degradável presente no efluente, temperatura e tipo de tratamento aplicado (IPCC, 2006 e VON SPERLING, 2005).

As emissões de CO_2 neste subsetor são de origem biogênica e, de acordo com IPCC (2006)³¹, não devem ser contabilizadas. Desta forma, foram consideradas neste subsetor as emissões de CH_4 e N_2O produzidos pelos efluentes líquidos.

No Município de São Paulo, os efluentes industriais são lançados na rede coletora, quando disponível, juntamente com os esgotos domésticos e enviados para tratamento nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), desde que não apresentem características que possam prejudicar o sistema de tratamento biológico utilizado pela SABESP. Os efluentes industriais que apresentam potenciais riscos a este tipo de tratamento devem ser tratados nas próprias indústrias, assim como no caso da inexistência da rede coletora. Desta forma, as emissões de GEE dos efluentes lançados na rede coletora foram quantificadas sem a segregação em doméstico e industrial.

As ETEs que recebem os efluentes gerados no Município de São Paulo estão localizadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e utilizam o processo de tratamento de lodos ativados em nível secundário (SABESP, 2012).

O princípio básico do sistema de lodos ativados é a recirculação do lodo ao tanque de aeração, onde ocorre a mistura do lodo ativado com o esgoto bruto. Como o lodo ativado possui grande concentração de bactérias ativas, estas assimilam a matéria orgânica presente no esgoto e aceleram sua degradação. Nesta etapa do tratamento há emissão de CO_2 , que pelo seu caráter biogênico, não é considerada como emissão de GEE, conforme o IPCC (2006). Porém, parte do tratamento do lodo ocorre em digestores anaeróbios, onde o principal produto da decomposição é o CH_4 , que é então emitido (VON SPERLING, 2005; SABESP, 2012).

Também foram contabilizadas neste Inventário as emissões provenientes dos efluentes líquidos não tratados em ETE, como os despejados diretamente em corpos hídricos e os que são tratados no próprio local (fossas sépticas e latrinas).

De acordo com o IPCC (2006), as emissões de N_2O por efluentes estão associadas com a degradação de componentes nitrogenados presentes nos esgotos, podendo ocorrer como emissões diretas nas estações de tratamento ou de forma indireta pelo despejo dos efluentes em corpos hídricos. As emissões diretas de N_2O geradas pelos processos de nitrificação e desnitrificação nas estações de tratamento são consideradas mínimas, devendo ser significativas apenas em países que predominem ETEs com remoções de nutrientes. Normalmente estas emissões são significativamente menores que as emissões indiretas provenientes dos efluentes despejados nos corpos hídricos. Desta forma, foram contabilizadas neste Inventário as emissões de N_2O dos efluentes lançados em corpos hídricos, de maneira direta (sem tratamento) ou após algum tratamento.

As emissões foram quantificadas seguindo-se a metodologia do IPCC (2006) e com base no perfil sanitário da população do Município de São Paulo, obtido a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a RMSP, apresentado na Tabela 14.

³⁰ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.6

³¹ Fonte: IPCC (2006), V.5, Ch.1, p.1.5

Tabela 14 – Perfil de esgotamento sanitário do Município de São Paulo

Ano	Coletado		Não Coletado		
	Tratado	Não tratado	Tratado		Não tratado
	ETEs	Rios, lagos	Fossas sépticas	Latrinas	Rios, lago
	(%)				
2003	57,1%	29,6%	6,5%	6,6%	0,2%
2004	58,9%	27,1%	4,8%	9,1%	0,2%
2005	54,0%	32,4%	5,7%	7,7%	0,2%
2006	56,1%	30,7%	6,7%	6,5%	<0,1%
2007	62,1%	27,1%	6,5%	4,2%	0,1%
2008	71,7%	17,7%	5,6%	5,0%	0,1%
2009	73,6%	17,1%	5,0%	4,2%	0,2%

FONTES: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012

As emissões de CH₄ e N₂O dos efluentes líquidos do Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009 são mostradas na Tabela 15.

Tabela 15 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos

Emissões	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CH ₄	(tCH ₄)	12.449	14.614	14.995	13.608	12.520	12.048	10.629
N ₂ O	(tN ₂ O)	81	98	108	120	149	123	109

Na Tabela 16, as emissões dos efluentes líquidos são apresentadas em CO₂ equivalente, considerando-se o potencial de aquecimento global de cada GEE.

Tabela 16 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos, em CO₂e

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
CH ₄	261.430	306.900	314.892	285.776	262.923	252.998	223.214
N ₂ O	25.107	30.326	33.615	37.224	46.312	38.049	33.667
Total	286.537	337.226	348.507	323.000	309.235	291.047	256.881

3.1.3. Emissões do Setor Resíduos

As emissões de GEE do setor Resíduos do Município de São Paulo são apresentadas por subsetor inventariado na Tabela 17.

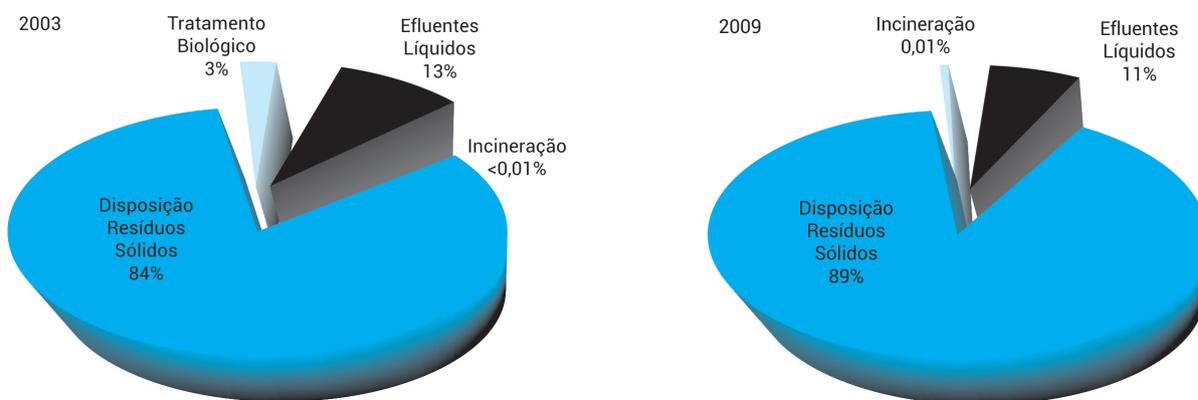
Tabela 17 – Emissões do setor Resíduos

Subsetor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Disposição dos resíduos sólidos	1.853	1.888	1.987	2.150	2.348	2.015	2.106
Tratamento biológico	59	34	-	-	-	-	-
Incineração	0,3	0,3	0,2	0,7	0,5	0,4	0,3
Efluentes Líquidos	287	337	349	323	309	291	257
Total	2.199	2.260	2.335	2.474	2.658	2.307	2.363

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A Figura 7 mostra a participação nas emissões de GEE do setor Resíduos para os anos 2003 e 2009.

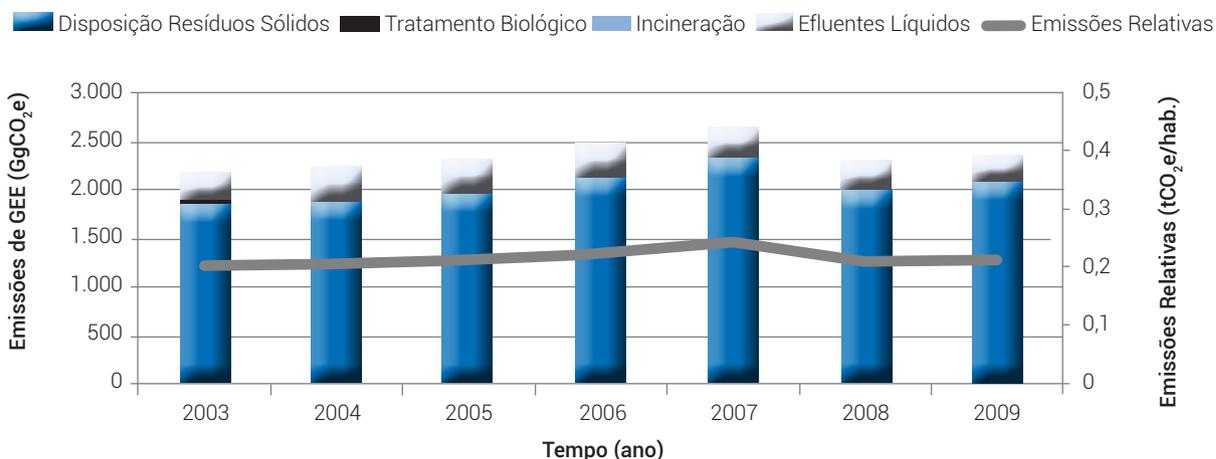
Figura 7 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por subsetor em 2003 e 2009



De acordo com a Figura 7, verifica-se que as emissões da disposição dos resíduos sólidos em aterros são as mais representativas do setor, correspondendo a 84% do total das emissões do setor Resíduos em 2003 e 89% em 2009. Ressalta-se que as emissões provenientes do tratamento biológico dos resíduos sólidos foram quantificadas apenas para 2003 e 2004, anos em que as usinas de compostagem ainda estavam em operação.

Na Figura 8 são apresentadas as emissões totais do Município de São Paulo do setor Resíduos no período de 2003 a 2009.

Figura 8 – Emissões do setor Resíduos



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A queda nas emissões de GEE em 2008, observada na Figura 8, deve-se principalmente ao impacto dos projetos MDL de captura e combustão de biogás nos aterros Bandeirantes e São João. Ressalta-se que as reduções contabilizadas no Inventário são apenas referentes aos créditos de carbono retidos pelo Município de São Paulo, ou seja, os que não foram comercializados. No caso dos créditos de carbono comercializados pela PMSP e os de propriedade da Biogás Ambiental S/A, como já exposto, foram contabilizados no presente inventário como emissões.

Na Tabela 18, são apresentadas as emissões do setor Resíduos por tipo de GEE para o período inventariado.

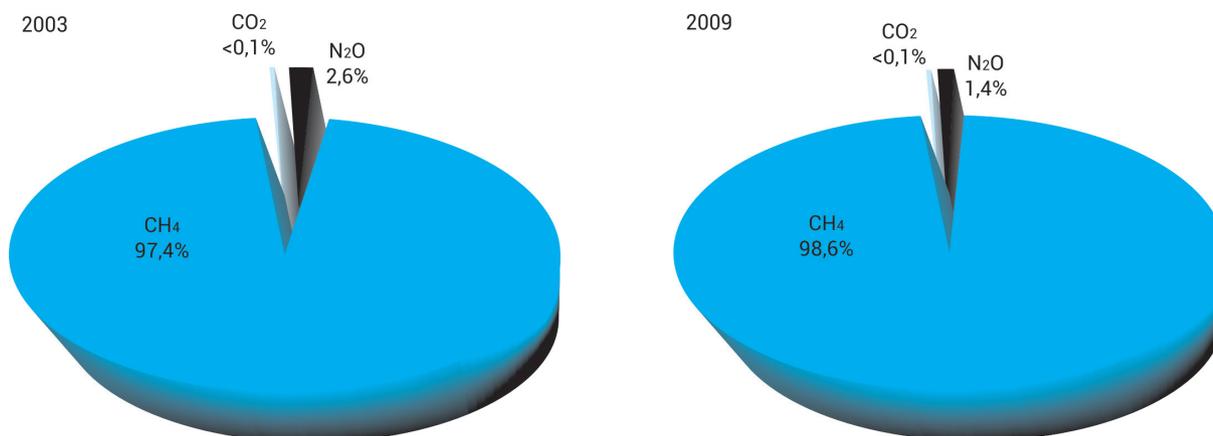
Tabela 18 – Emissões do setor Resíduos por GEE

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CO ₂	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4	0,3
CH ₄	2.143	2.211	2.302	2.436	2.611	2.268	2.329
N ₂ O	56	48	34	37	46	38	34
Total	2.199	2.260	2.335	2.474	2.658	2.307	2.363

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões percentuais do setor Resíduos por tipo de GEE para 2003 e 2009 são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por GEE 2003 e 2009



Como esperado para este setor, as emissões de GEE mais representativas foram as de CH₄, que correspondiam em 2003 a 97,4% das emissões do setor e em 2009 passaram a representar 98,6% das emissões. Grande parte das emissões de CH₄ é proveniente da disposição de resíduos sólidos em aterros, destinação predominante dada aos resíduos sólidos do Município de São Paulo.

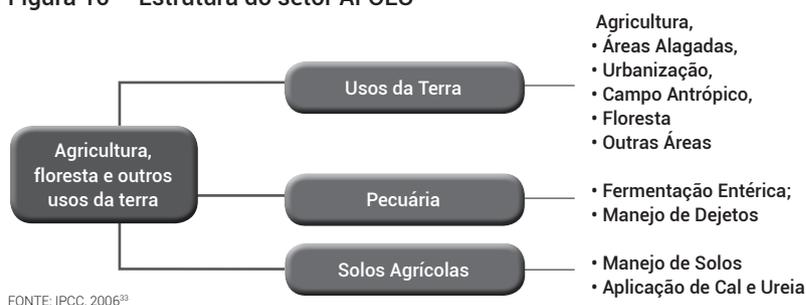
3.2. Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra – AFOLU

No setor Agricultura, Floresta e outros Usos da Terra (AFOLU³²) são contabilizadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O e as remoções de CO₂ provenientes das atividades antrópicas de uso e manejo da terra para a realização de funções

³² AFOLU é a sigla originada do inglês *Agriculture, Forestry and Other Land Use*,

produtivas, ecológicas ou sociais, conforme previsto pelo IPCC (2006). Os fluxos de CO₂ decorrem da fotossíntese realizada pela vegetação, da decomposição e da combustão da matéria orgânica. O N₂O é emitido como subproduto da nitrificação e denitrificação, enquanto que o CH₄ é emitido através da metanogênese sob condições anaeróbias em solos e em armazenamentos de dejetos, através da fermentação entérica e por combustão incompleta na queima de matéria orgânica. A estrutura do setor AFOLU é apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Estrutura do setor AFOLU



3.2.1. Subsetor Uso da Terra³⁴

Neste subsetor são contabilizadas as emissões e remoções de CO₂ provenientes dos diferentes usos da terra pelo homem. A metodologia utilizada para quantificar as emissões de CO₂ deste subsetor - IPCC (2006) - considera a variação nos estoques de carbono existentes em uma determinada área, de acordo com a categoria de uso e eventuais alterações antrópicas.

Os estoques de carbono considerados pelo IPCC (2006) para cada categoria de uso da terra são os contidos na biomassa, na matéria orgânica morta e no solo. O estoque de carbono da biomassa está relacionado com o resultado do processo de fotossíntese das plantas, que incorpora a elas o carbono da atmosfera durante o crescimento. O estoque de carbono da matéria orgânica morta refere-se ao carbono contido na madeira, folhas e outros materiais orgânicos mortos dispostos sobre o solo. Já o estoque de carbono do solo está relacionado com o carbono incorporado ao solo em decorrência da degradação da matéria orgânica.

O IPCC (2006) divide os usos da terra em seis categorias de uso: agricultura, área alagada, urbanização, campo, floresta e outras áreas. Uma breve descrição de cada categoria de uso adotada neste Inventário é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Categorias de uso da terra

Categoria de uso	Descrição
Agricultura	Áreas destinadas a culturas anuais (ex.: a plantação de cereais e vegetais) e a culturas perenes (ex.: pomares)
Área Alagada	Áreas que são cobertas por água durante o ano todo ou em parte do ano (área de várzea das represas)
Urbanização	Áreas urbanizadas, incluindo rodovias, residências, escolas, indústrias e comércios
Campo antrópico	Áreas de pastagens, vegetações rasteiras e arbustos
Floresta	Áreas de florestas nativas ou de reflorestamento
Outras Áreas	Áreas de mineração e aterros sanitários

A classificação da área do Município de São Paulo dentro das categorias de uso da terra do IPCC (2006) foi realizada por meio da interpretação visual das imagens de satélite de média resolução espacial. Para o ano 2003, foi

³³ Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.1, p.1.16, Figura 1.4

³⁴ Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.2 a 9

utilizada a imagem do LANDSAT-5 e para o ano 2009, a imagem do satélite CBERS-2B. As variações do uso da terra observadas no Município de São Paulo de 2003 para 2009 são apresentadas na Tabela 19 e na Figura 11.

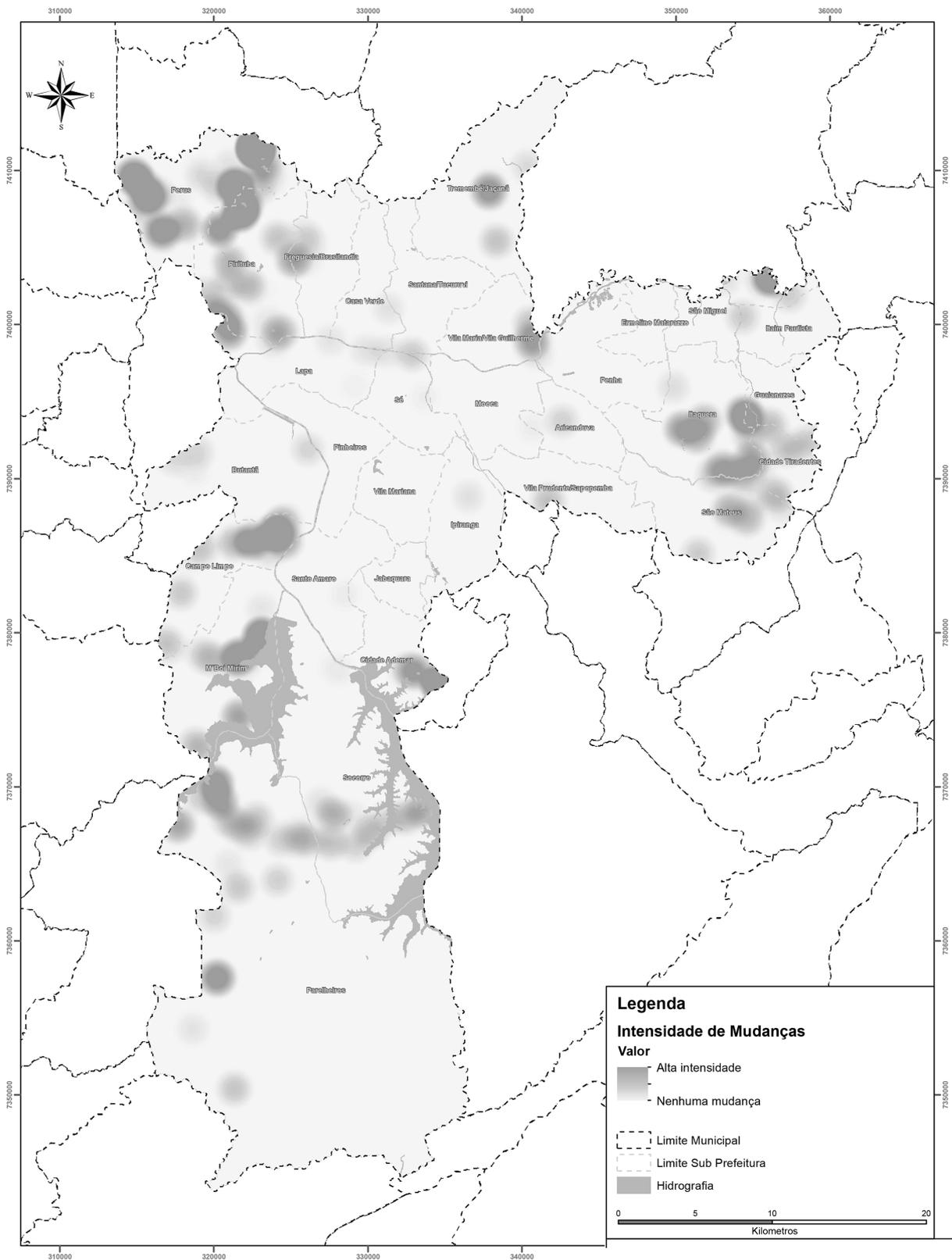
Tabela 19 – Permanências e variações do uso da Terra

Uso em 2003	Uso em 2009	Área (ha)
Agricultura	Agricultura	3.977
Agricultura	Urbanização	31
Agricultura	Campo antrópico	11
Agricultura	Reflorestamento	0
Água	Água	5.162
Água	Urbanização	0
Água	Campo antrópico	0
Água	Reflorestamento	0
Urbanização	Urbanização	84.548
Urbanização	Agricultura	3*
Urbanização	Campo antrópico	38
Urbanização	Reflorestamento	3*
Campo antrópico	Campo antrópico	21.227
Campo antrópico	Agricultura	22
Campo antrópico	Urbanização	539
Campo antrópico	Reflorestamento	132
Campo antrópico	Outras áreas	29
Reflorestamento	Reflorestamento	5.868
Reflorestamento	Agricultura	4
Reflorestamento	Urbanização	55
Reflorestamento	Campo antrópico	158
Reflorestamento	Outras áreas	13
Vegetação natural	Vegetação natural	29.794
Vegetação natural	Agricultura	8
Vegetação natural	Urbanização	66
Vegetação natural	Campo antrópico	103
Vegetação natural	Reflorestamento	0
Vegetação natural	Outras áreas	5
Outras áreas	Outras áreas	661
Outras áreas	Urbanização	1
Outras áreas	Campo antrópico	3
	Área Total (ha)	152.462

NOTA: * APESAR DE POUCO PROVÁVEL, ESSA ALTERAÇÃO NO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO FOI VERIFICADA A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE, CONFORME METODOLOGIA DE ANÁLISE ADOTADA NESTE INVENTÁRIO. PARA MAIOR DETALHAMENTO, CONSULTAR O RELATÓRIO TÉCNICO ELABORADO PARA O SETOR AFOLU, DISPONÍVEL NO SITE DA SVMA: WWW.PREFEITURA.SP.GOV.BR/MEIO_AMBIENTE.

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA A PARTIR DA ANÁLISE DAS IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT-5 E CBERS-2B.

Figura 11 – Mudanças de Uso do Solo Antrópicas no Município de São Paulo



A partir da variação da área ocupada pelos diversos usos do solo foram determinadas as variações nos estoques de carbono da biomassa, da matéria orgânica morta e do solo e quantificadas as emissões ou remoções para cada categoria de uso da terra. Estas emissões e remoções são apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Emissões e remoções de CO₂ pelo uso da terra

Uso em 2003	Uso em 2009	Emissão CO ₂ (tCO ₂)	Remoção CO ₂ (tCO ₂)	Variação CO ₂ (tCO ₂)
Agricultura	Agricultura	0	0	0
Agricultura	Urbanização	712	0	712
Agricultura	Campo antrópico	0	-113	-113
Agricultura	Reflorestamento	0	0	0
Água	Água	0	0	0
Água	Urbanização	0	0	0
Água	Campo antrópico	0	0	0
Água	Reflorestamento	0	0	0
Urbanização	Urbanização	0	0	0
Urbanização	Agricultura	0	-137	-137
Urbanização	Campo antrópico	0	-2.026	-2.026
Urbanização	Reflorestamento	0	-172	-172
Campo antrópico	Campo antrópico	0	0	0
Campo antrópico	Agricultura	222	0	222
Campo antrópico	Urbanização	17.663	0	17.663
Campo antrópico	Reflorestamento	0	-1.365	-1.365
Campo antrópico	Outras áreas	1.516	0	1.516
Reflorestamento	Reflorestamento	0	-121.357	-121.357
Reflorestamento	Agricultura	976	0	976
Reflorestamento	Urbanização	14.444	0	14.444
Reflorestamento	Campo antrópico	36.202	0	36.202
Reflorestamento	Outras áreas	3.570	0	3.570
Vegetação natural	Vegetação natural	0	0	0
Vegetação natural	Agricultura	3.851	0	3.851
Vegetação natural	Urbanização	32.041	0	32.041
Vegetação natural	Campo antrópico	46.266	0	46.266
Vegetação natural	Reflorestamento	0	0	0
Vegetação natural	Outras áreas	2.572	0	2.572
Outras áreas	Outras áreas	0	0	0
Outras áreas	Urbanização	0	0	0
Outras áreas	Campo antrópico	0	-171	-171
Variação de CO₂ (tCO₂)		160.033	-125.343	34.691

Observa-se que as áreas mantidas como reflorestamento são a principal fonte de remoção de CO₂ da atmosfera, pois durante o crescimento das árvores há a acumulação de carbono. Entretanto, emissões de CO₂ por remoção da vegetação nativa são maiores. A variação nos estoques de carbono no período entre 2003 e 2009 resulta em uma emissão de 34.691 tCO₂e.

3.2.2. Subsetor Pecuária³⁵

Neste subsetor foram contabilizadas as emissões de CH₄ e N₂O provenientes da fermentação entérica³⁶ dos rebanhos e do manejo dos dejetos desses animais, conforme previsto pelo IPCC (2006), lembrando que as emissões de CO₂ da pecuária não são contabilizadas pela metodologia adotada por serem de origem biogênica. Para quantificar as emissões provenientes da fermentação entérica e do manejo dos dejetos foi aplicada a metodologia e fatores de emissão padrão, ambos propostos pelo IPCC (2006). Os dados da população pecuária do Município de São Paulo, utilizados neste Inventário, são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – População animal no Município de São Paulo

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(cabeças)						
Bovino para corte	100	100	150	150	150	150	150
Bovino para leite	560	562	220	360	360	-	-
Frangos	-	5.000	5.000	5.000	5.000	-	-
Suínos	-	3.000	3.500	3.000	6.000	6.000	1.500

FONTE: IEA, 2012

Ressalta-se que os cavalos das hípcas e do Jockey Club, que são utilizados com fins esportivos e de lazer, não tiveram suas emissões de GEE contabilizadas no Inventário por não se enquadrarem como criação pecuária, conforme classificação do IPCC (2006). Os cavalos da Polícia Militar, que poderiam ser classificados como criação com finalidade econômica, são estimados em 200 cabeças no ano 2011 de acordo com a SVMA, tendo suas emissões calculadas em 4 toneladas de CH₄. Além da baixa representatividade, a ausência do histórico do número de cavalos no Município fez com que estas emissões fossem desconsideradas.

As emissões de CH₄ provenientes da fermentação entérica dos rebanhos do Município de São Paulo no período de 2003 a 2009 são apresentadas na Tabela 22. O IPCC não apresenta fatores de emissão para a fermentação entérica para frangos.

Tabela 22 - Emissão de CH₄ da fermentação entérica

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH ₄)						
Bovino para corte	6	6	8	8	8	8	8
Bovino para leite	40	40	16	26	26	-	-
Suínos	-	3	4	3	6	6	2
Total	46	49	28	37	40	14	10

Durante o manejo de dejetos da criação pecuária ocorre a emissão de CH₄ e N₂O. As emissões de CH₄ devidas ao manejo de dejetos no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 23.

³⁵ Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.10

³⁶ Fermentação entérica: processo digestivo de animais herbívoros pelo qual carboidratos são quebrados em moléculas mais simples, gerando metano como subproduto. A quantidade de metano gerado depende do tipo de trato digestivo, idade e peso do animal, e da qualidade e quantidade de alimento consumido. Dentre os animais com fermentação entérica, os ruminantes são os maiores produtores de CH₄.

Tabela 23 – Emissão de CH₄ do manejo dos dejetos dos animais

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH ₄)						
Bovino para corte	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Bovino para leite	0,56	0,56	0,22	0,36	0,36	-	-
Frangos	-	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-
Suínos	-	3,00	3,50	3,00	6,00	6,00	1,50
Total	0,66	3,76	3,97	3,61	6,61	6,15	1,65

As emissões de N₂O provenientes do manejo de dejetos da criação pecuária ocorrem de forma direta (pelos processos de nitrificação e denitrificação do nitrogênio presente nos dejetos) e indireta (pela volatilização do nitrogênio, parcialmente convertido em N₂O). As emissões totais de N₂O do manejo de dejetos estão na Tabela 24.

Tabela 24 – Emissões totais de N₂O do manejo dos dejetos

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN ₂ O)						
Bovino para corte	0,004	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Bovino para leite	0,043	0,043	0,017	0,027	0,027	-	-
Frangos	-	0,022	0,022	0,022	0,022	-	-
Suínos	-	1,241	1,426	1,204	2,408	2,408	0,602
Total	0,047	1,310	1,471	1,259	2,463	2,414	0,608

As emissões, em CO₂e, da fermentação entérica e do manejo dos dejetos são apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Emissões totais de GEE da Pecuária, em CO₂e

Categorias	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
Fermentação Entérica – CH ₄	964	1.030	583	784	847	302	208
Manejo de Dejetos – CH ₄	14	79	83	76	139	129	35
Manejo de Dejetos – N ₂ O	14	406	456	390	764	748	188
Total	993	1.515	1.122	1.250	1.749	1.180	431

3.2.3. Subsetor Solos Agrícolas³⁷

Neste subsetor foram contabilizadas as emissões de N₂O, provenientes da aplicação de fertilizantes no solo durante seu manejo, e de CO₂ da aplicação de cal e ureia no solo, conforme diretrizes do IPCC (2006)³⁸.

As emissões de N₂O provenientes da aplicação de fertilizantes sintéticos ou orgânicos podem ocorrer de forma direta, por nitrificação e denitrificação do nitrogênio disponível no solo; ou indireta, por deposição do nitrogênio volatilizado ou por lixiviação. Para quantificar estas emissões foi aplicada a metodologia do IPCC (2006) e fatores de emissão padrão.

³⁷ Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11

³⁸ Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11

Dada a indisponibilidade de dados primários de consumo de fertilizantes no Município de São Paulo, as quantidades de nitrogênio provenientes de fertilizantes sintéticos aplicadas aos solos agrícolas do Município foram estimadas a partir do consumo de fertilizantes sintéticos no Estado de São Paulo multiplicada pela relação entre as áreas agrícolas do Município e do Estado. Em relação às quantidades de nitrogênio proveniente dos fertilizantes orgânicos, estes foram obtidos a partir dos dejetos excretados diretamente nos pastos. Os dados de nitrogênio aplicado no solo são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Estimativa de nitrogênio aplicado no solo

Nitrogênio aplicado	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Fertilizante sintético	(t)	209	193	204	223	238	185	175
Fertilizante orgânico	(t)	39	40	21	30	30	7	7

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IEA, 2012 E IPNI, 2012

A partir desses dados foram determinadas as emissões diretas e indiretas de N₂O dos solos agrícolas, apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 – Emissões de N₂O da aplicação de fertilizantes

Emissão de N ₂ O	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN ₂ O)						
Emissões diretas	4,52	4,27	3,87	4,44	4,66	3,14	2,98
Emissões indiretas	0,34	0,31	0,33	0,36	0,39	0,30	0,28
Emissões totais	4,86	4,59	4,20	4,80	5,05	3,44	3,26

A aplicação de cal e de ureia no solo são práticas comuns na agricultura da região. A aplicação de cal tem como finalidade reduzir a acidez do solo e ajudar no crescimento das plantas, enquanto a aplicação de ureia tem como objetivo a fertilização do solo. A adição destes produtos implica em liberação de CO₂.

As emissões de CO₂ da aplicação de cal e de ureia ao solo foram quantificadas pela metodologia proposta pelo IPCC (2006) e fatores de emissão padrão.

Os dados de consumo de cal no Município foram estimados a partir de informações sobre o consumo deste produto no Estado de São Paulo e a relação entre as áreas agrícolas do Município e do Estado. Os dados de consumo estimados para o Município são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Consumo estimado de cal e ureia no Município

Consumo	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cal	(t)	2.506	1.879	2.007	2.351	2.378	1.717	1.862
Ureia	(t)	193	193	186	203	216	169	159

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IEA, 2012 E ABRACAL, 2012

A partir desses dados foram quantificadas as emissões de CO₂ da aplicação de cal (calagem) e de ureia nas áreas agrícolas do Município de São Paulo, apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 – Emissões de CO₂ da aplicação de cal e ureia

Emissão	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂)						
Calagem	1.103	827	883	1.035	1.046	756	819
Aplicação de ureia	141	141	136	149	158	124	117
Total	1.244	968	1.019	1.183	1.205	879	936

As emissões totais de GEE do subsetor Solos Agrícolas são apresentadas em CO₂e na Tabela 30.

Tabela 30 – Emissões de GEE dos Solos Agrícolas, em CO₂e

Categorias	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
Aplicação de fertilizantes	1.506	1.422	1.301	1.488	1.565	1.066	1.010
Calagem	1.103	827	883	1.035	1.046	756	819
Aplicação de ureia	141	141	136	149	158	124	117
Emissões totais	2.750	2.390	2.321	2.672	2.770	1.945	1.946

3.2.4. Emissões do Setor AFOLU

As emissões totais de GEE do setor AFOLU são apresentadas por subsetor inventariado para o período de 2003 a 2009 na Tabela 31.

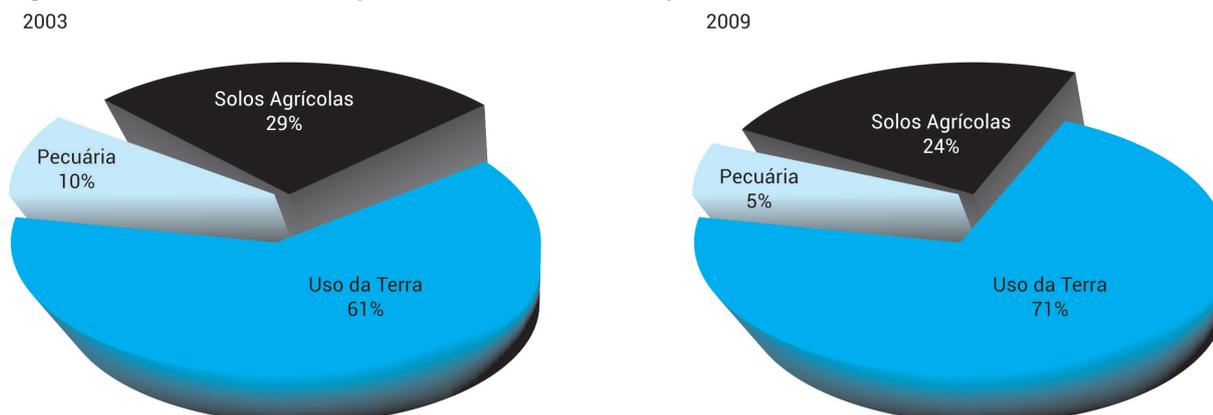
Tabela 31 – Emissões do setor AFOLU

Subsetor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Uso da Terra	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Pecuária	1,0	1,5	1,1	1,2	1,7	1,2	0,4
Solos Agrícolas	2,8	2,4	2,3	2,7	2,8	1,9	1,9
Total	9,5	9,7	9,2	9,7	10,3	8,9	8,2

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 12 são apresentadas as emissões percentuais totais do setor AFOLU por subsetor inventariado para 2003 e 2009.

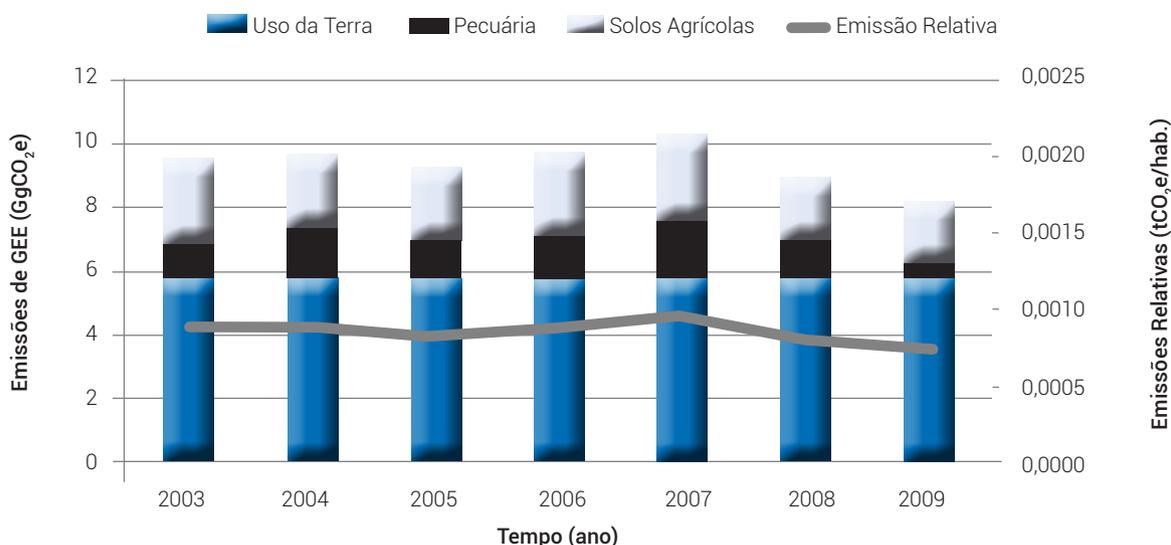
Figura 12 – Perfil das emissões percentuais do setor AFOLU por subsetor em 2003 e 2009



O subsetor Uso da Terra é o mais significativo, representando 61% das emissões do setor AFOLU em 2003 e passando para 71% em 2009. As emissões dos subsetores Solos Agrícolas e Pecuária diminuíram percentualmente em relação ao total de emissões do setor.

Na Figura 13 são ilustradas as emissões totais de GEE do setor AFOLU no período de 2003 a 2009, por sub-setor inventariado. As emissões do Uso da Terra foram calculadas a partir da variação do uso da terra entre os anos 2003 e 2009, anos para os quais havia imagens de satélite disponíveis. As emissões deste período foram alocadas igualmente para cada ano, pelo fato de que as variações anuais são pouco expressivas com relação às emissões totais do Município de São Paulo.

Figura 13 – Emissões do setor AFOLU



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Conforme apresentado na Figura 13, as emissões totais do setor AFOLU diminuíram no período inventariado. Esta queda foi de aproximadamente 14% em 2009, quando comparado a 2003. Verifica-se que a diminuição nas emissões do setor deve-se à redução dos rebanhos da atividade pecuária e das áreas agrícolas do Município no período inventariado.

Na Tabela 32 as emissões do setor AFOLU são apresentadas por tipo de GEE no período inventariado.

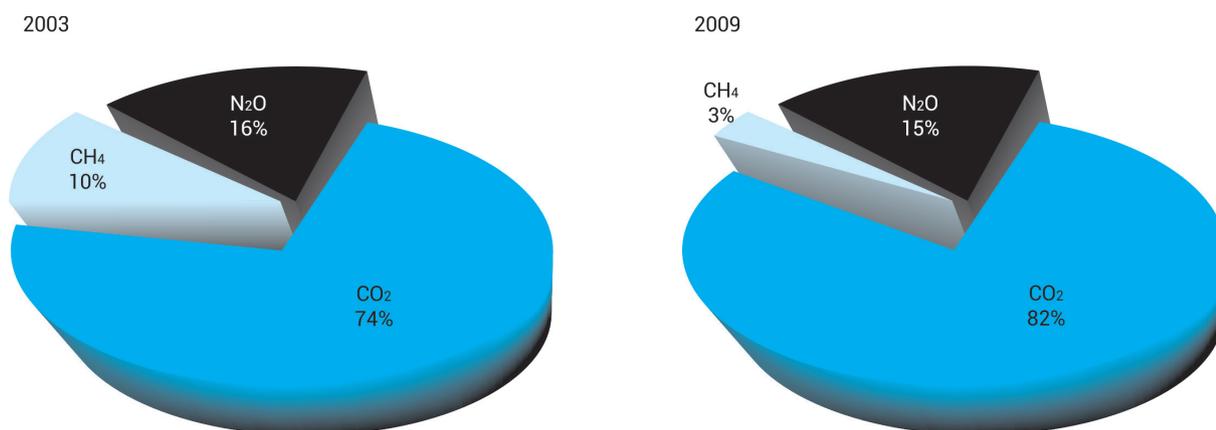
Tabela 32 – Emissões do setor AFOLU por GEE

GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CO ₂	7,0	6,8	6,8	7,0	7,0	6,7	6,7
CH ₄	1,0	1,1	0,7	0,9	1,0	0,4	0,2
N ₂ O	1,5	1,8	1,8	1,9	2,3	1,8	1,2
Total	9,5	9,7	9,2	9,7	10,3	8,9	8,2

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 14 são apresentadas as emissões percentuais por GEE do setor AFOLU para 2003 e 2009.

Figura 14 – Perfil das emissões percentuais do setor AFOLU por GEE em 2003 e 2009

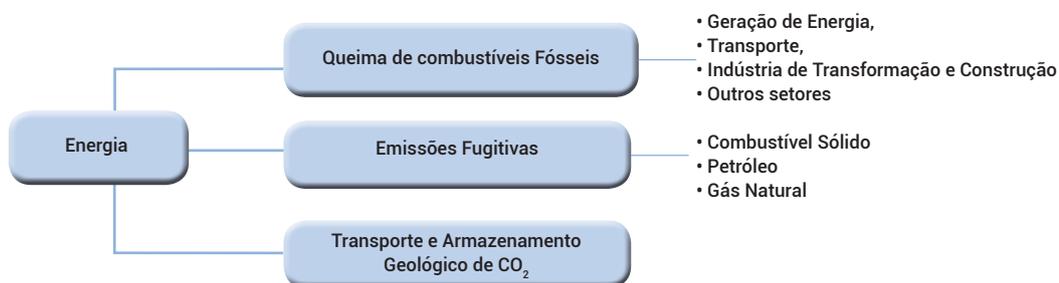


As emissões de CO₂ correspondem a 74% das emissões totais do setor AFOLU em 2003 e passam para 82% em 2009. Esta grande participação das emissões de CO₂ deve-se ao subsetor Uso da Terra, responsável por grande parte das emissões do CO₂ deste setor. As emissões de N₂O e CH₄ são menores, representando 26% das emissões em 2003 e 18% em 2009. Esta queda acentuada está relacionada principalmente à diminuição de criação pecuária no Município, que responde pelas emissões de CH₄ neste setor.

3.3. Energia

Para o setor Energia foram quantificadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O previstas pelo IPCC (2006). Neste setor, as emissões decorrem da queima de combustíveis e de emissões fugitivas. As emissões e remoções de GEE contabilizadas são oriundas das atividades de exploração das fontes primárias de energia, da conversão da fonte primária de energia em outras formas de energia em refinarias e usinas, transmissão de eletricidade e distribuição de combustíveis e uso de combustíveis em aplicações móveis e estacionárias. A estrutura do setor é apresentada na Figura 15.

Figura 15 – Estrutura do setor Energia



FONTE: IPCC, 2006²⁹

No Município de São Paulo não há armazenamento geológico de dióxido de carbono, de forma que as emissões de GEE contabilizadas para o setor Energia são apresentadas em dois subsetores: Queima de Combustíveis e Emissões Fugitivas.

Os consumos energéticos considerados para o cálculo das emissões são aqueles apresentados na Tabela 33, para o período inventariado.

²⁹ Fonte: IPCC (2006), V.2, Ch.1, p.1.7, Figura 1.1

Tabela 33 – Consumo energético no Município por fonte de energia

Fonte de energia	Unidade	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Eletricidade	(GWh)	21.947	22.573	23.210	24.195	25.238	26.124	26.431
Gás Natural	(10 ³ m ³)	746.919	836.999	698.853	651.244	632.828	932.672	604.453
Gás Natural Veicular	(10 ³ m ³)	192.684	215.922	246.891	294.741	322.347	284.801	192.389
Gasolina C	(10 ³ m ³)	2.225	2.196	2.266	2.201	2.271	2.220	2.090
Etanol Hidratado	(10 ³ m ³)	304	456	511	918	1.420	1.763	2.185
Óleo Diesel	(10 ³ m ³)	1.348	1.416	1.441	1.282	1.483	1.655	1.599
Biodiesel	(10 ³ m ³)	-	-	-	-	-	43	58
Querosene de Aviação	(m ³)	376.316	386.563	347.005	388.291	390.338	300.128	286.833
Gasolina de Aviação	(m ³)	4.315	5.728	10.157	10.757	2.362	2.419	2.417
GLP	(t)	402.785	374.879	378.842	388.658	390.413	406.667	384.333
Querosene de Iluminação	(m ³)	11.399	4.345	1.131	949	788	497	332
Óleo Combustível	(t)	92.326	84.759	71.682	36.599	42.798	38.574	32.512

FONTE: ANP, 2012A; COMGAS, 2012; SÃO PAULO (ESTADO), 2007 A 2010.

3.3.1. Subsetor Queima de Combustíveis⁴⁰

A queima, ou combustão, dos diversos tipos de combustíveis implica na emissão de CO₂, CH₄ e N₂O, assim como na emissão de outras substâncias que contribuem para a poluição do ar (IPCC, 2006).

Durante a combustão, o carbono e o hidrogênio presentes nos combustíveis são convertidos principalmente em gás carbônico e água. Este processo libera energia que pode ser utilizada diretamente como fonte de calor, convertida em eletricidade ou ainda na geração de energia mecânica (por exemplo, no transporte de bens e pessoas).

As emissões de CO₂ dependem principalmente do conteúdo de carbono do combustível. Já as emissões de CH₄ e de N₂O dependem das tecnologias de combustão e de controle de emissões utilizadas, da manutenção dos equipamentos, etc. A queima de combustíveis, sejam elas em fontes móveis ou estacionárias, acarretam ainda emissões de outras substâncias, como o monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COVs), óxidos de enxofre (SOx), material particulado e óxidos de nitrogênio (NOx), que não são reportados neste Inventário por serem poluentes locais.

Neste subsetor, conforme a Figura 15, foram consideradas as emissões provenientes da queima de combustíveis na Geração de Energia, na Indústria de Transformação e Construção, nos Transportes e nos Outros Setores.

3.3.1.1. Geração de Energia • Na categoria Geração de Energia, foram contabilizadas as emissões de GEE oriundas da geração da energia elétrica consumida no Município de São Paulo, uma vez que nele não existem refinarias de petróleo nem manufaturas de combustíveis sólidos ou outras indústrias energéticas. Essas emissões foram quantificadas a partir dos dados de consumo de eletricidade no Município, energia que provem integralmente do Sistema Interligado Nacional (SIN)⁴¹, como apresentado na Tabela 34.

⁴⁰ Fonte: IPCC (2006), V.2, Ch.2 e Ch.3

⁴¹ O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, que integra todas as suas regiões, com exceção de partes da região Norte.

Tabela 34 – Consumo de eletricidade no Município de São Paulo

Setor de consumo	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(MWh)						
Residencial	7.805.405	8.175.559	8.612.702	9.189.637	9.736.162	10.355.049	10.754.774
Comercial	7.513.526	7.579.164	7.779.404	8.094.012	8.400.941	8.578.990	8.871.081
Rural	3.969	4.549	4.104	3.829	4.013	4.031	3.699
Industrial	4.107.595	4.275.239	4.208.730	4.195.049	4.272.924	4.284.655	3.871.954
Iluminação Pública	536.308	540.993	555.286	594.694	606.177	608.785	613.304
Poder Público*	760.023	766.663	786.918	813.815	856.651	860.779	902.431
Serviço Público**	1.187.125	1.197.496	1.229.133	1.275.980	1.326.143	1.389.782	1.371.355
Consumo Próprio	32.587	32.872	33.740	27.839	34.644	41.991	42.749
Total	21.946.538	22.572.535	23.210.017	24.194.854	25.237.655	26.124.063	26.431.347

* UNIDADES DA ADMINISTRAÇÃO DIRETA

** ÁGUA, ESGOTO E TRANSPORTE

FONTE: INFOCIDADE, 2012 E SÃO PAULO (ESTADO), 2007 A 2010

O fator de emissão total do SIN, calculado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para inventários, é resultante do percentual de eletricidade despachado para a rede por cada uma das formas de geração (hidráulica, térmica, eólica e nuclear) e de seus respectivos fatores de emissão aplicáveis apenas para geração a partir de combustíveis fósseis. Além disso, o fator de emissão do SIN abrange apenas as emissões de CO₂.

As emissões de CO₂ atreladas à geração da eletricidade consumida no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 35. Embora estas emissões ocorram em sua maior parte fora dos limites geográficos do Município, elas são demandadas pelas atividades que ocorrem dentro do Município. Neste sentido, estas emissões foram contabilizadas neste Inventário.

Tabela 35 – Emissões de CO₂ da Geração de Energia

Emissões CO ₂	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂)						
Eletricidade	864.694	889.358	844.845	781.494	739.463	1.264.405	650.211

3.3.1.2. Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores • Nas categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores foram contabilizadas as emissões provenientes da queima de gás natural, gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene de iluminação e óleo combustível. Os usos mais comuns desses combustíveis são em fornos e caldeiras industriais e em fogões e chuveiros a gás residenciais. Ressalta-se que pode haver consumo de óleo diesel pelas atividades destas categorias, mas as informações obtidas para o Inventário não são segregadas para esta contabilização. O consumo de diesel foi contabilizado integralmente em Transportes.

As emissões de GEE das categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores foram quantificadas aplicando-se os fatores de emissão padrão do IPCC (2006)⁴² ao consumo dos combustíveis⁴³ no Município de São Paulo, apresentado na Tabela 36.

⁴² Fonte: IPCC (2006), V.2, Ch.2

⁴³ Neste inventário, o consumo de combustíveis adotado nos cálculos das emissões de GEE refere-se sempre ao consumo aparente dos combustíveis, que implica assumir que o combustível comercializado em determinado ano é consumido em sua totalidade neste mesmo período, não sendo considerados estoques eventualmente remanescentes de um ano para outro.

Tabela 36 – Consumo de combustíveis na Indústria de Transformação, Construção e Outros Setores

Combustível	Unidade	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gás Natural								
Residencial	(10 ³ m ³)	87.703	98.281	101.858	108.383	112.029	125.268	129.114
Comercial	(10 ³ m ³)	72.752	81.526	84.613	86.834	83.039	88.080	81.875
Industrial	(10 ³ m ³)	305.037	341.826	361.754	389.547	384.620	389.627	331.771
Cogeração	(10 ³ m ³)	214.880	240.795	2.749	2.412	2.335	2.455	3.702
Termogeração	(10 ³ m ³)	66.546	74.572	147.879	64.067	50.805	327.242	57.991
GLP								
Residencial	(t)	314.712	291.000	295.169	302.607	309.026	314.949	302.895
Comercial	(t)	58.017	51.680	51.491	50.028	43.556	55.327	50.115
Industrial	(t)	30.056	32.199	32.182	36.023	37.831	36.391	31.323
Querosene de Iluminação	(m ³)	11.399	4.345	1.131	949	788	497	332
Óleo Combustível	(t)	92.326	84.759	71.682	36.599	42.798	38.574	32.512

FONTE: ANP 2012A, SÃO PAULO (ESTADO), 2007 A 2010

Deve-se ressaltar que no Município de São Paulo há duas usinas termoeletricas, usinas Piratininga e Fernando Gasparian, que utilizam gás natural e despacham a eletricidade gerada para o SIN. As emissões provenientes da combustão de gás natural para termogeração são apresentadas como informação adicional, pois estas já foram consideradas no fator de emissão do SIN e não devem ser contabilizadas neste subsetor para evitar a dupla contagem dessas emissões.

As emissões de CO₂ da queima de combustíveis nas categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores são apresentadas na Tabela 37 por tipo de combustível.

Tabela 37 – Emissões de CO₂ na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂)						
Gás Natural							
Residencial	193.566	216.911	224.807	239.208	247.255	276.474	284.962
Comercial	160.568	179.933	186.746	191.648	183.272	194.398	180.704
Industrial	673.235	754.429	798.412	859.754	848.879	859.929	732.238
Cogeração	474.253	531.450	6.067	5.324	5.153	5.419	8.171
Termogeração*	146.871	164.584	326.378	141.399	112.130	722.242	127.989
GLP							
Residencial	920.294	850.955	863.147	884.897	903.667	920.987	885.739
Comercial	169.657	151.126	150.571	146.293	127.370	161.791	146.548
Industrial	87.892	94.157	94.108	105.340	110.628	106.416	91.595
Querosene de Iluminação	28.207	10.752	2.798	2.349	1.949	1.230	820
Óleo Combustível	287.211	263.671	222.990	113.855	133.137	119.997	101.140
Total CO₂	2.994.884	3.053.384	2.549.647	2.548.668	2.561.308	2.646.641	2.431.917

NOTA: * AS EMISSÕES DA TERMOGERAÇÃO NÃO FORAM CONTABILIZADAS NO TOTAL DE EMISSÕES DE GEE DO MUNICÍPIO, POIS AS USINAS TERMOELÉTRICAS A GÁS NATURAL EXISTENTES NO MUNICÍPIO, POR DESPACHAREM A ENERGIA ELÉTRICA GERADA PARA O SIN, JÁ TEM SUAS EMISSÕES CONTABILIZADAS NOS CÁLCULOS DO MCTI PARA O FATOR DE EMISSÃO DA REDE ELÉTRICA DO SIN, CONFORME DISCUTIDO ANTERIORMENTE.

As emissões de CH₄ da queima de combustíveis nas categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores são apresentados na Tabela 38 por tipo de combustível.

Tabela 38 – Emissões de CH₄ na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH ₄)						
Gás Natural							
Residencial	17,3	19,3	20,0	21,3	22,0	24,6	25,4
Comercial	14,3	16,0	16,6	17,1	16,3	17,3	16,1
Industrial	12,0	13,4	14,2	15,3	15,1	15,3	13,1
Cogeração	8,5	9,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Termogeração*	2,6	2,9	5,8	2,5	2,0	12,9	2,3
GLP							
Residencial	72,9	67,4	68,4	70,1	71,6	73,0	70,2
Comercial	13,4	12,0	11,9	11,6	10,1	12,8	11,6
Industrial	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,5
Querosene de Iluminação	3,9	1,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
Óleo Combustível	37,1	34,1	28,8	14,7	17,2	15,5	13,1
Total CH₄	180,8	174,7	161,9	152,2	154,5	160,6	151,2

NOTA: * AS EMISSÕES DA TERMOGERAÇÃO NÃO FORAM CONTABILIZADAS NO TOTAL DE EMISSÕES DE GEE DO MUNICÍPIO, POIS AS USINAS TERMOELÉTRICAS A GÁS NATURAL EXISTENTES NO MUNICÍPIO, POR DESPACHAREM A ENERGIA ELÉTRICA GERADA PARA O SIN, JÁ TEM SUAS EMISSÕES CONTABILIZADAS NOS CÁLCULOS DO MCTI PARA O FATOR DE EMISSÃO DA REDE ELÉTRICA DO SIN, APESAR DO FATOR DO MCTI NÃO APRESENTAR EXPLICITAMENTE AS EMISSÕES DE METANO.

As emissões de N₂O da queima de combustíveis nas categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores são apresentados na Tabela 39 por tipo de combustível.

Tabela 39 – Emissões de N₂O na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores

Fonte	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN ₂ O)						
Gás Natural							
Residencial	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Comercial	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Industrial	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,3
Cogeração	0,8	0,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Termogeração*	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2	1,3	0,2
GLP							
Residencial	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4
Comercial	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Industrial	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Querosene de Iluminação	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Óleo Combustível	2,2	2,0	1,7	0,9	1,0	0,9	0,8
Total N₂O	7,0	6,9	5,7	5,0	5,1	5,2	4,7

NOTA: * AS EMISSÕES DA TERMOGERAÇÃO NÃO FORAM CONTABILIZADAS NO TOTAL DE EMISSÕES DE GEE DO MUNICÍPIO, POIS AS USINAS TERMOELÉTRICAS A GÁS NATURAL EXISTENTES NO MUNICÍPIO, POR DESPACHAREM A ENERGIA ELÉTRICA GERADA PARA O SIN, JÁ TEM SUAS EMISSÕES CONTABILIZADAS NOS CÁLCULOS DO MCTI PARA O FATOR DE EMISSÃO DA REDE ELÉTRICA DO SIN, APESAR DO FATOR DO MCTI NÃO APRESENTAR EXPLICITAMENTE AS EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO.

As emissões totais de GEE das categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros setores são apresentadas na Tabela 40.

Tabela 40 – Emissões de GEE da Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores, em CO₂e

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
Gás Natural							
Residencial	194.036	217.437	225.352	239.788	247.854	277.144	285.653
Comercial	160.957	180.369	187.199	192.113	183.716	194.869	181.142
Industrial	673.859	755.129	799.152	860.551	849.666	860.726	732.917
Cogeração	474.693	531.942	6.072	5.328	5.158	5.424	8.179
Termogeração*	147.007	164.737	326.680	141.530	112.234	722.912	128.107
GLP							
Residencial	922.277	852.789	865.008	886.805	905.614	922.972	887.648
Comercial	170.022	151.452	150.896	146.609	127.644	162.139	146.864
Industrial	87.965	94.235	94.186	105.427	110.719	106.504	91.670
Querosene de Iluminação	28.362	10.812	2.813	2.361	1.960	1.236	825
Óleo Combustível	288.681	265.020	224.131	114.437	133.818	120.611	101.657
Total	3.000.852	3.059.184	2.554.810	2.553.419	2.566.150	2.651.627	2.436.555

* APRESENTADAS COMO INFORMAÇÃO, NÃO SOMADAS COM O TOTAL

3.3.1.3. Transporte • A queima de combustíveis pelos meios de transporte produz emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, as quais são inventariadas nos termos da metodologia IPCC (2006), bem como produz vários outros poluentes não contabilizados por serem poluentes locais, como o CO, COVs, SOx, NOx e material particulado.

As emissões da categoria Transporte são apresentadas para os modos rodoviário e aeroviário, uma vez que as informações levantadas de consumo de combustíveis não apresentam dados segregados suficientes para detalhamento de outros modos, como trens e embarcações, impedindo a quantificação das emissões neste nível de informação. Assim, combustíveis dos modos ferroviário e hidroviário foram incorporados ao modo rodoviário e contabilizados segundo os fatores de emissão deste último. Os combustíveis contabilizados para o transporte rodoviário foram: gasolina⁴⁴, etanol, diesel e gás natural veicular (GNV).

No transporte aéreo, os combustíveis contabilizados foram o querosene de aviação e a gasolina de aviação, volumes que basicamente abastecem o Campo de Marte e o Aeroporto de Congonhas. As emissões do Aeroporto Internacional de Guarulhos não foram contabilizadas no Inventário do Município de São Paulo, porque ele está localizado em outro Município e por não ser possível a identificação da parcela de movimentação deste aeroporto que é originada pelo Município de São Paulo.

A Tabela 41 apresenta os consumos de combustíveis do Município de São Paulo na categoria Transporte, em mil metros cúbicos.

⁴⁴ A gasolina comercializada no Brasil é classificada como gasolina C, sendo composta de gasolina A e etanol anidro, nos termos da Resolução ANP nº 57, de 20/10/2011. O teor de etanol anidro na gasolina C é determinado pela legislação vigente e pode sofrer variações ao longo do ano.

Tabela 41 – Consumo de combustíveis na categoria Transporte

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(10 ³ m ³)						
Gasolina A	1.711	1.647	1.699	1.735	1.726	1.665	1.567
Etanol Anidro	514	549	566	467	545	555	522
Etanol Hidratado	304	456	511	918	1.420	1.763	2.185
Óleo Diesel	1.348	1.416	1.441	1.282	1.483	1.655	1.599
Biodiesel	-	-	-	-	-	43	58
GNV	192.684	215.922	246.891	294.741	322.347	284.801	192.389
Gasolina de Aviação	4	6	10	11	2	2	2
Querosene de Aviação	376	387	347	388	390	300	287

FONTE: ANP, 2012A; SÃO PAULO (ESTADO), 2007 A 2010

As emissões de CO₂ dos biocombustíveis, como etanol e biodiesel, por serem de origem biogênica, devem ser reportadas separadamente como informação adicional, não devendo ser contabilizadas no total de emissões de GEE do Município. Já as emissões de CH₄ e N₂O dos biocombustíveis são consideradas antrópicas e são, por isso, contabilizadas neste inventário. A gasolina C comercializada no Brasil é composta por uma mistura de gasolina A e etanol anidro e o diesel composto por diesel de petróleo e biodiesel. Estas composições variam ano a ano.

As emissões de CO₂ da categoria Transporte dependem da quantidade e tipo do combustível consumido, bem como de seu conteúdo de carbono, e estão apresentadas na Tabela 42.

Tabela 42 – Emissões de CO₂ da categoria Transporte

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂)						
Gasolina A	3.823.001	3.679.818	3.796.168	3.875.629	3.855.184	3.719.933	3.501.263
Etanol Anidro*	792.203	846.158	872.913	719.281	839.826	855.383	805.100
Etanol Hidratado*	447.722	671.800	752.475	1.351.355	2.090.397	2.595.674	3.215.927
Diesel	3.547.239	3.726.466	3.790.098	3.373.468	3.900.273	4.354.411	4.207.467
Biodiesel*	-	-	-	-	-	99.587	136.113
GNV	398.265	446.297	510.310	609.212	666.271	588.666	397.656
Gasolina de Aviação	9.650	12.810	22.712	24.055	5.282	5.408	5.406
Querosene de Aviação	926.004	951.219	853.878	955.471	960.509	738.528	705.812
Total CO₂ – FÓSSIL	8.704.160	8.816.610	8.973.165	8.837.834	9.387.519	9.406.946	8.817.604
Total CO₂ – BIOGÊNICO	1.239.926	1.517.959	1.625.388	2.070.636	2.930.223	3.550.644	4.157.141

* FONTE BIOGÊNICA

As emissões de CH₄ e N₂O dependem muito da tecnologia e das condições operacionais dos veículos. As emissões de CH₄ estão apresentadas na Tabela 43.

Tabela 43 – Emissões de CH₄ da categoria Transporte

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH ₄)						
Gasolina C*	1.816	1.758	1.790	1.738	1.752	1.685	1.564
Etanol Hidratado	117	175	196	353	546	678	840
Diesel**	187	196	199	178	205	235	229
GNV	653	732	837	999	1.093	965	652
Gasolina de Aviação	0,07	0,09	0,16	0,17	0,04	0,04	0,04
Querosene de Aviação	6	7	6	7	7	5	5
Total CH₄	2.779	2.868	3.029	3.274	3.603	3.568	3.290

* GASOLINA A E ETANOL ANIDRO

** COM BIODIESEL

As emissões de N₂O da queima de combustíveis na categoria Transporte no período inventariado estão apresentadas na Tabela 44, observando-se que o crescimento da emissão de N₂O do Transporte deve-se ao crescimento do consumo de combustíveis e ao uso do conversor catalítico, o qual, embora seja instrumento qualificado de melhoria ambiental, tem maior fator de emissão de N₂O.

Tabela 44 – Emissão de N₂O da categoria Transporte

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN ₂ O)						
Gasolina C	444	449	477	483	508	509	492
Etanol Hidratado	52	78	87	157	243	301	373
Diesel	187	196	199	178	205	235	229
GNV	21	24	27	33	36	31	21
Gasolina de Aviação	0,3	0,4	0,6	0,7	0,2	0,2	0,2
Querosene de Aviação	26	27	24	27	27	21	20
Total N₂O	730	774	816	878	1.019	1.097	1.136

Na Tabela 45 são apresentadas as emissões totais de GEE da categoria Transporte, categoria de maior peso em todo o Inventário.

Tabela 45 – Emissões totais de GEE da categoria Transporte, em CO₂e

Combustível	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
Gasolina C	3.998.673	3.855.876	3.981.680	4.061.989	4.049.536	3.913.147	3.686.704
Etanol Hidratado	18.563	27.853	31.198	56.028	86.669	107.618	133.333
Diesel	3.609.035	3.791.385	3.856.125	3.432.238	3.968.220	4.432.085	4.283.248
GNV	418.583	469.065	536.344	640.291	700.261	618.698	417.943
Gasolina de Aviação	9.737	12.925	22.916	24.271	5.330	5.457	5.454
Querosene de Aviação	934.170	959.607	861.408	963.896	968.979	745.040	712.036
Total	8.988.761	9.116.711	9.289.670	9.178.713	9.778.994	9.822.045	9.238.719

NOTA: AS EMISSÕES DE CO₂ DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NÃO ESTÃO CONTABILIZADAS NAS EMISSÕES TOTAIS DE GEE DA CATEGORIA TRANSPORTE POR SEREM DE ORIGEM BIOTÉCNICA.

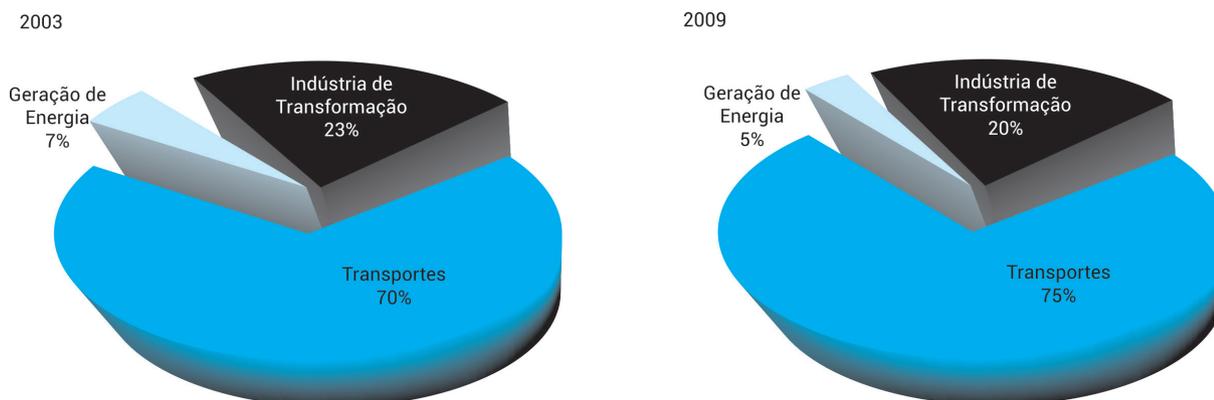
3.3.1.4. Emissões totais do subsetor Queima de Combustíveis • As emissões totais de GEE do subsetor Queima de Combustíveis são apresentadas por categoria na Tabela 46.

Tabela 46 – Emissões da Queima de Combustíveis, em CO₂e

Categoria	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Geração de Energia	865	889	845	781	739	1.264	650
Transformação e Outros	3.001	3.059	2.555	2.553	2.566	2.652	2.437
Transporte	8.989	9.117	9.290	9.179	9.779	9.822	9.239
Total	12.854	13.065	12.689	12.514	13.085	13.738	12.325

O perfil das emissões percentuais do subsetor Queima de Combustíveis é apresentado para os anos 2003 e 2009 na Figura 16. Como se pode observar, as emissões da categoria Transporte são as mais representativas.

Figura 16 – Perfil das emissões percentuais do Subsetor Queima de Combustíveis em 2003 e 2009



3.3.2. Subsetor Emissões Fugitivas⁴⁵

Segundo o IPCC (2006), as emissões fugitivas de GEE do setor Energia são os escapes, intencionais ou não, das atividades de extração, processamento e distribuição de combustíveis fósseis, que podem ocorrer na mineração de carvão e nos sistemas de petróleo e gás. Como não há minas de carvão, nem extração ou processamento de petróleo no Município de São Paulo, e considerando a indisponibilidade de informações e o elevado grau de incerteza dos fatores de emissão das atividades de transporte de petróleo e seus derivados, estes não foram considerados. Assim, as emissões fugitivas contabilizadas neste Inventário referem-se às perdas que ocorrem na distribuição do gás natural.

Já as emissões de GEE provenientes da distribuição dos produtos refinados do petróleo não foram contabilizadas porque, de acordo com IPCC (2006)⁴⁶, não são aplicáveis fatores de emissão a este segmento. Entretanto, é importante observar que as emissões de hidrocarbonetos nestas atividades são importantes fontes de COVs, precursores do ozônio troposférico, que contribuem para a poluição atmosférica.

Para quantificar as emissões fugitivas da distribuição do gás natural, a metodologia foi adaptada aos dados disponíveis fornecidos pela COMGÁS (2012). Os anos 2004 e 2005 foram desconsiderados, pois as perdas reportadas pela COMGÁS, embora negativas, estão dentro da margem de erro de mais ou menos 1,5%, em conformidade com os padrões estabelecidos na Resolução Conjunta ANP/INMETRO nº 1, de 10 de junho de 2013. Os dados de perdas na distribuição são apresentados na Tabela 47.

⁴⁵ Fonte: IPCC (2006), V.2, Ch.4

⁴⁶ Fonte: IPCC (2006), V.2, Ch.4, Tabela 4.2.5

Tabela 47 – Perdas na distribuição de gás natural

Perdas na distribuição de gás natural	Unid	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(%)	0,45%	-	-	0,24%	0,23%	0,97%	0,55%
	(10 ⁶ m ³)	4	-	-	2	2	9	4

FONTES: COMGÁS, 2012

As emissões fugitivas da distribuição do gás natural no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 48.

Tabela 48 – Emissões fugitivas da distribuição de gás natural

GEE	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CH ₄	(tCH ₄)	2.695	-	-	1.447	1.400	5.813	2.793
CO ₂	(tCO ₂)	125	-	-	67	65	269	129

Na Tabela 49, as emissões fugitivas da distribuição de gás natural são apresentadas em CO₂e.

Tabela 49 - Emissões fugitivas da distribuição de gás natural, em CO₂e

GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂ e)						
CH ₄	56.594	-	-	30.388	29.405	122.073	58.661
CO ₂	125	-	-	67	65	269	129
Total	56.719	-	-	30.455	29.470	122.342	58.790

3.3.3. Emissões do Setor Energia

As emissões totais de GEE do setor Energia do Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 50.

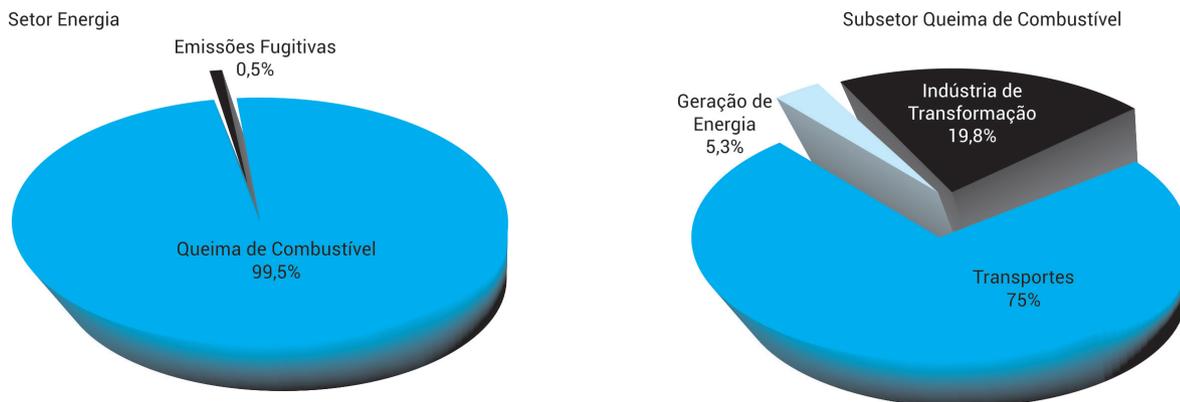
Tabela 50 – Emissões do setor Energia

Subsetor e categorias	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Queima de Combustíveis	12.854	13.065	12.689	12.514	13.085	13.738	12.325
Geração de Energia	865	889	845	781	739	1.264	650
Transformação e Outros	3.001	3.059	2.555	2.553	2.566	2.652	2.437
Transporte	8.989	9.117	9.290	9.179	9.779	9.822	9.239
Fugitivas	57	-	-	30	29	122	59
Total	12.911	13.065	12.689	12.544	13.114	13.860	12.384

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 17 são apresentadas as emissões do Município de São Paulo do setor Energia pela participação percentual de cada subsetor e por categoria para o subsetor Queima de Combustível em 2009.

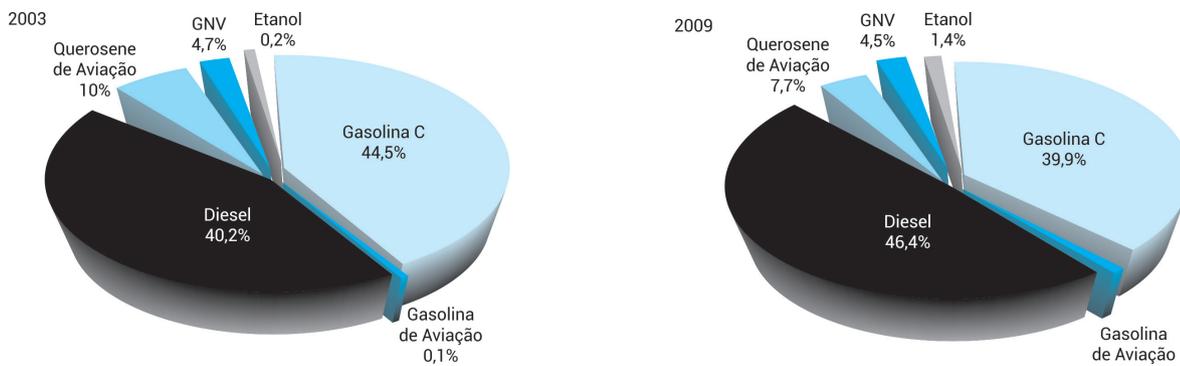
Figura 17 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia e do subsetor Queima de Combustível em 2009



Na Figura 17, pode-se verificar que as emissões do subsetor Queima de Combustíveis representam quase a totalidade das emissões do setor Energia e, nesse subsetor, a categoria Transporte foi a que mais contribuiu, correspondendo a 75% das emissões deste subsetor em 2009.

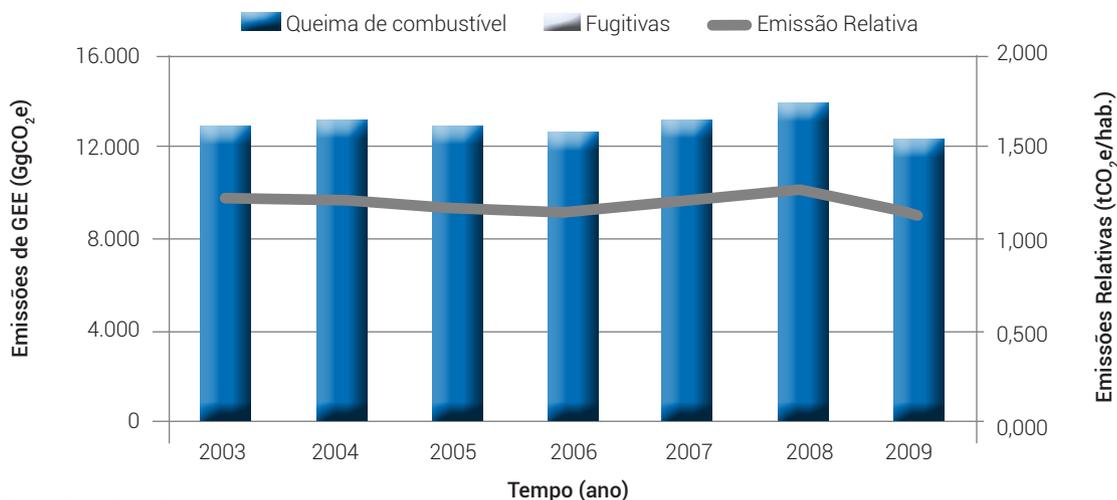
As emissões de GEE da categoria Transporte foram em grande parte devidas à combustão da gasolina e diesel, como se vê na Figura 18. Ressalta-se que as emissões de CO₂ dos biocombustíveis (etanol e biodiesel) não foram contabilizadas no total de emissões de GEE por serem de origem biogênica, conforme orientação do IPCC (2006).

Figura 18 – Perfil das emissões percentuais da categoria Transporte por combustível em 2003 e 2009



A evolução das emissões do setor Energia e a emissão relativa por habitante no período inventariado são apresentadas na Figura 19.

Figura 19 – Evolução das emissões do setor Energia



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

No período analisado verificou-se uma queda tanto nas emissões totais do setor Energia quanto nas emissões relativas, consideradas em tCO₂e por habitante. As emissões totais apresentaram uma queda de 4%, enquanto que as emissões relativas diminuiriam aproximadamente 7% no período.

Na Tabela 51 são apresentadas as emissões do setor Energia do Município de São Paulo por tipo de GEE para o período inventariado.

Tabela 51 – Emissões do setor Energia por GEE

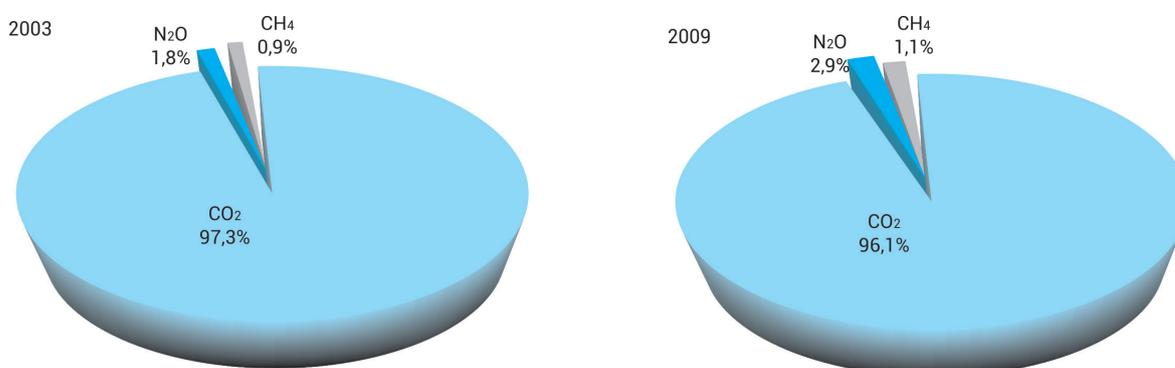
GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CO ₂	12.564	12.759	12.368	12.168	12.688	13.318	11.900
CH ₄	119	64	67	102	108	200	131
N ₂ O	228	242	255	274	317	342	353
Total	12.911	13.065	12.689	12.544	13.114	13.860	12.384

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões totais de CO₂ do Município de São Paulo apresentadas na Tabela 51 referem-se apenas às emissões de origem fóssil. As emissões de CO₂ de origem biogênica não foram contabilizadas no total de emissões, conforme orientação do IPCC (2006).

As emissões percentuais do setor Energia por tipo de GEE para os anos 2003 e 2009 são apresentadas na Figura 20.

Figura 20 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia por GEE em 2003 e 2009



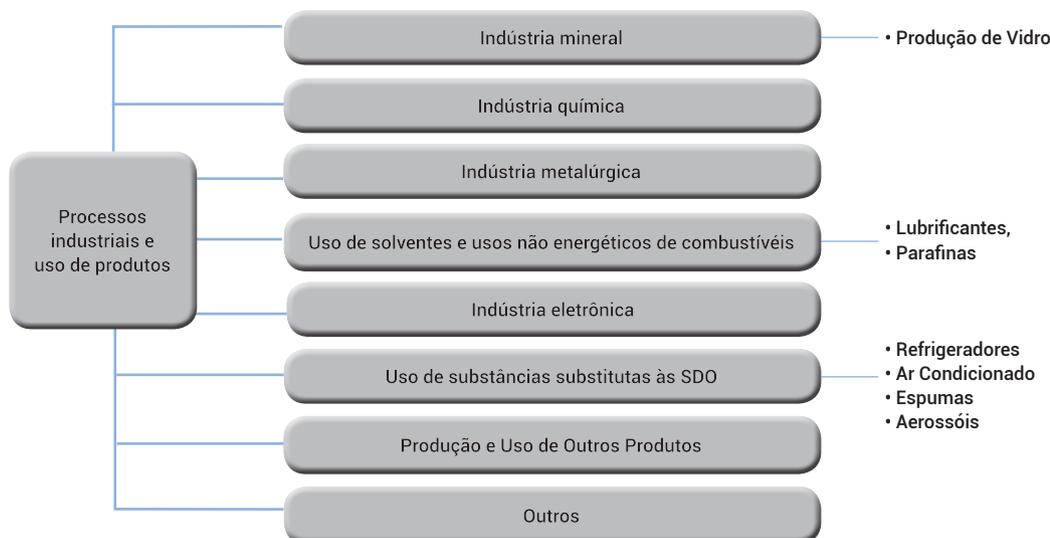
As emissões de CO₂ são as mais significativas do setor Energia, correspondendo quase à totalidade das emissões do setor. A maior variação foi com relação às emissões de N₂O em função da ampliação do consumo de combustíveis no Município e do aumento da presença de veículos com conversor catalítico na frota do Município.

3.4. Processos Industriais e Uso de Produtos – IPPU

De acordo com IPCC (2006), no setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU⁴⁷) podem ocorrer emissões de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆ provenientes dos processos industriais ou do uso de produtos que contenham esses GEE. A estrutura do setor IPPU, conforme diretrizes do IPCC (2006), é apresentada na Figura 21.

47 IPPU é a sigla, em inglês, de *Industrial Processes and Product Use*, que significa Processos Industriais e Uso de Produtos.

Figura 21 – Estrutura do setor IPPU



FONTE: IPCC, 2006⁴⁸

Para este setor não foram identificadas fontes de emissão significativas de CH₄, N₂O, PFCs e SF₆ no Município de São Paulo. Desta forma, as emissões de GEE contabilizadas foram CO₂ e HFCs.

Adicionalmente, foram quantificadas as emissões de CFCs e HCFCs, substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal e reportadas como informação adicional, não sendo totalizadas no montante de emissões de GEE do Município.

Deve-se destacar que devido à indisponibilidade de registros oficiais do consumo de algumas das substâncias utilizadas no setor IPPU, muitas atividades e emissões tiveram que ser abordadas por meio de premissas e estimativas que serão apresentadas nos subitens a seguir.

Dos subsetores referentes aos processos industriais, foram identificadas no Município de São Paulo somente emissões provenientes da Indústria Mineral. Para os demais subsetores, Indústria Química, Metalúrgica, Eletrônica e Outros, não foram identificadas unidades produtivas no Município ou estas não eram contempladas pelas diretrizes do IPCC (2006) ou, ainda, a realização do cálculo das emissões não foi possível devido ao alto nível de incerteza gerado pela precariedade das informações e pela inviabilidade de se estabelecerem relações ou padrões confiáveis entre as limitadas informações e parâmetros do Município.

No subsetor Outros, de acordo com IPCC (2006), se enquadram os segmentos da Indústria de Papel e Celulose e da Indústria de Alimentos e Bebidas, as 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.

3.4.1.1. Subsetor Indústria Mineral⁴⁹

De acordo com IPCC (2006), no subsetor Indústria Mineral são consideradas as emissões de processo de CO₂ resultantes do uso de carbonatos como matéria prima na produção e uso de diversos produtos da indústria mineral, como por exemplo, na produção de cimento, cal e vidro.

Verificou-se que não há indústrias de produção de cimento e cal no Município de São Paulo. Desta forma, as emissões do subsetor Indústria Mineral contabilizadas são as provenientes da Produção de Vidro, que segundo IPCC (2006), ocorrem devido ao processo de fusão das matérias primas utilizadas na produção.

Para quantificar a emissão de CO₂ que ocorre na produção de vidro foi aplicada a metodologia do IPCC (2006) e seu fator padrão. Como os dados de produção de vidro no Município de São Paulo não estavam disponíveis, os mesmos foram estimados com base na produção de vidro do Estado de São Paulo apresentada no Inventário Estadual, ajustada pela relação entre o Produto Interno Bruto (PIB) Industrial do Município e o do Estado.

⁴⁸ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.1, p.1.6, Figura 1.1

⁴⁹ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.2

Estes dados estimados de produção de vidro do Município e as emissões provenientes deste processo industrial são apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 – Produção de vidro e emissões de CO₂

	Unid.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produção	(1.000t)	330	317	328	311	321	300	302
Emissão de CO ₂	(t)	32.995	31.672	32.839	31.109	32.082	29.954	30.204

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012 E ABVIDRO APUD CETESB, 2010

3.4.1.2. Subsetor Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis⁵⁰

No subsetor Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis são consideradas as emissões dos usos de combustíveis como matéria prima, agente redutor ou outros objetivos que não a combustão com finalidade energética. Como exemplo, podem ocorrer emissões de CH₄ da produção de asfalto e de seu uso na pavimentação de vias. No entanto, o IPCC (2006) não estabelece um método para sua estimativa por serem emissões desprezíveis. Assim, foram contabilizadas as emissões de CO₂ provenientes do uso de lubrificantes e de parafinas no Município de São Paulo. Ambas foram quantificadas utilizando a metodologia do IPCC (2006) e os fatores padrão.

Como não havia dados disponíveis sobre o consumo de lubrificantes no Município, foi necessário calcular o consumo a partir de dados de consumo nacional de lubrificantes. Como este produto é geralmente utilizado para lubrificar motores, máquinas e sistemas mecânicos, optou-se por utilizar os dados de frota de veículos, pois são compostos por motores que necessitam de lubrificação. Para a parafina foi possível encontrar dados municipais de sua comercialização, sendo considerado para o cálculo de emissões o consumo aparente⁵¹ de parafina no Município. Os dados de consumo de lubrificantes e parafinas são apresentados na Tabela 53.

Tabela 53 – Consumo de lubrificantes e parafinas no Município

Consumo	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(TJ)						
Lubrificante ¹	4.132	4.147	4.507	3.999	4.088	5.087	3.867
Parafina ²	17,3	16,8	14,4	14,5	13,9	13,5	13,1

FONTE: ¹ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE ANP, 2010 E DENATRAN, 2012. ²ANP, 2012B

A partir desses dados foram calculadas as emissões de CO₂ provenientes do uso de lubrificantes e parafinas no Município de São Paulo, apresentadas na Tabela 54.

Tabela 54 – Emissões do uso de lubrificante e parafina

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO ₂)						
Lubrificante	60.609	60.824	66.102	58.658	59.963	74.616	56.722
Parafina	253	247	211	212	204	198	192
Total	60.862	61.071	66.313	58.870	60.167	74.814	56.914

⁵⁰ Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.5

⁵¹ Consumo aparente – considera-se que a quantidade comercializada em determinado ano é consumida no mesmo ano, não sendo considerados eventuais estoques de um ano para outro.

3.4.1.3. Subsetor Uso de Substâncias Substitutas das SDO⁵² • No subsetor Uso de Substâncias Substitutas das Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio (SDO) são quantificados HFCs e, em menor escala, PFCs, substâncias utilizadas em substituição às SDO. Neste Inventário, foram quantificadas as emissões de HFC-134a, substância que passou a ser utilizada em diversas aplicações em substituição aos CFCs e HCFCs. A utilização do HFC-134a foi verificada e quantificada nos segmentos de refrigeradores, ar condicionado, espumas e aerossóis a partir da reserva detectada, isto é, a partir da quantidade das substâncias existentes no Município de São Paulo nos anos considerados.

Refrigeradores • A categoria Refrigeradores inclui diversos sistemas e equipamentos de refrigeração: geladeiras, freezers e bebedouros, domésticos, comerciais ou industriais. O CFC-12 foi utilizado como fluido refrigerante no segmento de refrigeradores até o ano 2000, quando foi finalizado o processo de eliminação progressiva desta SDO. Desde então, grande parte dos refrigeradores passou a ser produzida com HFC-134a e hidrocarbonetos.

De acordo com o IPCC (2006) as emissões de HFCs dos refrigeradores são provenientes de perdas do fluido refrigerante durante a produção, uso, manutenção e descarte destes equipamentos. As emissões desse segmento foram quantificadas seguindo-se a metodologia e os fatores de emissão padrão do IPCC (2006).

Neste Inventário não foram consideradas as perdas que ocorrem durante a etapa de produção, pois de acordo com o levantamento realizado com base nas informações das empresas associadas à Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), não foram identificadas unidades fabris de geladeiras, freezers e bebedouros no Município.

Não estão disponíveis dados de consumo ou da reserva de HFCs nos refrigeradores do Município de São Paulo. Desta forma, foram estimados dados como a quantidade de fluido refrigerante aplicado em cada equipamento e o número de refrigeradores existentes no Município, para se obter a quantidade de HFC estocado nos refrigeradores do Município.

A carga de fluido refrigerante de cada equipamento considerada neste Inventário foi aquela apresentada no Inventário de Emissões de GEE do Estado de São Paulo e está dentro da faixa de variação de fatores prevista pelo IPCC (2006). A reserva estimada de fluido refrigerante existente no Município, de acordo com a quantidade de equipamentos instalados, bem como as emissões de HFC-134a são apresentadas na Tabela 55.

Tabela 55 - Reserva e emissão de HFC-134a de Refrigeradores

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tHFC-134a)						
Reserva	202	249	299	354	402	467	505
Emissão	4,1	5,1	6,1	7,3	8,2	9,5	10,3

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012 E IMT, 2011C

Apesar de não serem mais produzidos refrigeradores com CFC-12 no período inventariado, considera-se que ainda existam equipamentos antigos em funcionamento que utilizam essa substância como fluido refrigerante, de maneira que seguem ocorrendo perdas de CFC-12. Além disso, adotou-se a premissa de que os refrigeradores descartados são os que utilizam como fluido refrigerante o CFC-12. Da mesma forma pela qual foram quantificadas as emissões de HFC, foram também quantificadas as emissões de CFC-12, reportadas separadamente como informação adicional por se tratar de substância controlada pelo Protocolo de Montreal. As emissões de CFC-12 provenientes do uso de refrigeradores antigos no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 56.

52 Fonte: IPCC (2006), V.3, Ch.7

Tabela 56 – Emissões de CFC-12 de refrigeradores antigos

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCFC-12)						
Reserva	327	308	292	246	207	168	149
Emissão	12,4	15,7	13,9	22,0	18,9	17,9	7,8

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012 E IMT, 2011C

Ar Condicionado • Na categoria Ar Condicionado são consideradas as emissões geradas pelos equipamentos de ar condicionado estacionário e móvel, de uso doméstico, comercial e industrial. Neste Inventário foram quantificadas apenas as emissões provenientes de equipamentos de ar condicionado móvel, como os existentes em carros, ônibus e trens. As emissões provenientes dos equipamentos de ar condicionado estacionário não foram contabilizadas devido à inexistência de dados públicos e a não disponibilização de dados pela Associação Brasileira Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), que os considera confidenciais.

Neste segmento o CFC-12 também foi substituído pelo HFC-134a como fluido refrigerante nos equipamentos móveis de ar condicionado fabricados após o ano 1997.

Segundo a metodologia do IPCC (2006), as emissões de HFC da categoria Ar Condicionado correspondem às perdas que ocorrem durante as etapas de produção, uso, manutenção e descarte. Como não foram identificados fabricantes de ar condicionado automotivo no Município de São Paulo, desconsideraram-se as emissões da fase de produção desses equipamentos.

Dada a inexistência de dados públicos sobre a quantidade de veículos com equipamentos de ar condicionado no Município, estes foram estimados com base na frota de veículos do Município, utilizando os valores de carga propostos pelo Inventário de GEE do Estado de São Paulo, os quais se apresentavam dentro da faixa de variação admitida pelo IPCC (2006).

As reservas de HFC existentes no Município de São Paulo, considerando-se a carga de fluido refrigerante em cada equipamento e a quantidade de veículos com ar condicionado, são apresentadas na Tabela 57.

Tabela 57 – Reservas de HFC-134a de Ar Condicionado

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tHFC-134a)						
Automóveis ¹	528	613	711	830	978	1.142	1.268
Ônibus ¹	18	20	21	27	34	40	38
Trens ²	-	-	-	-	-	0,7	1,0

NOTA: DURANTE O LEVANTAMENTO REALIZADO, A CPTM NÃO DISPUNHA DO REGISTRO DE GÁS REFRIGERANTE PARA O PERÍODO INVENTARIADO, SENDO ENTÃO CONSIDERADAS NO INVENTÁRIO DO MUNICÍPIO APENAS AS RECARGAS DE GÁS REFRIGERANTE NOS TRENS DO METRÔ.

FONTE: ¹ ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE DENATRAN, 2012 E IMT, 2011C ² METRÔ, 2012

A partir desses dados foram quantificadas as emissões de HFC-134a provenientes do uso de equipamentos de ar condicionado móvel no Município de São Paulo, apresentadas na Tabela 58.

Tabela 58 – Emissões de HFC de Ar Condicionado

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tHFC-134a)						
Automóveis	79,1	92,0	106,6	124,5	146,8	171,3	190,3
Ônibus	2,6	3,0	3,1	4,1	5,1	5,9	5,8
Trens	-	-	-	-	-	0,1	0,2
Total	81,8	95,0	109,8	128,6	151,9	177,4	196,2

Apesar de não serem mais fabricados equipamentos de ar condicionado com CFC-12 como fluido refrigerante no período inventariado, ainda houve emissão desta substância devido aos equipamentos antigos que permanecem em uso. As reservas de CFC-12 ainda existentes no Município foram estimadas e são apresentadas na Tabela 59.

Tabela 59 – Reservas de CFC-12 de Ar Condicionado

Reserva	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCFC-12)						
Automóveis	107	101	95	90	102	77	82
Ônibus	4	3	3	3	3	3	2

FONTES: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE DENATRAN, 2012, ANTP, 2012 E IMT, 2011C

As emissões de CFC-12 foram quantificadas da mesma forma que as emissões de HFC, sendo reportadas separadamente como informação adicional, por se tratar de substância controlada pelo Protocolo de Montreal. Essas emissões são apresentadas na Tabela 60.

Tabela 60 – Emissões de CFC-12 de Ar Condicionado

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCFC-12)						
Automóveis	16,0	15,2	14,3	13,5	15,3	11,6	12,2
Ônibus	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Total	16,5	15,7	14,7	14,0	15,8	12,0	12,5

Espumas • Na categoria Espumas, são quantificadas as emissões da produção e uso de espumas, tanto de células abertas quanto fechadas. De acordo com os relatórios Proteção da Camada de Ozônio no Brasil (BRASIL, 2005) e o Inventário de GEE do Estado de São Paulo (IMT, 2011b), para a produção de espumas no Brasil são utilizadas como agente de expansão as substâncias HFC-134a, CFC-11 e HCFC-141b. A utilização de HFC-134a no período inventariado não era largamente empregada. O HCFC-141b, apesar de também ser uma SDO, entrou no mercado para substituir o CFC-11, o qual teve sua utilização totalmente eliminada em 2002.

Para quantificar essas emissões, foi estimado o HFC consumido na produção das espumas utilizadas no Município com base nos dados apresentados por IMT (2011b). No Município de São Paulo não foram identificadas fábricas que utilizem essa substância. Desta forma, foram consideradas neste Inventário apenas as emissões provenientes do uso destes produtos. Ainda de acordo com IMT (2011b), os dados do uso de HFC na fabricação de espumas no Estado de São Paulo estão disponíveis a partir de 2006.

O HFC armazenado nas espumas dos produtos consumidos no Município e suas respectivas emissões são apresentados na Tabela 61.

Tabela 61 – Reserva e emissão de HFC de Espumas

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tHFC-134a)						
Armazenado ¹	-	-	-	3,3	3,2	3,2	3,2
Emissão	-	-	-	0,1	0,3	0,4	0,6

FONTES: ¹ ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IMT, 2011B

De maneira análoga, foram quantificadas as emissões de CFCs e HCFCs de espumas consumidas no Município de São Paulo. Estas emissões são apresentadas separadamente apenas como informação adicional, pois esses gases são considerados SDO e são controlados pelo Protocolo de Montreal.

Apesar do CFC-11 já não ser mais utilizado na fabricação de novos produtos desde 2003, os gases utilizados como agente de expansão ficam armazenados nos produtos e são liberados gradativamente durante seu uso, podendo ocorrer num período de 20 anos (IMT, 2011b). Já a utilização de HCFC como agente de expansão iniciou-se em 2002. As quantidades estimadas de CFCs e HCFCs armazenados nos produtos consumidos no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 62.

Tabela 62 – Reserva de CFC e HCFC de Espumas

Reserva	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
	(toneladas)								
CFC-11	58,3	61,7	65,0	68,3	71,5	74,6	77,7	58,3	50,6
HCFC-141b	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reserva	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(toneladas)								
CFC-11	117,2	115,2	113,6	109,6	88,7	88,3	90,1	88,4	113,7
HCFC-141b	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reserva	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(toneladas)								
CFC-11	110,7	3,9	-	-	-	-	-	-	-
HCFC-141b	-	315,1	357,4	435,2	419,4	393,2	538,2	510,3	528,2

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IMT, 2011B

Já as emissões de CFCs e HCFCs liberadas durante o uso das espumas são apresentadas na Tabela 63.

Tabela 63 – Emissões de CFCs e HCFCs de espumas

Emissões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(t)						
CFC-11	73	71	68	65	62	59	55
HCFC-141b	183	227	226	220	298	292	309

Aerossóis • Na categoria Aerossóis, são consideradas as emissões de HFCs e PFCs utilizados como propelentes ou solventes, tais como os medicamentos de inalação dose medida (IDM), produtos de higiene pessoal, cosméticos, injetores de ar, lubrificantes, etc. De acordo com BRASIL (2005) e IMT (2011a), os hidrocarbonetos e HFC-134a passaram a ser utilizados como propelentes nos aerossóis em substituição às SDO. A única utilização ainda permitida de CFCs como propelente no Brasil no período inventariado era para medicamentos.

Para quantificar as emissões de HFC em Aerossóis foi aplicada a metodologia e os fatores propostos pelo IPCC (2006). Como não havia dados disponíveis para o Município de São Paulo, o consumo de HFC foi estimado a partir de dados nacionais, com base na população do Município.

O consumo e as emissões de HFC no Município de São Paulo do uso de aerossóis são apresentados na Tabela 64.

Tabela 64 – Consumo e emissões de HFC-134a de Aerossóis

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

FONTE: ¹ ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012 E IMT, 2011A

As emissões das SDO da aplicação dessas substâncias nos IDMs são reportadas separadamente apenas como informação adicional por serem controladas pelo Protocolo de Montreal. Estas emissões foram quantificadas da mesma forma que para o HFC. O consumo e as emissões de CFCs no Município de São Paulo são apresentados na Tabela 65.

Tabela 65 – Consumo e emissões de CFCs de Aerossóis

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(t)						
Consumo de CFC-11 ¹	7,6	8,4	9,2	10,2	11,2	12,5	13,1
Consumo de CFC-12 ¹	13,3	14,3	15,7	16,5	17,5	19,0	19,9
Emissões de CFC-11	7,2	8,0	8,8	9,7	10,7	11,9	12,8
Emissões de CFC-12	12,8	13,8	15,0	16,1	17,0	18,2	19,5

FONTE: ¹ ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012 E IMT, 2011A

3.4.1.4. Emissões totais do subsetor Uso de Substâncias Substitutas das SDO • As emissões totais de GEE deste subsetor são apresentadas por categoria na Tabela 66, em CO₂e.

Tabela 66 – Emissões totais de GEE do Uso de Substâncias Substitutas às SDO, em CO₂e

Categorias	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Refrigeradores	5,4	6,6	8,0	9,4	10,7	12,4	13,4
Ar Condicionado	106,3	123,5	142,7	167,2	197,4	230,6	255,0
Espumas	-	-	-	0,2	0,4	0,6	0,7
Aerossóis	0,6	0,8	0,9	0,7	0,6	1,8	3,1
Total	112	131	152	178	209	245	272

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Tabela 67, as emissões totais dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal são apresentados por categoria, em CO₂e.

Tabela 67 – Emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal, em CO₂e

Categorias	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Refrigeradores	100	128	112	178	153	145	63
Ar Condicionado	134	127	119	113	128	97	101
Espumas	410	433	421	405	451	434	434
Aerossóis	131	142	155	167	178	193	206
Total	775	829	808	864	910	870	805

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

3.4.1. Emissões do Setor IPPU

As emissões de GEE totais do setor IPPU do Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 68 por subsetor inventariado.

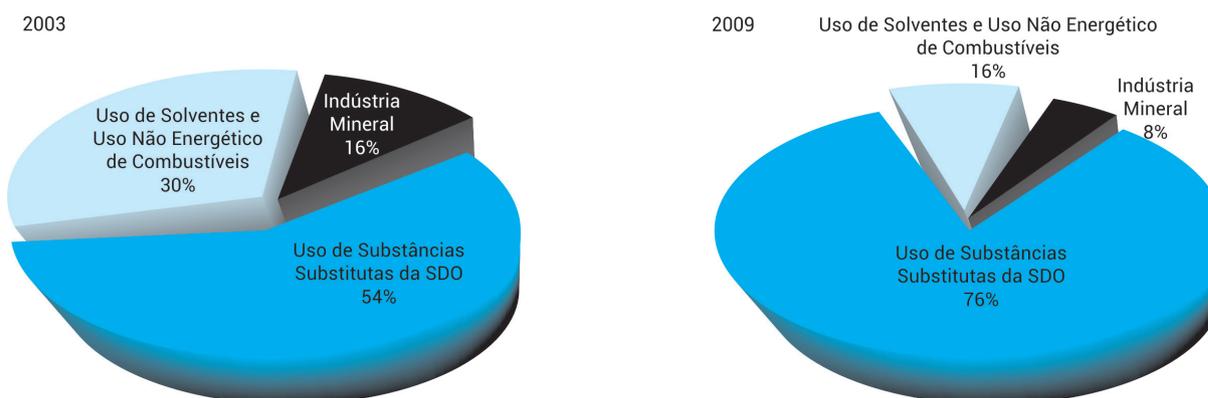
Tabela 68 – Emissões do setor IPPU

Subsetor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Indústria Mineral	33	32	33	31	32	30	30
Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis	61	61	66	59	60	75	57
Substâncias Substitutas das SDO	112	131	152	178	209	245	272
Total	206	224	251	268	301	350	359

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 22 são apresentadas as emissões percentuais do setor IPPU por subsetor inventariado para 2003 e 2009.

Figura 22 – Perfil das emissões percentuais do setor IPPU por subsetor em 2003 e 2009



As emissões do subsetor Uso de Substâncias Substitutas das SDO aumentaram de 2003 para 2009, passando de 54% para 76% das emissões totais do setor em decorrência do aumento da utilização de HFC como substituto das SDO.

A evolução das emissões do setor IPPU no período inventariado é ilustrada na Figura 23.

Figura 23 – Evolução das emissões do setor IPPU por subsetor



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões dos subsectores Indústria Mineral e Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis não apresentaram oscilações relevantes no período inventariado. Já as emissões do subsetor Uso de Substâncias Substitutas das SDO apresentaram um crescimento de aproximadamente 140% no período inventariado. Conforme discutido anteriormente, esse aumento está relacionado com a eliminação gradual das aplicações de SDO, resultando na crescente substituição por HFC-134a.

Na Tabela 69 são apresentadas as emissões do setor IPPU por tipo de GEE.

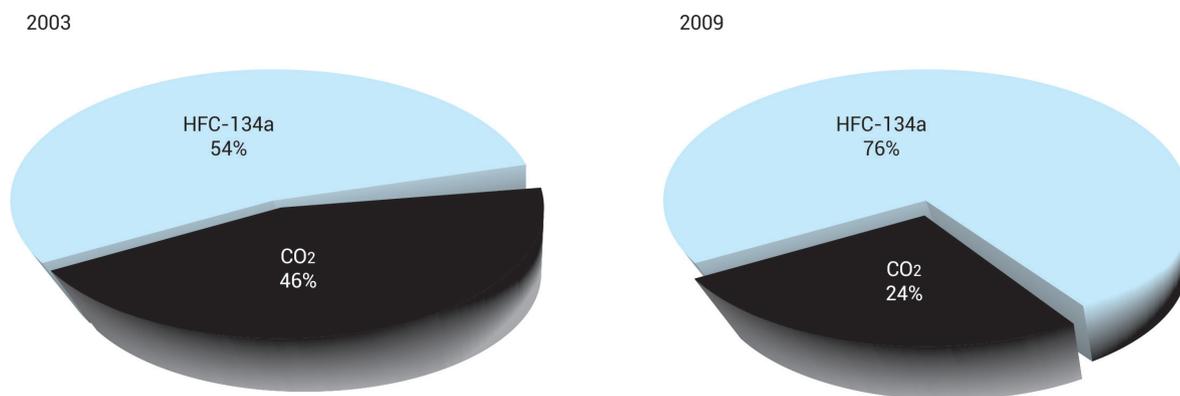
Tabela 69 – Emissões do setor IPPU por GEE

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CO ₂	94	93	99	90	92	105	87
HFC-134a	112	131	152	178	209	245	272
Total	206	224	251	268	301	350	359

NOTAS: NÃO FORAM IDENTIFICADAS FONTES DE EMISSÃO DE CH₄, N₂O, SF₆ E PFCS
1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 24, as emissões percentuais por GEE do setor IPPU são apresentadas para 2003 e 2009.

Figura 24 – Perfil das emissões percentuais do setor IPPU por GEE em 2003 e 2009



As emissões de HFC-134a cresceram significativamente sua participação nas emissões do setor passou de 54% em 2003 para 76% em 2009.

4

Emissões por Gás

As emissões totais do Município, de 2003 a 2009, segregadas por GEE controlados pelo Protocolo de Quioto, são apresentadas na Tabela 70. Os gases SF₆, PFCs e HFCs com exceção do HFC-134a, previstos pela metodologia do IPCC (2006) no setor IPPU, não tiveram fontes de emissão identificadas no Município de São Paulo nas bases de dados disponíveis, portanto não contribuem para as emissões quantificadas neste Inventário.

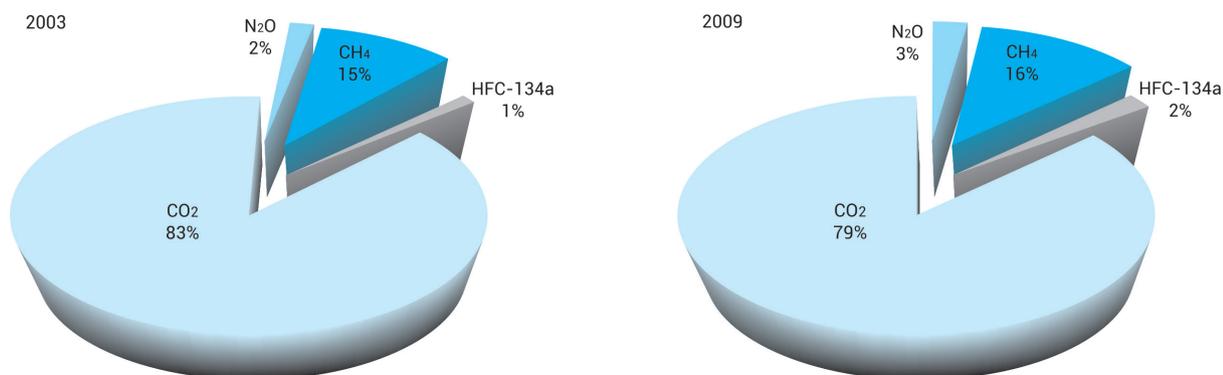
Tabela 70 – Emissões totais por GEE

GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CO ₂	12.665	12.859	12.474	12.266	12.788	13.430	11.994
CH ₄	2.262	2.276	2.369	2.539	2.720	2.469	2.461
N ₂ O	286	292	290	313	366	382	388
SF ₆	-	-	-	-	-	-	-
PFCs	-	-	-	-	-	-	-
HFC-134a	112	131	152	178	209	245	272
Total	15.326	15.558	15.285	15.295	16.083	16.526	15.115

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões mais relevantes do Município de São Paulo no período inventariado foram as dos gases CO₂ e o CH₄, que são os principais GEE dos setores Energia e Resíduos, respectivamente. Na Figura 25, são apresentadas as participações das emissões de GEE para os anos 2003 e 2009.

Figura 25 – Perfil das emissões percentuais do Município de São Paulo por GEE 2003 e 2009



As emissões de CO₂ em 2003 representaram 83% das emissões totais do Município, caindo para 79% em 2009. Já as emissões de CH₄ tiveram um aumento de um ponto percentual, passando de 15% em 2003 para 16% em 2009. As emissões de N₂O e HFC-134a são menos representativas, mas apresentaram um aumento no período inventariado, juntas correspondiam a 3% das emissões totais do Município em 2003 e a 5% em 2009.

4.1. Emissões de CO₂

No Município de São Paulo no período de 2003 a 2009, houve emissões de CO₂ em todos os setores: Resíduos, AFOLU, Energia e IPPU. Estas emissões são apresentadas na Tabela 71.

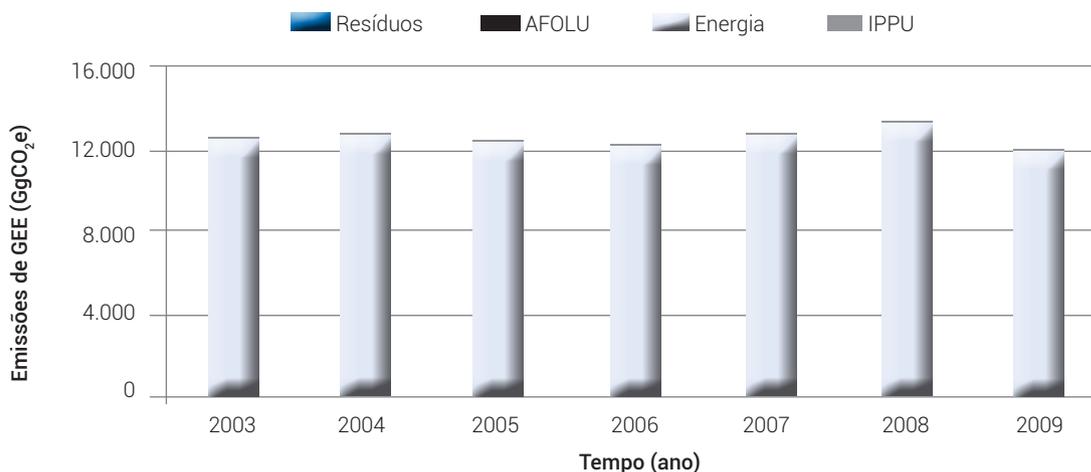
Tabela 71 – Emissões de CO₂ por setor

Total	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4	0,3
AFOLU	7,0	6,7	6,8	7,0	7,0	6,7	6,7
Energia	12.564	12.759	12.368	12.168	12.688	13.318	11.900
IPPU	94	93	99	90	92	105	87
Total	12.665	12.859	12.474	12.266	12.788	13.430	11.994

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 26 são ilustradas as emissões de CO₂ por setor e, conforme apresentado na Tabela 71, pode-se observar que o setor Energia foi o mais representativo no período inventariado.

Figura 26 – Evolução das emissões de CO₂ por setor

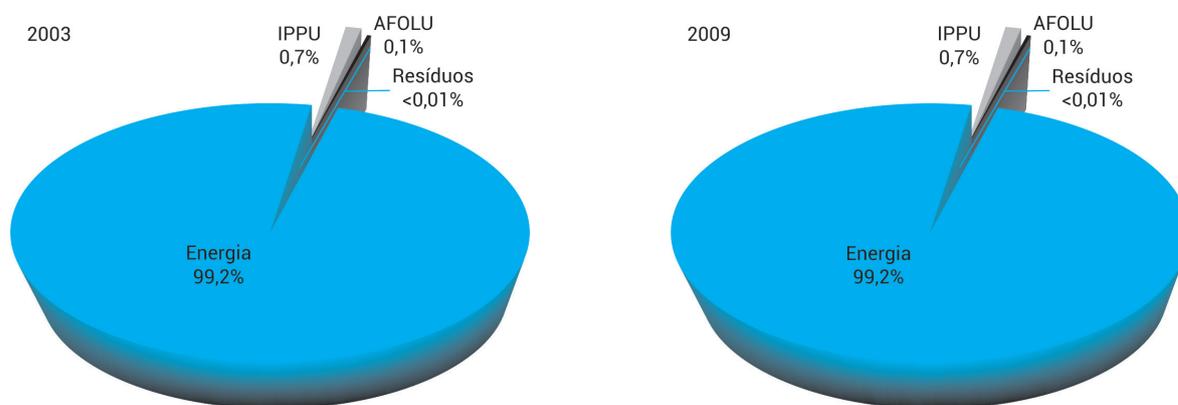


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Observa-se que em 2008 houve uma maior intensidade de emissões de CO₂ do Município de São Paulo provenientes do setor Energia. Este aumento deve-se principalmente às emissões atreladas à geração da eletricidade, consumida no Município que, no ano em questão, teve uma maior participação de usinas termelétricas a combustíveis fósseis na matriz de geração de eletricidade brasileira.

Para demonstrar a importância do setor Energia para as emissões de CO₂ do Município de São Paulo, é apresentada na Figura 27 a participação dos setores inventariados nas emissões de 2003 e 2009. O perfil da participação das emissões de CO₂ por setor manteve-se praticamente estável ao longo do período analisado.

Figura 27 – Perfil das emissões percentuais de CO₂ por setor



No período inventariado, que compreende os anos de 2003 a 2009, as emissões do setor Energia representaram em média 99% das emissões de CO₂ do Município e os demais setores correspondem a menos de 1% das emissões de CO₂. Ressalta-se que as emissões de CO₂ que compõem o biogás gerado em aterros proveniente da decomposição dos resíduos orgânicos e dos biocombustíveis utilizados na categoria Transportes do setor Energia não são contabilizadas por serem de origem biogênica, conforme definido pela metodologia do IPCC (2006).

4.2. Emissões de CH₄

Para o CH₄, foram contabilizadas as emissões dos setores Resíduos, AFOLU e Energia. No setor IPPU não foram identificadas fontes de emissão nas bases de dados consultadas durante a elaboração deste Inventário. As emissões de CH₄ do Município de São Paulo, segregadas por setor, são apresentadas na Tabela 72 para o período de 2003 a 2009.

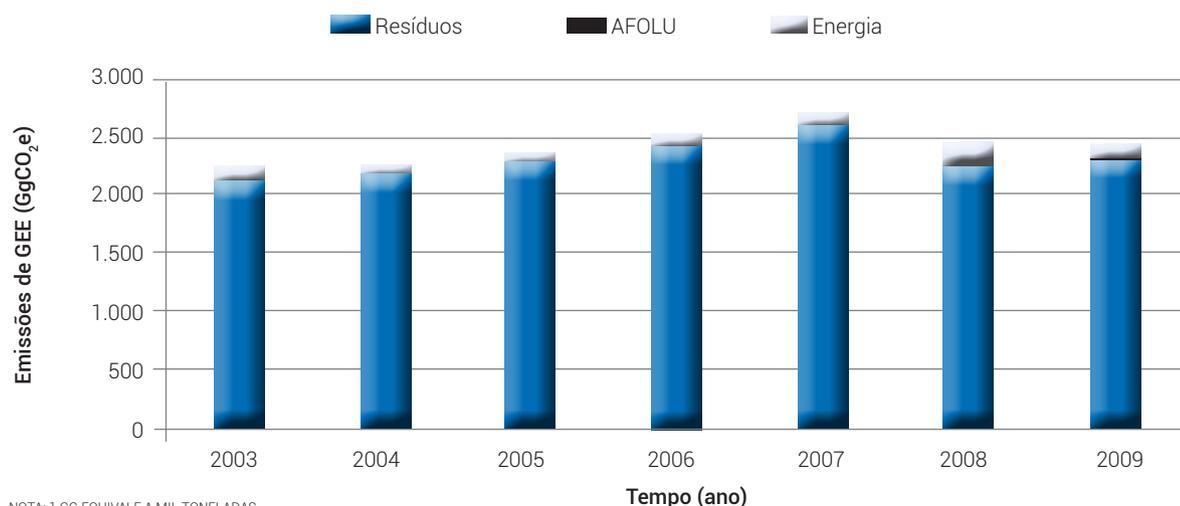
Tabela 72 – Emissões de CH₄ por setor

Total	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	2.143	2.211	2.302	2.436	2.611	2.268	2.329
AFOLU	1,0	1,1	0,7	0,9	1,0	0,4	0,2
Energia	119	64	67	102	108	200	131
IPPU	-	-	-	-	-	-	-
Total	2.262	2.276	2.369	2.539	2.720	2.469	2.461

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 28, as emissões de CH₄ do Município são ilustradas graficamente por setor para o período de 2003 a 2009.

Figura 28 – Evolução das emissões de CH₄ nos setores

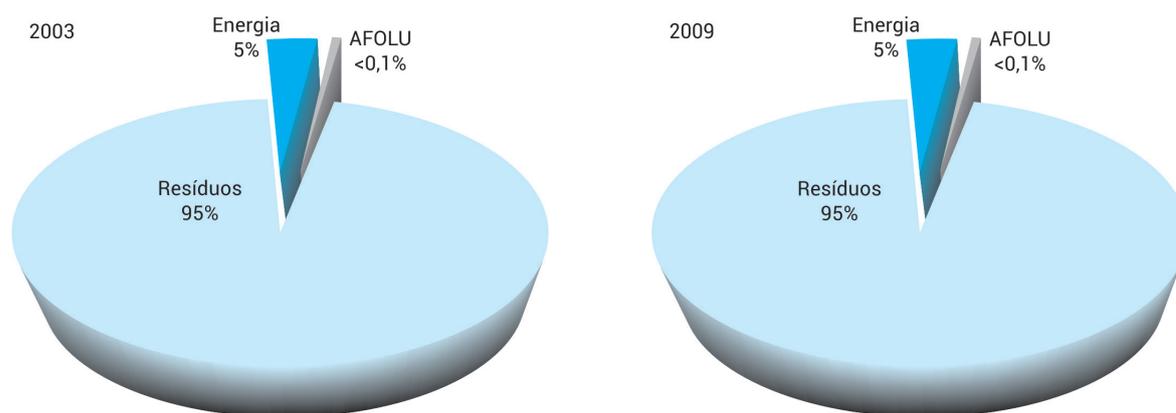


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões de CH₄ do Município de São Paulo apresentam uma tendência de crescimento até 2007, conforme Figura 28. De 2007 para 2008, essas emissões apresentaram uma queda de aproximadamente 250 GgCO₂e. Esta diferença deve-se principalmente ao início do funcionamento da usina de geração de eletricidade a partir do metano captado no Aterro São João, objeto de projeto MDL, onde parte do CH₄ gerado no aterro é convertida em CO₂, reduzindo o potencial de aquecimento global desta fonte.

O setor mais representativo em relação às emissões de CH₄ no Município de São Paulo é o de Resíduos, devido em grande parte às emissões dos aterros. Esse setor foi responsável por 95% das emissões totais de CH₄ do Município no período inventariado, que se estende desde 2003 até 2009. As emissões do setor Energia representaram aproximadamente 5% das emissões de CH₄ do Município e o setor AFOLU representou menos de 0,1% dessas emissões, conforme apresentado na Figura 29. Da mesma forma que observado nas emissões de CO₂, a participação dos setores nas emissões de CH₄ não apresentou variação significativa ao longo do período inventariado.

Figura 29 – Perfil das emissões percentuais de CH₄ por setor



Ressalta-se que parte do biogás gerado pelos aterros que recebem os resíduos do Município de São Paulo foi recuperada e utilizada para fins energéticos ou queimada em *flares*⁵³, convertendo o CH₄ do biogás em CO₂. Estas práticas geraram créditos de carbono no período inventariado. Parte desses créditos foi comercializada e, uma vez vendida pelo Município, passa a ser contabilizada como redução de emissões no inventário de GEE da instituição que os comprou. Assim, as emissões reduzidas expressas pelos créditos de carbono que foram comercializados devem ser contabilizadas como emissões no Inventário a fim de evitar dupla contagem entre o Município e a instituição que adquiriu os créditos.

4.3. Emissões de N₂O

As emissões de N₂O do Município de São Paulo foram provenientes dos setores de Resíduos, AFOLU e Energia. No setor IPPU não foram identificadas fontes de emissão deste GEE. As emissões de N₂O do Município são apresentadas na Tabela 73.

Tabela 73 – Emissões de N₂O por setor

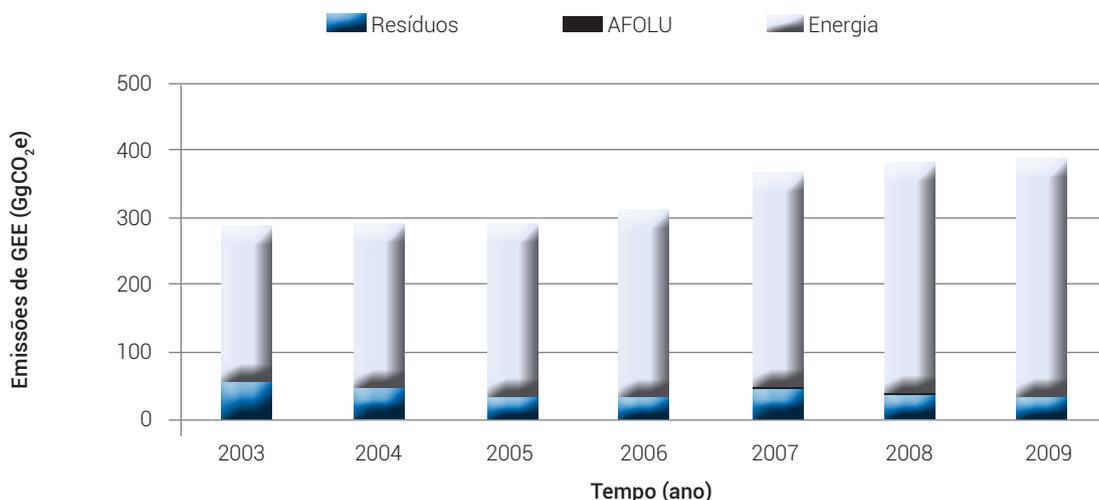
Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	56	48	34	37	46	38	34
AFOLU	1,5	1,8	1,8	1,9	2,3	1,8	1,2
Energia	228	242	255	274	317	342	353
IPPU	-	-	-	-	-	-	-
Total	286	292	290	313	366	382	388

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões de N₂O do Município são apresentadas na Figura 30 por setor inventariado para o período de 2003 a 2009.

⁵³ O dispositivo denominado pela palavra inglesa *flare* corresponde a queimadores de gases, tóxicos ou não, comumente compostos de uma chaminé com piloto de chama sempre acesa, comuns em aterros sanitários e em usinas petroquímicas.

Figura 30 – Evolução das emissões de N₂O nos setores



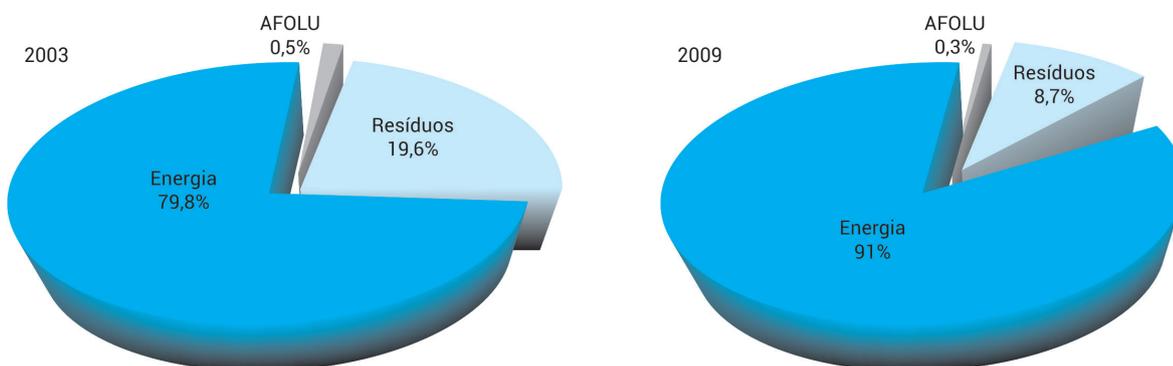
NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

No período analisado, verifica-se que o setor Energia foi o mais significativo em termos das emissões de N₂O no Município de São Paulo, seguido pelo setor Resíduos. Pode-se observar também que as emissões de N₂O do setor Energia aumentaram ao longo do tempo. Dois fatores contribuíram para esta ocorrência: o aumento do consumo de combustíveis e, em menor escala, o aumento da frota de veículos com conversor catalítico.

Os conversores catalíticos têm a importante função de reduzir a emissão de poluentes como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os hidrocarbonetos. A sua utilização visa melhorar significativamente a saúde pública e atenuar outra considerável questão ambiental, a poluição do ar. No entanto, o aumento da frota de veículos com conversor catalítico contribui com as emissões de óxido nitroso (N₂O), pois estes veículos apresentam fatores de emissão que, embora pequenos, são maiores que os veículos que não possuem este equipamento. Já o crescimento acentuado na demanda por combustíveis no Município de São Paulo também contribuiu com o aumento nas emissões de N₂O. Verificou-se que uma parcela significativa desse crescimento na demanda de combustíveis deu-se pelo consumo de biocombustíveis, os quais têm suas emissões de CO₂ não contabilizadas por serem de origem biogênica. Porém, as emissões de CH₄ e N₂O provenientes da queima desses biocombustíveis são contabilizadas.

Para ilustrar a representatividade de cada setor nas emissões de N₂O do Município, na Figura 31 são apresentadas as emissões percentuais de cada setor para os anos 2003 e 2009.

Figura 31 – Perfil das emissões percentuais de N₂O por setor



Conforme apresentado na Figura 31, a participação do setor Energia nas emissões de N₂O aumentou de 80% em 2003 para 91% em 2009. Já a participação das emissões do setor Resíduos apresentou uma queda, passando de 20% em 2003 para 9% em 2009.

4.4. Emissões de HFCs

As emissões de HFCs no Município de São Paulo referem-se apenas ao setor IPPU, conforme prescrito na metodologia do IPCC (2006). No Município foi verificado um aumento nas emissões de HFC-134a utilizado como substituto às SDO. As emissões deste gás para o período inventariado são apresentadas na Tabela 74.

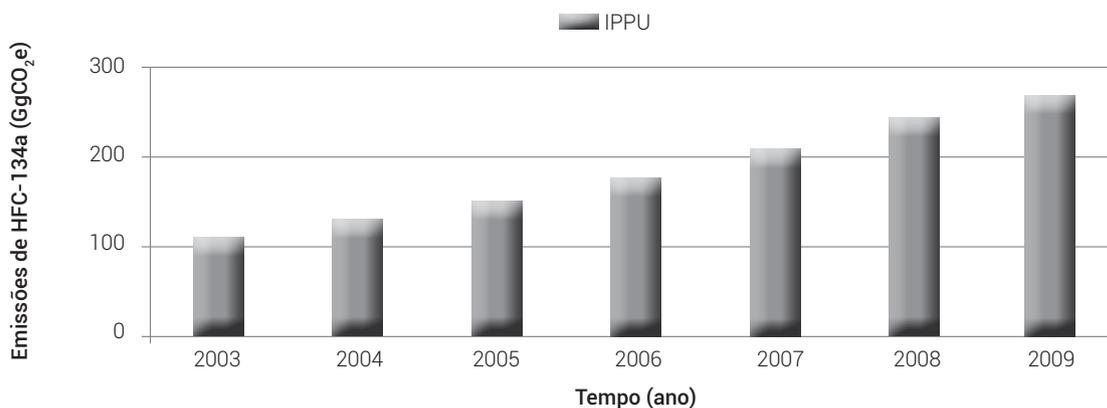
Tabela 74 – Emissões de HFC-134a por setor

Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	-	-	-	-	-	-	-
AFOLU	-	-	-	-	-	-	-
Energia	-	-	-	-	-	-	-
IPPU	112	131	152	178	209	245	272
Total	112	131	152	178	209	245	272

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A evolução das emissões de HFC-134a no setor IPPU do Município de São Paulo no período de 2003 a 2009 é apresentada graficamente na Figura 32. Comprova-se o aumento esperado nas emissões deste gás devido ao seu uso como substituto das SDO.

Figura 32 – Evolução das emissões de HFC no setor



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

4.5. Emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal

As SDO controladas pelo Protocolo de Montreal e que também apresentam potencial de aquecimento global são os CFCs e os HCFCs. Por já serem controladas pelo Protocolo de Montreal, as emissões desses gases são reportadas separadamente como informação adicional, mas não são contabilizadas no total de emissões, conforme orientação do IPCC (2006). As emissões desses gases são apresentadas na Tabela 75.

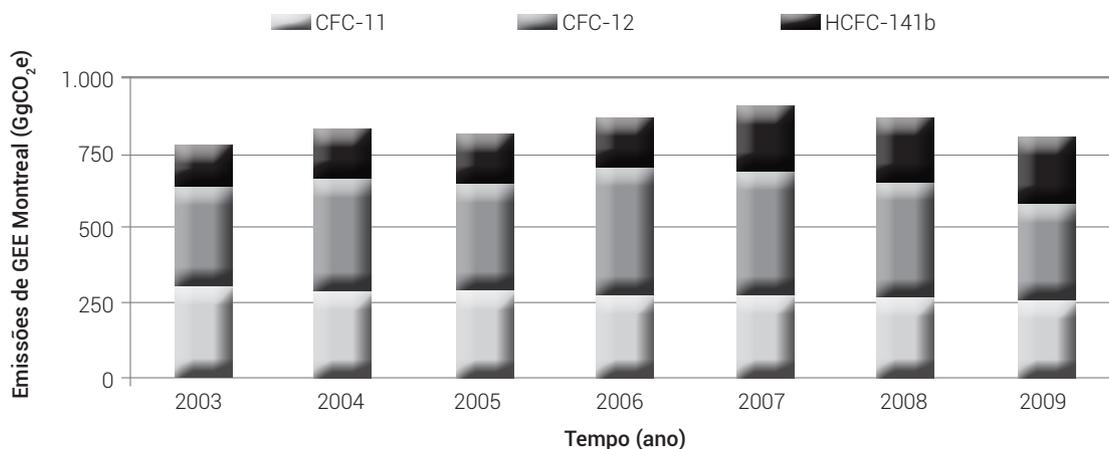
Tabela 75 – Emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal

GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
CFC-11	305	298	291	283	275	267	258
CFC-12	338	366	353	422	418	390	322
HCFC-141b	132	165	164	159	216	212	224
Total	775	829	808	864	910	870	805

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Na Figura 33, é apresentada a evolução das emissões dos CFCs e HCFCs no Município de São Paulo, onde é possível identificar uma diminuição nas emissões de CFC-11 e CFC-12 e um aumento nas emissões de HCFC-141b. O aumento nas emissões de HCFC no Município deve-se a uma crescente utilização deste gás como substituto dos CFCs. Apesar de também ser uma SDO, os HCFCs apresentam um potencial de destruição menor que os CFCs e, por isso, foram aceitos como substitutos temporários aos CFCs, mas seu uso também deve ser eliminado em cumprimento ao Protocolo de Montreal.

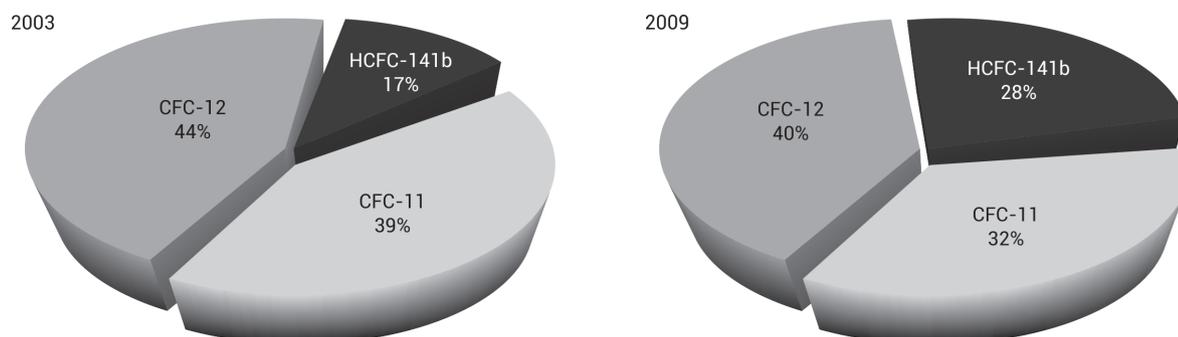
Figura 33 – Evolução das emissões dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões desses GEE devem-se à sua utilização no setor IPPU. Conforme previsto no plano nacional de eliminação dos CFCs e HCFCs, estas substâncias estão sendo substituídas gradualmente. As emissões percentuais de 2003 e 2009 por GEE controlados pelo Protocolo de Montreal são apresentadas na Figura 34.

Figura 34 – Perfil das emissões percentuais dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal



4.6. Emissões de CO₂ Biogênico

As emissões de CO₂ de origem biogênica do setor Energia são reportadas separadamente, como informação adicional, não sendo contabilizadas no total de emissões, conforme orientação do IPCC (2006).

As emissões de CO₂ de origem biogênica provenientes dos resíduos orgânicos enviados para aterros e usinas de compostagem, bem como as emissões de CO₂ biogênicas de efluentes líquidos e da pecuária, não são reportadas, de acordo com as diretrizes do IPCC (2006), não sendo apresentados metodologia nem fatores de emissão para sua contabilização.

Desta forma, as emissões de CO₂ de origem biogênica reportadas como informação adicional neste Inventário são provenientes do setor Energia e estão apresentadas na Tabela 76.

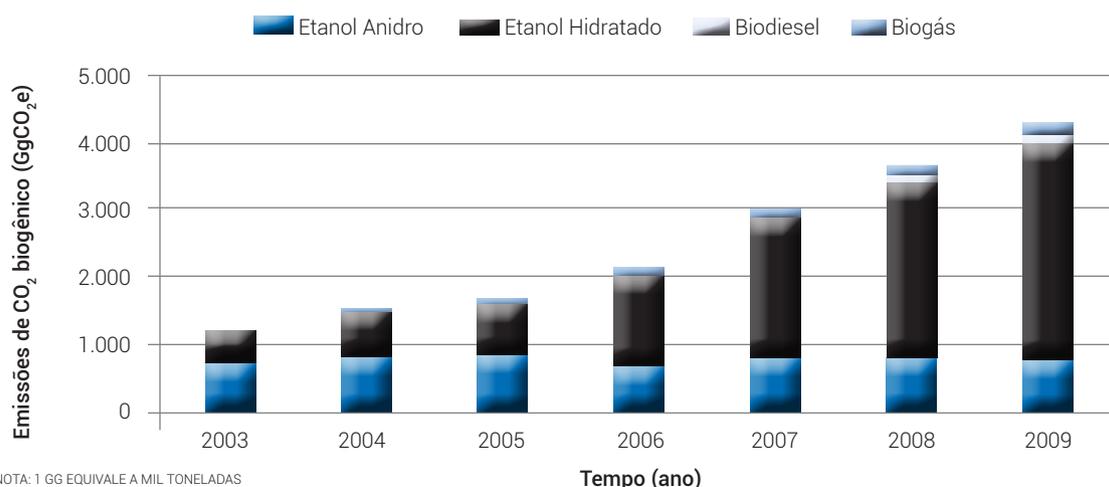
Tabela 76 – Emissões de CO₂ biogênico

Categoria	Fonte	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		(GgCO ₂ e)						
Transporte	Etanol Anidro	792	846	873	719	840	855	805
Transporte	Etanol Hidratado	448	672	752	1.351	2.090	2.596	3.216
Transporte	Biodiesel	-	-	-	-	-	100	136
Geração de Energia	Biogás	-	47	60	87	81	119	145
Total CO₂ Biogênico		1.240	1.565	1.685	2.158	3.011	3.669	4.302

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A evolução das emissões de CO₂ biogênico provenientes da queima de biocombustíveis é apresentada na Figura 35 para o período de 2003 a 2009.

Figura 35 – Evolução das emissões de CO₂ biogênico



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Como pode ser observado na Figura 35, as emissões de CO₂ de origem biogênica aumentaram significativamente no período inventariado. O destaque principal foi para o etanol hidratado que apresentou um aumento de cerca de 600% quando comparados 2003 e 2009, o qual está relacionado com o crescimento do número de carros bicombustíveis (ou *flex fuel*) na frota do Município de São Paulo e incentivado pelo preço competitivo do etanol frente à gasolina.

As emissões de CO₂ provenientes da queima de etanol anidro mantiveram-se praticamente estáveis no período por consequência da estabilização do consumo de gasolina no Município, já que o etanol anidro compõe a gasolina tipo C comercializada pelos postos de combustíveis.

O biodiesel era relativamente novo no mercado à época. Apenas a partir de 2008 o diesel vendido nos postos de combustíveis passou a ter obrigatoriamente uma parcela de biodiesel, definida pelo governo federal.

O biogás é o produto gerado pelos processos de decomposição nos aterros sanitários, composto por uma parcela de gás metano e é captado e utilizado para produzir energia elétrica no Município de São Paulo. O aproveitamento do biogás com fins energéticos no Município ocorre nas usinas termoelétricas dos aterros Bandeirantes e São João, cada usina com capacidade para gerar 170.000 MWh de eletricidade por ano (SMA, 2004; PMSP, 2007).

Como pode ser depreendido das premissas e dados apresentados, a utilização das opções energéticas de origem biogênica colabora para a redução do padrão de emissões de CO₂, pois não são somadas ao montante de emissões totais do Município. Caso fossem contabilizadas, haveria um aumento de cerca de 4.000 GgCO₂, que representaria um aumento de pouco mais de 25% nas emissões do Município em 2009.

Vale destacar que no período inventariado observou-se um aumento de aproximadamente 15% no consumo energético per capita no Município de São Paulo, mas as emissões de GEE não seguiram esta mesma taxa de crescimento devido, principalmente, aos combustíveis de origem biogênica.

4.7. Emissões de GEE expressas pela métrica do PTG

Para viabilizar comparações e análises futuras dos resultados do Inventário de GEE do Município de São Paulo, suas emissões totais também são apresentadas pela métrica do PTG, na Tabela 77, para os setores estabelecidos na metodologia do IPCC: Resíduos, AFOLU, Energia e IPPU.

Tabela 77 – Emissões de GEE do Município de São Paulo pela métrica PTG

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO ₂ e)						
Resíduos	559	569	578	613	662	574	584
AFOLU	9	9	8	9	9	8	8
Energia	12.791	12.985	12.605	12.431	12.991	13.664	12.239
IPPU	99	98	106	97	101	115	99
Total	13.458	13.661	13.297	13.150	13.763	14.361	12.930

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Utilizando-se a métrica do PTG observa-se que as emissões do setor Energia do Município de São Paulo tornam-se ainda mais representativas, sendo responsável por 95% das emissões do Município. Este aumento da participação das emissões do setor Energia no total do Município, quando comparada às emissões pela métrica PAG, está relacionado principalmente à redução dos valores do PTG para o CH₄, N₂O e HFC-134a, os quais compõem majoritariamente os demais setores inventariados.

5

Incertezas

Os inventários de emissões de GEE não são retratos exatos daquilo que de fato ocorre, mas retratam com certo grau de aproximação as emissões reais. Este desvio entre as emissões reais e as calculadas define a incerteza das emissões. As incertezas podem ser separadas, de modo geral, em incertezas científicas e incertezas de estimativas. A incerteza científica está relacionada com o conhecimento científico insuficiente de um processo e a incerteza de estimativa está relacionada com a quantificação das emissões (IPCC, 2006 e GHG PROTOCOL, 2012)

Neste Inventário assume-se que a incerteza científica pode ser desconsiderada, uma vez que se entende que os conhecimentos científicos dos processos de emissão são suficientemente estudados e compreendidos. Desta forma, foram consideradas as incertezas de estimativa, que podem ser classificadas em incertezas do modelo e incertezas do parâmetro.

A incerteza do modelo está associada aos parâmetros envolvidos nas equações matemáticas que modelam a quantificação das emissões. As incertezas dos parâmetros estão associadas aos dados de atividade, fatores de emissão e outros dados de entrada nos modelos matemáticos.

A análise das incertezas tem papel fundamental na identificação de pontos relevantes a serem aprimorados de forma a melhorar a qualidade do inventário como, por exemplo, identificar as variáveis que impliquem dedicar mais tempo e recursos em seu levantamento e refinamento.

As incertezas das emissões de GEE dos subsetores inventariados foram determinadas considerando as fontes de informação referentes aos fatores de emissão e aos dados utilizados na quantificação destas emissões, aplicando-se a propagação de erros apresentada pelo IPCC (2006), conforme Equação 1.

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Equação 1 – Multiplicação das incertezas

onde

U Incerteza total [%]

U_n Incerteza da variável n utilizada no cálculo da emissão de GEE [%]

Para as emissões dos setores e do total de emissões do Inventário, as incertezas foram calculadas através da adição das incertezas de cada subsetor, conforme apresentado na Equação 2.

$$U = \frac{\sqrt{(R_1 \cdot U_1)^2 + (R_2 \cdot U_2)^2 + \dots + (R_n \cdot U_n)^2}}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

Equação 2 – Adição das incertezas

onde

U Incerteza total [%]

U_n Incerteza da emissão n [%]

R_n Resultado das emissões de GEE [tCO₂e]

Deve-se salientar que para calcular as incertezas das emissões de GEE do Inventário foram adotadas as seguintes considerações:

- (1) Os cálculos foram realizados para um único ano, considerando que as incertezas devem se manter proporcionais;
- (2) Incertezas que apresentam distribuição assimétrica em seu valor: adotou-se sempre a maior margem de incerteza (positiva ou negativa);
- (3) Variáveis que apresentam margem de incerteza maior que o valor da própria variável; considerou-se incerteza de 100%.

Na Tabela 78 são apresentadas as incertezas das emissões de GEE para os setores inventariados, onde se verifica que as emissões de CO₂ do setor Energia são as mais significativas no Inventário do Município de São Paulo e apresentam a menor margem de incerteza (7%). Em números absolutos essa incerteza é equivalente a 841 GgCO₂e, quantidade esta superior à quase totalidade das emissões dos demais setores, sendo inferior somente com relação às emissões dos resíduos sólidos enviados para aterros.

Apesar de alguns setores apresentarem níveis de incerteza elevados, conforme apresentado na Tabela 78, a margem de incerteza total do Inventário apresenta-se em níveis aceitáveis, quantificada em 9%. Isto se deve à alta participação do setor Energia nas emissões do Município e sua baixa margem de incerteza, fatores que influenciam diretamente o cálculo da incerteza total do Inventário.

Tabela 78 – Incerteza das emissões de GEE dos setores inventariados

Setor	Subsetor	Incerteza	Emissão (tCO ₂ e)	Incerteza	Dados	Incerteza	Fator de Emissão	Incerteza
Resíduos	Efluentes Líquidos	53%	223.214	59%	População	5%	Capacidade Máxima de produção de CH ₄ (B0)	30%
					DBO per capita	10%	Fator de Correção de Metano (MCF)	50%
					Perfil Sanitário	3%		
					População	5%	Fator de emissão dos efluentes	100%
					Perfil Sanitário	3%		
					Concentração de Nitrogênio per capita	10%		
	Resíduos Sólidos	45%	2.106.162	45%	Resíduos enviados para aterros	30%	Carbônico orgânico degradável	10%
					Composição dos resíduos	10%	Fração de COD decomponível	20%
					Metano recuperado	15%	Fator de Correção de Metano (MCF)	5%
							Fração de CH ₄ no biogás	5%
							Taxa de geração de metano (k)	15%
							Fator de emissão de CH ₄	100%
		Fator de emissão de N ₂ O	90%					
		Fator de emissão de CO ₂	100%					
		Fator de emissão de CH ₄	100%					
		Fator de emissão de N ₂ O	100%					

Setor	Incerteza	Subsetor	Incerteza	Emissão (tCO ₂ e)	Incerteza	Dados	Incerteza	Fator de Emissão	Incerteza
AFOLU	85%	Uso da Terra	Agricultura	819	118%	Análise imagem de satélite	10%	Estoque carbono solo todos	90%
			Demais usos	4.963	91%	Análise imagem de satélite	10%	Estoque carbono solo todos	75%
	89%	Pecuária	Fermentação entérica	208	54%	População pecuária	20%	Fator de emissão fermentação entérica	50%
			Manejo dejetos CH ₄	35	62%	Sistema de manejo dos dejetos	50%	Fator de emissão de CH ₄	30%
				População pecuária	20%				
			Sistema de manejo dos dejetos	50%	Fator de emissão de N ₂ O direta	100%			
	82%	Solos Agrícolas	Manejo dejetos N ₂ O	188	195%	População pecuária	20%	Taxa de nitrogênio excretado	50%
				1.009	265%			Emissões indiretas	50%
					Fator de emissão nitrogênio lixiviado			100%	
								Fator de emissão nitrogênio volatilizado	100%
				139%	Solos Agrícolas			Manejo dos solos agrícolas	1.009
	Fator de emissão dos dejetos pastagem	100%							
	Fator emissão indireto-volatilização	100%							
	Fração nitrogênio volatilizado-fertilizantes	100%							
	Fração nitrogênio volatilizado-dejetos	100%							
Fator emissão indireto-lixiviação	100%								
Fração de nitrogênio lixiviado	100%								
50%	Fertilizantes com ureia	Fertilizantes com ureia	117	50%	Área agrícola	-	Fator de emissão	50%	
							Fator de emissão	50%	
							Consumo de ureia	-	

Sector	Incerteza	Subsetor	Incerteza	Emissão (tCO ₂ e)	Incerteza	Dados	Incerteza	Fator de Emissão	Incerteza	
Energia	7%	Queima de combustível	7%	CO ₂	7%	Consumo de combustível	5%	Fator de emissão de CO ₂	5%	
				CH ₄	100%	Consumo de combustível	5%	Fator de emissão de CH ₄	100%	
				N ₂ O	100%	Consumo de combustível	5%	Fator de emissão de N ₂ O	100%	
Processos Industriais e Uso de Produtos	7%	Emissões fugitivas	0%	58.790	0%	Perdas no sistema de distribuição	-			
						Composição do gás natural	-			
	Indústria Mineral	60%	Vidro	60%	30.204	60%	Produção no Município	-	Fator de emissão	60%
							Não energético	50%	56.722	50%
	Parafina	100%	192	100%	Proporcionalidade com dado secundário	-				
					Substitutas das SDO	112%	Uso de HFC	112%	272.338	112%

6

Atualização do Inventário (2010 e 2011)

O presente Inventário do Município de São Paulo foi licitado e contratado para cobrir o período entre 2003 e 2009. Em função do tempo transcorrido para a finalização administrativa do contrato, a elaboração objetiva do Inventário só começou em novembro de 2011. No transcurso da elaboração, deliberou-se, em agosto de 2012, realizar uma atualização para os anos 2010 e 2011 dos setores Energia e Resíduos, considerando os seguintes pontos:

- a defasagem temporal do Inventário entre os anos 2009 e 2012;
- as condições de inclusão da atualização do Inventário dentro do mesmo contrato de consultoria para a execução deste Inventário;
- cerca de 97% das emissões inventariadas entre 2003 e 2009 são originadas pelos setores Energia e Resíduos, e apenas 3% nos setores AFOLU e IPPU, o que facilita sua extensão temporal de forma consistente utilizando apenas os dois principais setores;
- a disponibilização pública de dados de 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos;
- a importância da máxima proximidade temporal entre o Inventário e as recomendações para a formulação de políticas públicas.

Os resultados consolidados das emissões totais de GEE dos setores Energia e Resíduos do Município de São Paulo para o período de 2003 a 2011 são apresentados na Tabela 79 em CO₂e pela métrica do PAG.

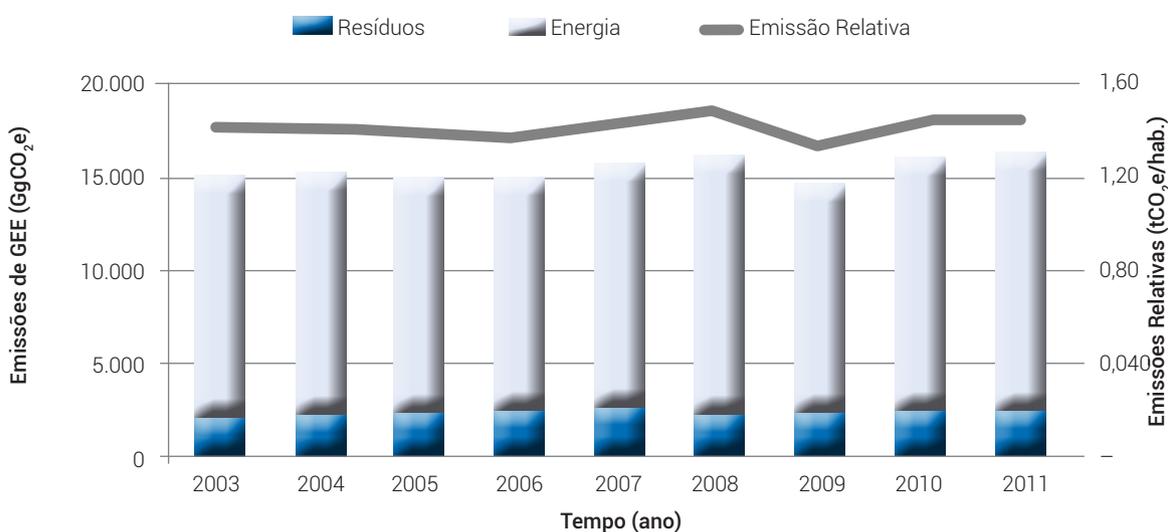
Tabela 79 – Emissões totais de GEE de 2003 a 2011

Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	(GgCO ₂ e)								
Energia	12.911	13.065	12.689	12.544	13.114	13.860	12.384	13.642	13.990
Resíduos	2.199	2.260	2.335	2.474	2.658	2.307	2.363	2.445	2.440
Total	15.110	15.325	15.025	15.018	15.772	16.167	14.748	16.087	16.430

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Para ilustrar a evolução das emissões dos setores Energia e Resíduos no período de 2003 a 2011, as emissões são apresentadas na Figura 36.

Figura 36 – Evolução das emissões dos setores Energia e Resíduos



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Verifica-se, pela Figura 36, que nos anos 2008, 2010 e 2011 houve um aumento nas emissões de GEE do Município de São Paulo. Essas variações nas emissões do Município de São Paulo são determinadas principalmente pelo setor Energia, já que o setor Resíduos não apresentou grande variação no período inventariado.

Os picos nas emissões de 2008 e 2010 são influenciados majoritariamente pelos altos fatores de emissão da rede elétrica. Essa flutuação do fator de emissão está relacionada com as fontes de geração de energia elétrica no País, indicando que nesses anos mais usinas termoeletricas que utilizam combustível fóssil entraram em operação para suprir a demanda por eletricidade.

Verifica-se também que no ano 2011 o nível de emissões manteve-se próximo do nível de 2010. Porém, neste caso a alta nas emissões deve-se essencialmente à mudança no perfil de consumo dos combustíveis, tendo uma grande parcela do etanol sido substituída pela gasolina.

Comparando-se as emissões totais de GEE dos setores Energia e Resíduos do Município de São Paulo observa-se que houve um aumento de aproximadamente 9% nas emissões de 2011 com relação a 2003. Em números absolutos, este aumento foi de 1.320 GgCO₂e.

6.1. Energia

Para o setor Energia os dados utilizados para quantificar as emissões de GEE foram os publicados por SÃO PAULO (Estado, 2011 e 2012), com exceção das emissões fugitivas para as quais foram utilizados os dados da COMGÁS (2012).

Foram contabilizadas neste setor as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O previstas pelo IPCC (2006), para os subsetores de Queima de Combustível e Emissões Fugitivas, apresentadas a seguir.

6.1.1. Subsetor Queima de Combustíveis

No subsetor Queima de Combustíveis são contabilizadas as emissões das categorias Geração de Energia, Indústria de Transformação e Construção, Transporte e Outros Setores.

6.1.1.1. Geração de Energia • Para o Município de São Paulo, as emissões de GEE da Geração de Energia foram contabilizadas a partir de dados de eletricidade consumida no Município e dos fatores de emissão do SIN, da mesma forma que realizado para os anos de 2003 a 2009, apresentado no item 3.3.1.1.

Os dados de consumo de eletricidade no Município de São Paulo em 2010 e 2011 são apresentados na Tabela 80.

Tabela 80 – Consumo de eletricidade em 2010 e 2011

Setor de consumo	2010	2011
	(MWh)	
Residencial	11.127.289	11.706.551
Comercial	9.187.709	9.613.034
Rural	8.434	9.889
Industrial	4.011.038	3.963.259
Iluminação Pública	575.638	585.756
Poder Público*	948.347	983.277
Serviço Público**	1.428.600	1.528.751
Consumo Próprio	38.786	44.986
Total	27.325.840	28.435.503

* UNIDADES DA ADMINISTRAÇÃO DIRETA.

** ÁGUA, ESGOTO E TRANSPORTE.

FONTE: SÃO PAULO (ESTADO), 2011 E 2012

As emissões de CO₂ atreladas à geração da eletricidade consumida no Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 81.

Tabela 81 – Emissões de CO₂ da Geração de Energia

	2010	2011
	(tCO ₂)	
Eletricidade	1.399.083	830.317

6.1.1.2. Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores • As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis em fontes estacionárias nas Indústrias de Transformação e Construção e Outros Setores foram quantificadas utilizando-se a metodologia e os fatores de emissão propostos pelo IPCC (2006), para os combustíveis: gás natural, GLP, querosene de iluminação e óleo combustível.

Os dados de consumo desses combustíveis são apresentados na Tabela 82 para os anos 2010 e 2011.

Tabela 82 – Consumo de combustível da Indústria de Transformação, Construção e Outros Setores

Combustível	Unidade	2010	2011
Gás Natural			
Residencial	(10³m³)	142.020	154.211
Comercial	(10³m³)	82.675	85.694
Industrial	(10³m³)	338.447	350.424
Cogeração	(10³m³)	5.903	4.600
Termogeração	(10³m³)	282.735	80.792
GLP			
Residencial	(t)	279.402	285.742
Comercial	(t)	47.230	48.301
Industrial	(t)	30.959	31.661
Querosene de Iluminação	(m³)	375	265
Óleo Combustível	(t)	38.042	28.697

FONTE: SÃO PAULO (ESTADO), 2011 E 2012

Deve-se ressaltar que, da mesma forma que adotado para o período de 2003 a 2009, as emissões provenientes da queima de gás natural para termogeração são apresentadas como informação adicional, não sendo somadas ao total de emissões do Município para evitar a dupla contagem nas emissões de GEE por estas serem resultantes da operação das usinas Piratininga e Fernando Gasparian, que despacham a eletricidade gerada para o SIN.

As emissões totais de GEE da queima de combustíveis nas categorias Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores de 2010 e 2011 são apresentados na Tabela 83 por tipo de combustível.

Tabela 83 – Emissões totais da Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores, em CO₂

Combustível	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
Gás Natural		
Residencial	314.206	341.177
Comercial	182.911	189.589
Industrial	747.666	774.124
Cogeração	13.040	10.163
Termogeração*	624.592	178.479
GLP		
Residencial	818.802	837.380
Comercial	138.409	141.550
Industrial	90.606	92.662
Querosene de Iluminação	933	659
Óleo Combustível	118.947	89.730
Total	2.425.520	2.477.033

* INFORMAÇÃO ADICIONAL, NÃO SOMADAS NO TOTAL DAS EMISSÕES

6.1.1.3. Transporte • As emissões de GEE de 2010 e 2011 da categoria Transporte também seguiram as mesmas premissas e metodologia adotadas para calcular as emissões do período de 2003 a 2009.

Os dados de consumo de combustíveis utilizados para quantificar as emissões de GEE são apresentados na Tabela 84.

Tabela 84 – Consumo de combustível de Transporte

Combustível	2010	2011
	(10 ³ m ³)	
Gasolina A	1.708	2.061
Etanol Anidro	569	687
Etanol Hidratado	2.018	1.483
Óleo Diesel	1.686	1.707
Biodiesel	89	90
GNV	160.925	136.908
Gasolina de Aviação	2	2
Querosene de Aviação	311	311

FONTE: SÃO PAULO (ESTADO), 2011 E 2012

As emissões totais de GEE de Transporte para 2010 e 2011 são apresentadas na Tabela 85.

Tabela 85 – Emissões de GEE de Transporte

Combustível	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
Gasolina C*	4.018.542	4.850.598
Etanol Hidratado	123.140	90.472
Diesel*	4.516.783	4.572.003
GNV	349.591	297.418
Gasolina de Aviação	5.521	5.533
Querosene de Aviação	772.453	772.726
Total	9.786.030	10.588.750

* CONFORME APRESENTADO ANTERIORMENTE, A GASOLINA C COMERCIALIZADA NO BRASIL É COMPOSTA POR UMA FRAÇÃO DE GASOLINA A E ETANOL ANIDRO. APENAS AS EMISSÕES DE CO₂ DESSES COMBUSTÍVEIS QUE COMPÕEM A GASOLINA C FORAM QUANTIFICADAS SEPARADAMENTE, PARA DIFERENCIAR A FRAÇÃO FÓSSIL DA BIOLÓGICA, AS DEMAIS EMISSÕES FORAM CONTABILIZADAS CONJUNTAMENTE COMO GASOLINA C. O MESMO SE APLICA AO BIODIESEL CONTIDO NO ÓLEO DIESEL.

Deve-se ressaltar que nas emissões apresentadas na Tabela 85 não foram incluídas as emissões de CO₂ de origem biogênica, conforme orientação do IPCC (2006).

6.1.2. Subsetor Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas da distribuição de gás natural no Município de São Paulo para os anos 2010 e 2011 foram calculadas com base nas perdas percentuais do sistema de distribuição do gás natural fornecidas pela Companhia de Gás de São Paulo (COMGÁS). Em 2010 a perda foi de 0,23% do gás natural consumido, correspondente a dois milhões de metros cúbicos, e em 2011 a perda foi de 0,86%, correspondente a sete milhões de metros cúbicos.

Desta forma, as emissões de GEE estimadas para 2010 e 2011 são apresentadas na Tabela 86.

Tabela 86 – Emissões fugitivas

	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
Emissões fugitivas	31.245	93.747

6.1.3. Resultados do setor Energia

As emissões do setor Energia de 2010 e 2011 são apresentadas na Tabela 87, em CO₂e pela métrica do PAG.

Tabela 87 – Emissões do setor Energia de 2010 e 2011

Subsetor	2010	2011
	(GgCO ₂ e)	
Queima de Combustíveis	13.611	13.896
Geração de Energia	1.399	830
Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores	2.426	2.477
Transporte	9.786	10.589
Emissões Fugitivas	31	94
Total do setor Energia	13.642	13.990

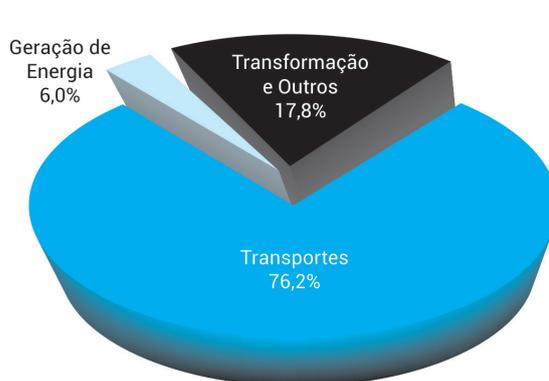
Na Figura 37 são apresentadas as emissões do Município de São Paulo do setor Energia pela participação percentual de cada subsetor e por categoria para o subsetor Queima de Combustível do ano 2011.

Figura 37 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia e do subsetor Queima de Combustível em 2011

Setor Energia

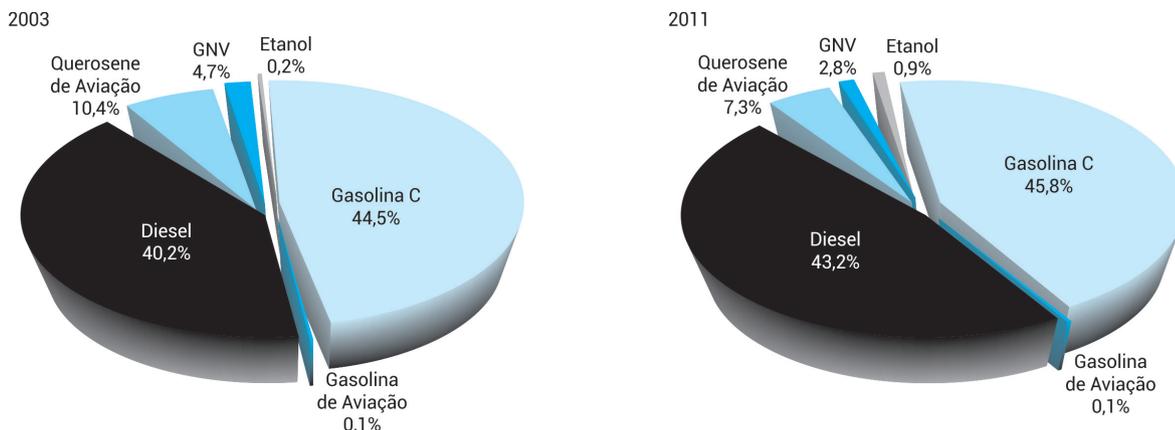


Subsetor Queima de Combustíveis



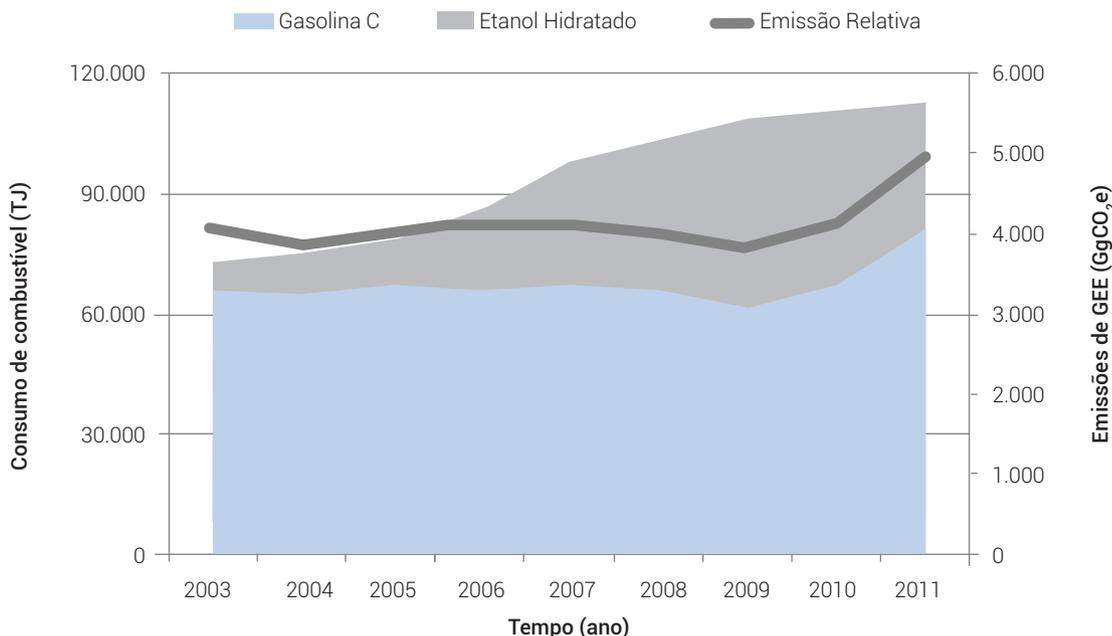
As emissões da categoria Transporte são as mais representativas do subsetor Queima de Combustível e também do setor Energia. Estas emissões devem-se em grande parte à combustão de gasolina e diesel, que juntas correspondem a mais de 80% das emissões da categoria, como pode ser observado na Figura 38.

Figura 38 – Perfil das emissões percentuais da categoria Transporte por combustível em 2003 e 2011



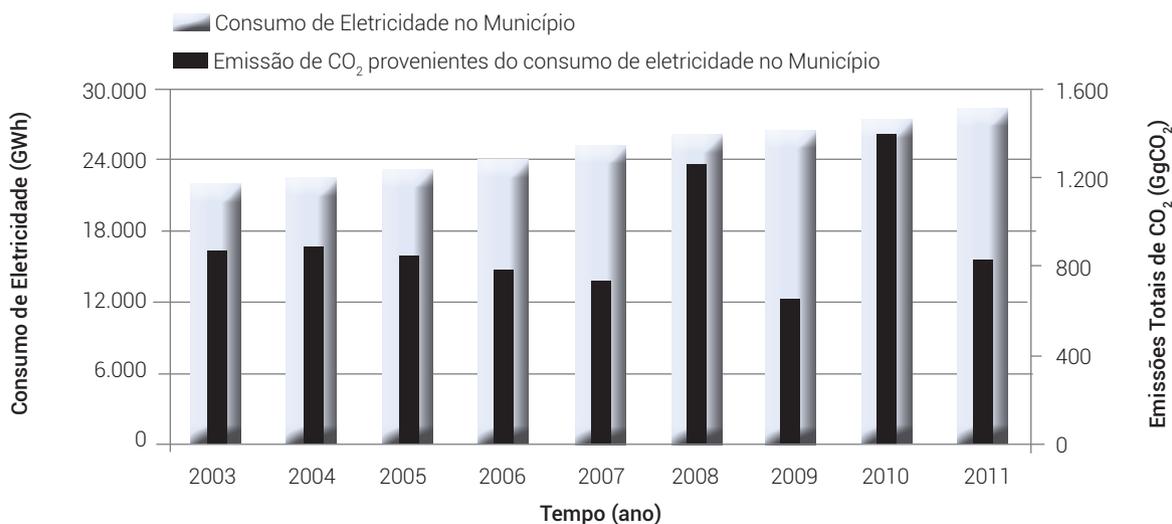
Analisando-se as emissões do setor Energia durante o período inventariado, de 2003 a 2011, verificou-se um aumento nas emissões de GEE da categoria Transportes no ano 2011, creditado principalmente ao crescimento no consumo de gasolina e diminuição do consumo de etanol hidratado no Município de São Paulo nos anos 2010 e 2011. Para demonstrar essa mudança no comportamento de utilização destes combustíveis no Município de São Paulo, as emissões e os consumos da gasolina e do etanol desde 2003 até 2011 são apresentadas na Figura 39.

Figura 39 – Emissões e consumo da gasolina e etanol



Também foi verificado que as emissões de GEE provenientes da geração da eletricidade consumida no Município de São Paulo em 2010 são maiores que em 2011. Situação semelhante foi observada em 2008, conforme dados apresentados na Tabela 50. Na Figura 40 é possível comparar os valores de consumo de eletricidade no Município de São Paulo e suas emissões de GEE para o período de 2003 a 2011.

Figura 40 – Emissões da categoria Geração de Energia Elétrica

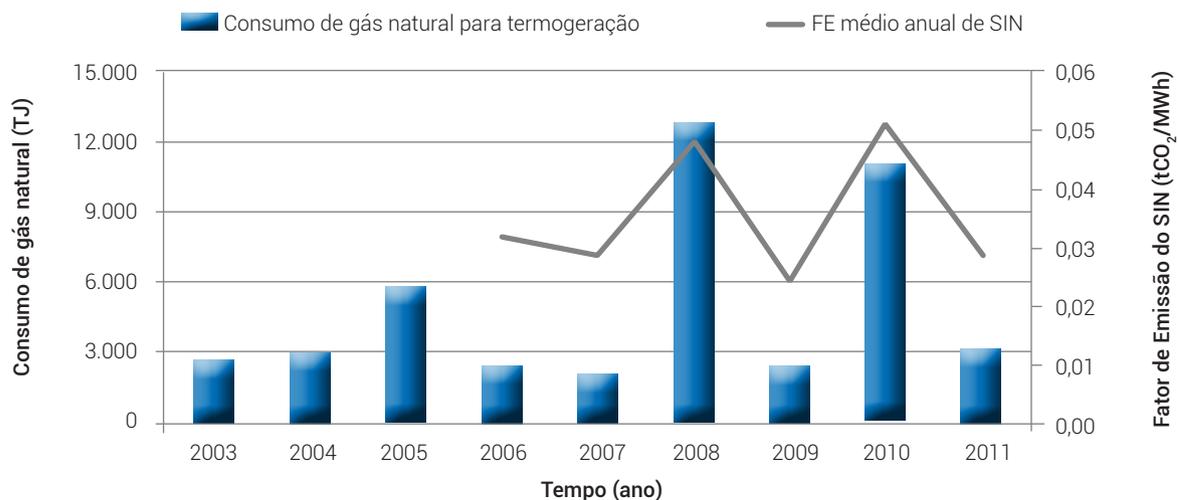


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

O consumo de eletricidade no Município de São Paulo apresentou um crescimento regular no período inventariado, porém o mesmo não ocorreu com as emissões de CO₂, que apresentaram picos nos anos 2008 e 2010, como se vê na Figura 40. Estes se devem aos elevados fatores de emissão da rede que, nos anos em questão, tiveram um aumento na geração de energia elétrica com combustíveis fósseis em usinas termoeletricas no País.

Para destacar a relação entre os fatores de emissão da rede e a geração de energia elétrica em usinas termoeletricas com consumo de combustível fóssil, pode-se verificar que nos anos em que os fatores de emissão foram mais elevados (2008 e 2010) também houve um aumento no consumo de gás natural para termogeração, combustível utilizado nas usinas termoeletricas instaladas no Município. Para ilustrar esse aumento conjunto dos fatores de emissão da rede e da participação de usinas termoeletricas na geração de eletricidade, o consumo de gás natural para termogeração no Município de São Paulo e os fatores de emissão do SIN são apresentados na Figura 41. Deve ser ressaltado que as emissões geradas pelas usinas de termogeração localizadas no Município de São Paulo que despacharam eletricidade para a rede não foram contabilizadas no resultado final do Inventário, pois estas emissões já são consideradas por meio do fator de emissão do SIN.

Figura 41 – Consumo de gás natural para termogeração nas usinas localizadas na cidade de São Paulo e fator de emissão do SIN



NOTA: OS FATORES DE EMISSÃO DO SIN NÃO ESTAVAM DISPONÍVEIS PARA OS ANOS DE 2003 A 2005.

Na Tabela 88 são apresentadas as emissões do setor Energia por GEE para os anos 2010 e 2011, em CO₂e.

Tabela 88 – Emissões do setor Energia por GEE, em CO₂e

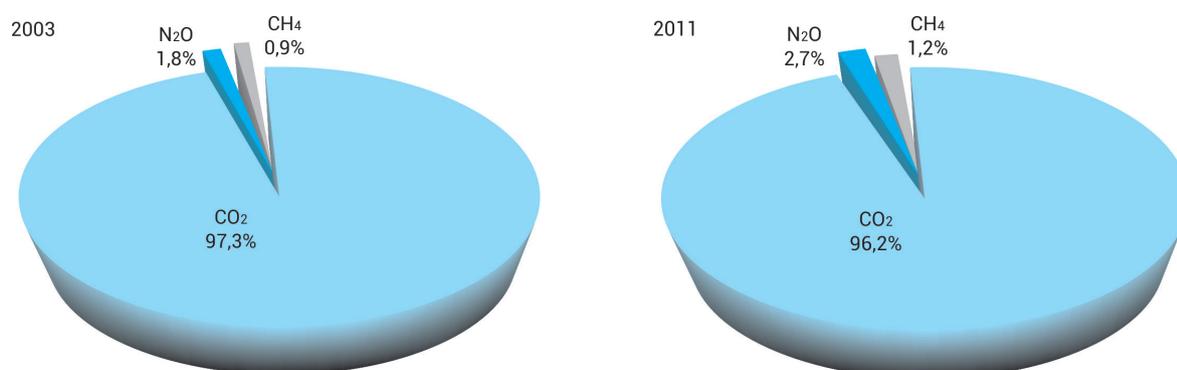
GEE	2010	2011
	(GgCO ₂ e)	
CO ₂	13.174	13.452
CH ₄	103	167
N ₂ O	365	371
Total	13.642	13.990

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Destaca-se que as emissões de CO₂ apresentadas na Tabela 88 referem-se apenas às emissões de origem fóssil. As emissões de CO₂ de origem biogênica não foram contabilizadas no total de emissões, conforme orientação do IPCC (2006).

As emissões percentuais do setor Energia por GEE para os anos 2003 e 2011 são apresentadas na Figura 42.

Figura 42 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia por GEE em 2003 e 2011



No setor Energia as emissões de CO₂ são as mais representativas, correspondendo quase à totalidade das emissões do setor. O aumento na participação das emissões de CH₄ e N₂O no setor energia deve-se principalmente ao aumento na quantidade de combustíveis consumida e mudança do perfil de consumo, que em 2010 e 2011 apresentou um aumento da participação da gasolina em relação ao etanol.

6.2. Resíduos

Para o setor Resíduos do Município de São Paulo foram quantificadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O previstas pelo IPCC (2006), que são provenientes da disposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, da incineração dos resíduos sólidos e dos efluentes líquidos.

6.2.1. Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos

As emissões de metano (CH₄) provenientes da decomposição dos resíduos sólidos do Município de São Paulo dispostos em aterros sanitários foram quantificadas adotando-se as mesmas metodologias e premissas utilizadas para determinar as emissões de GEE de 2003 a 2009.

Conforme metodologia do IPCC (2006), as emissões de metano dos resíduos depositados em aterros não ocorrem imediatamente, fazendo com que as emissões dos resíduos depositados em um determinado ano (entre o primeiro e o último dia do ano) sejam contabilizadas com início no primeiro dia do próximo ano, apresentando em média um atraso de seis meses nas emissões.

Desta forma, os dados acrescidos à série histórica do Inventário do Município de São Paulo para quantificar as emissões de 2010 e 2011, foram os dados dos anos 2009 e 2010, publicados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e apresentados na Tabela 89.

Tabela 89 – Resíduos do Município de São Paulo enviados para aterros

Resíduo	2009	2010
	(toneladas)	
Doméstico	3.662.069	3.570.975
Varição de vias	96.912	-
Podas	-	48.069

FONTE: SNIS, 2012

Do metano produzido na decomposição dos resíduos dos aterros, parte é recuperada e transformada em CO₂ ao ser queimada nas usinas geradoras de eletricidade (que são projetos de MDL) e nos queimadores abertos (*flares*). As quantidades de metano recuperado nos aterros nos anos 2010 e 2011, consideradas nos cálculos deste Inventário, são apresentadas na Tabela 90.

Tabela 90 – Metano recuperado

	2010	2011
	(tCH ₄)	
Metano destruído nos queimadores abertos	15.216	15.355
Metano destruído nas usinas de eletricidade	36.742	26.401
Total	51.958	41.756

As emissões de metano (CH₄) nos aterros, descontando o metano recuperado e o metano oxidado, são apresentadas na Tabela 91 em toneladas de CH₄.

Tabela 91 – Emissões de GEE dos aterros

	2010	2011
	(tCH ₄)	
Metano gerado [A]	152.158	153.546
Metano recuperado [B]	51.958	41.756
Metano oxidado [C=(A-B)*10%]	10.020	11.179
Emissões [D=A-B-C]	90.180	100.612
Emissões, em CO ₂ e [D'=D*21]	1.893.782	2.112.844

Da mesma forma que na contabilização entre 2003 e 2009, as parcelas dos créditos de carbono que não pertencem ao Município de São Paulo, não devem ser contabilizadas como redução de emissões, conforme apresentado no item 3.1.1. Assim, a Tabela 92 apresenta as emissões contabilizadas para este subsetor.

Tabela 92 – Emissões contabilizadas nos aterros

	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
Emissões, em CO ₂ e [D']	1.893.782	2.112.844
CER da UNFCCC [E]	14.892	5.644
CER da Biogás Ambiental S/A [F]	364.862	138.277
CER comercializados pela Prefeitura [G]	-	-
Emissões totais [H=D'+E+F+G]	2.273.536	2.256.764

Deve-se ressaltar que até o momento de fechamento deste Inventário (Abril de 2013), os CER concedidos para o projeto do aterro Bandeirantes e contabilizados neste Inventário foram até o ano 2010. Caso o aterro Bandeirantes obtenha os CER para o período de 2011 as emissões do Município de São Paulo poderão sofrer alteração.

Além da captação e destruição do metano, os projetos de MDL dos aterros Bandeirantes e São João fazem o uso deste gás como fonte de geração de eletricidade. O gás captado é queimado em motores acoplados a geradores de eletricidade. Esta atividade também gera créditos de carbono pela introdução de energia limpa à rede elétrica. Os créditos de propriedade da Prefeitura de São Paulo também incluem uma fração destes projetos.

Com o intuito de proporcionar um melhor entendimento da contabilização dos CER da geração de eletricidade, considerando que a discussão acerca dos créditos de carbono foi desenvolvida no setor Resíduos, e pela baixa relevância dos valores finais destes CER perante as emissões, os CER da geração de eletricidade em poder da Prefeitura de São Paulo, que deveriam ser reportados no setor Energia foram contabilizados nas próprias emissões do setor Resíduos, e são apresentados na Tabela 93.

Tabela 93 – Emissões contabilizadas no subsetor Disposição de Resíduos Sólidos

	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
Emissões contabilizadas nos aterros	2.273.536	2.256.764
CER da geração de eletricidade	- 20.945	- 9.409
Emissões contabilizadas	2.252.591	2.247.356

6.2.2. Subsetor Incineração

As emissões provenientes da incineração dos resíduos do Município de São Paulo foram quantificadas aplicando-se a mesma metodologia utilizada para quantificar as emissões do período de 2003 a 2009.

Conforme apresentado anteriormente, foram consideradas neste subsetor as emissões provenientes da incineração dos RSS do grupo B. A quantidade de RSS enviados para incineração em 2010 e 2011 não estavam disponíveis, sendo então considerada a média dos RSS incinerados no período de 2003 a 2009, que foi de 412 toneladas de resíduos por ano.

As emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes da incineração dos RSS são apresentadas na Tabela 94.

Tabela 94 – Emissão de GEE provenientes da incineração de resíduos em 2010 e 2011

Emissões	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
CO ₂	362,9	362,9
CH ₄	0,5	0,5
N ₂ O	7,7	7,7
Total	371,1	371,1

6.2.3. Subsetor Efluentes Líquidos

As emissões de GEE dos efluentes líquidos do Município de São Paulo foram quantificadas seguindo-se a mesma metodologia utilizada para o período de 2003 a 2009. Os dados utilizados são apresentados a seguir.

Os dados de população atendida pela rede coletora e os volumes de esgoto coletado e de esgoto tratado do Município de São Paulo são apresentados na Tabela 95 para o ano 2010.

Tabela 95 – Dados da rede coletora no Município de São Paulo

Dado	2010	Unidade
População com rede coletora	10.816.822	(Habitantes)
Esgoto Coletado	540.519	(1.000m ³ /ano)
Esgoto Tratado	405.216	(1.000m ³ /ano)

FONTE: SNIS, 2012

O perfil de esgotamento sanitário por domicílios do Município de São Paulo de 2010 foi obtido com base nas informações de atendimento da população por rede coletora (Tabela 95). As diferenças entre as porcentagens da rede coletora do Município de São Paulo e do perfil sanitário obtido no IBGE (2012) foram reduzidas proporcionalmente nos demais tipos de tratamento. Ou seja, quanto maior a abrangência da rede coletora no Município, menor a participação dos demais tipos de esgotamento. Para o ano de 2011 considerou-se que não houve alterações no perfil de esgotamento sanitário com relação a 2010. Os dados do perfil sanitário são apresentados na Tabela 96.

Tabela 96 – Perfil Sanitário do Município de São Paulo

Coleta e tratamento dos efluentes no Município			2010
Coletado	Tratado	ETEs	72,1%
Coletado	Não tratado	Rios, lagos	24,1%
Não Coletado	Tratado	Fossas sépticas	0,8%
Não Coletado	Tratado	Latrinas	1,4%
Não Coletado	Não tratado	Rios, lagos	1,6%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, ADAPTADO DE IBGE, 2012

Para determinar o perfil sanitário do Município de São Paulo por habitante foram utilizados os dados de população do Município. Em 2010 a população era de 11.253.503 habitantes e no ano de 2011 a população era de 11.316.119 habitantes (IBGE, 2012).

O valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) per capita adotado para quantificar as emissões de metano (CH₄) de 2010 e 2011 foi de 16 kgDBO/habitante, que se refere ao valor de DBO per capita do ano de 2009. Para

determinar as emissões de CH₄ que ocorrem após o tratamento nas ETEs, foi utilizada a concentração de 54 mg-DBO/l, mesmo valor observado no ano de 2009, considerando-se que o sistema de tratamento manteve a mesma eficiência.

Os valores de nitrogênio nos efluentes foram estimados com base nos dados de 2009. Para a concentração de nitrogênio afluente às ETEs foi utilizado o valor de 34 mgN/l para 2010 e de 35 mgN/l para 2011. Para a concentração de nitrogênio efluente das ETEs os valores estimados foram de 26 mgN/l tanto para 2010 quanto para 2011.

A partir dos dados apresentados foram calculadas as emissões de CH₄ dos efluentes líquidos do Município de São Paulo para os anos 2010 e 2011, apresentados na Tabela 97.

Tabela 97 – Emissões de CH₄ de Efluentes Líquidos do Município de São Paulo

Emissões de CH ₄ (tCH ₄)			2010	2011
Coletado	Tratado	ETEs	1.682	1.692
Coletado	Não tratado	Rios, lagos	2.601	2.615
Não Coletado	Tratado	Fossas sépticas	432	434
Não Coletado	Tratado	Latrinas	1.093	1.099
Não Coletado	Não tratado	Rios, lagos / solo	177	178
Coletado	Tratado	Pós-ETEs	1.313	1.313
Total das emissões de CH₄			7.298	7.331

As emissões de N₂O dos efluentes líquidos do Município de São Paulo para 2010 e 2011 são apresentadas na Tabela 98.

Tabela 98 – Emissões de N₂O de Efluentes Líquidos do Município de São Paulo

Emissões de N ₂ O	2010	2011
	(tN ₂ O)	
Efluente após tratamento em ETEs	83	83
Efluente não tratado em ETEs	39	39
Total das emissões de N₂O	122	122

As emissões totais de GEE do subsetor Efluentes Líquidos são apresentadas na Tabela 99, em CO₂e.

Tabela 99 – Emissões de GEE do subsetor Efluentes Líquidos

GEE	2010	2011
	(tCO ₂ e)	
CH ₄	153.249	153.949
N ₂ O	37.749	37.959
Total	190.998	191.907

6.2.4. Resultados do setor Resíduos

Na Tabela 100, as emissões do setor Resíduos para 2010 e 2011 são apresentadas em CO₂e pela métrica do PAG.

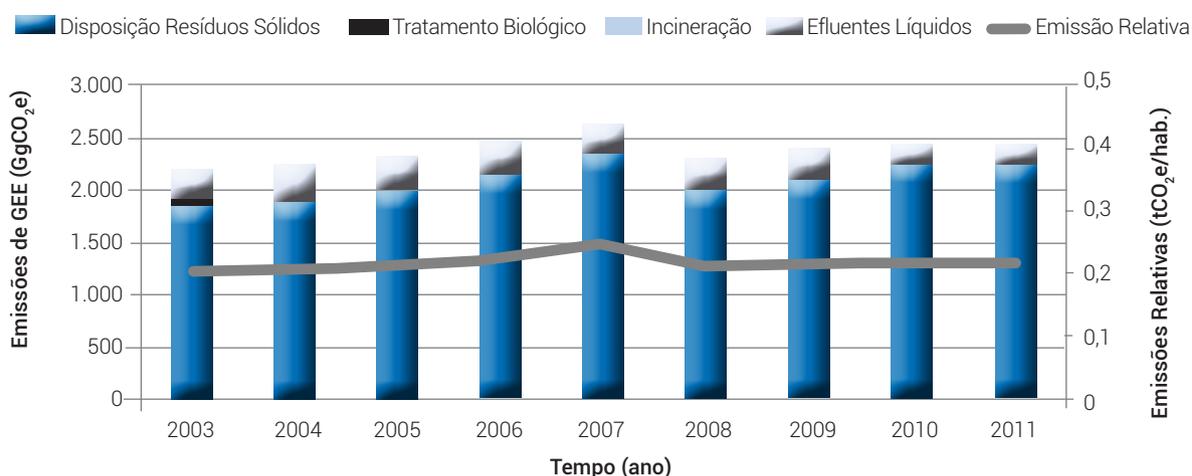
Tabela 100 – Emissões do setor Resíduos de 2010 e 2011

Subsetor	2010	2011
	(GgCO ₂ e)	
Disposição de Resíduos Sólidos	2.253	2.247
Incineração	0,4	0,4
Efluentes Líquidos	192	193
Total	2.445	2.440

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões de GEE do setor Resíduos não apresentaram grandes variações nos anos 2010 e 2011. Para ilustrar a evolução das emissões de GEE do setor Resíduos para todo o período inventariado é apresentada a Figura 43.

Figura 43 – Evolução das emissões do setor Resíduos

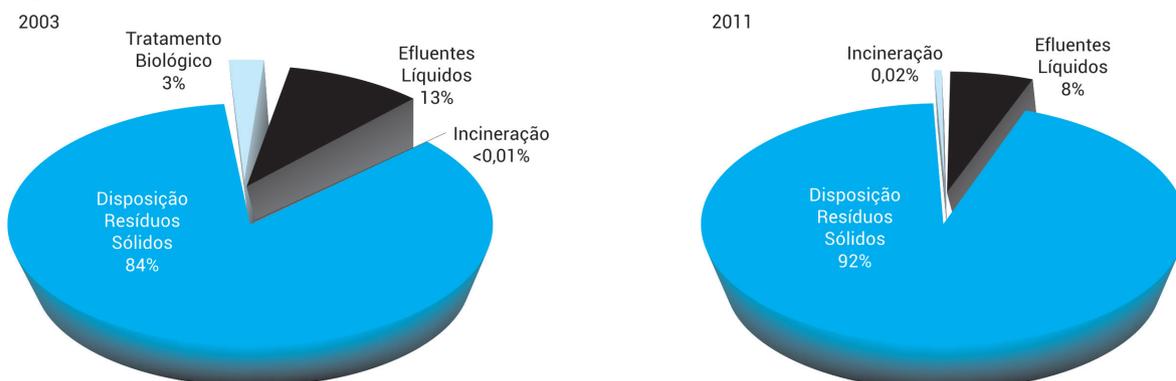


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A queda nas emissões de GEE da disposição dos resíduos sólidos para 2008 com relação a 2007 deve-se principalmente à destruição de metano nos aterros e a não comercialização dos créditos de carbono gerados por essa destruição. A partir de 2009 as emissões voltam a crescer. Este crescimento está relacionado com a disposição dos resíduos em aterros que não são do Município de São Paulo, que apesar de também destruírem metano com seus projetos de MDL e gerarem créditos de carbono por essa destruição, não podem ser consideradas como redução do Município de São Paulo, pois estes créditos não pertencem ao Município.

A participação nas emissões de GEE do setor Resíduos é apresentada na Figura 44 para os anos 2003 e 2011.

Figura 44 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por subsetor em 2003 e 2011



No Município de São Paulo, o subsetor Disposição de Resíduos Sólidos é a fonte mais significativa de emissão de GEE no setor Resíduos. O aumento da parcela de efluentes tratados em ETE e a redução gradual observada na quantidade de CH₄ destruído nos aterros Bandeirantes e São João são os principais fatores da menor participação do subsetor Efluentes e, conseqüentemente, a maior participação da Disposição de Resíduos Sólidos em 2011.

Deve-se destacar que até o fechamento deste Inventário, as reduções do aterro Bandeirantes de 2011 com o projeto MDL não haviam sido certificadas. Caso estas reduções sigam pela certificação e negociação, as emissões então reduzidas deverão ser equivalentemente somadas à quantidade de GEE emitidas pelo Município.

Na Tabela 101 são apresentadas as emissões do setor Resíduos por tipo de GEE para os anos 2010 e 2011.

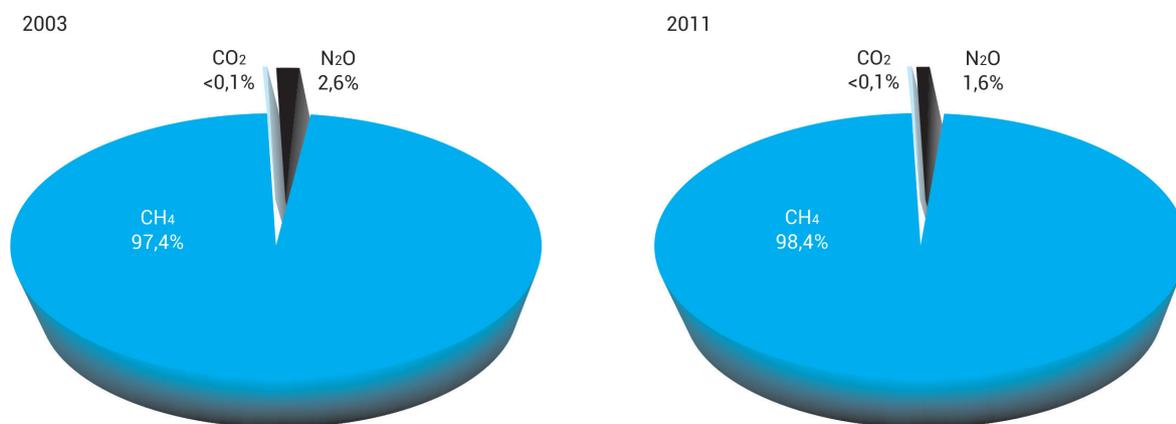
Tabela 101 – Emissões do setor Resíduos por GEE

	2010	2011
	(GgCO ₂ e)	
CO ₂	0,4	0,4
CH ₄	2.406	2.401
N ₂ O	39	39
Total	2.445	2.440

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

As emissões percentuais do setor Resíduos por tipo de GEE para os anos 2003 e 2011 são apresentados na Figura 45.

Figura 45 - Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por GEE 2003 e 2011



Devido à alta representatividade do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos no setor Resíduos, as emissões de CH₄ são as mais significativas do setor, como se vê na Figura 45.

7

Cenários de Emissão de GEE

A elaboração dos Cenários de Emissão de GEE do Município de São Paulo tem como objetivo auxiliar a tomada de decisão do governo nos planos de mitigação das mudanças climáticas, fornecendo uma perspectiva das emissões potenciais que o Município poderá apresentar nas próximas décadas.

A previsão das perspectivas de desenvolvimento do Município de São Paulo com relação à questão das mudanças climáticas para a construção de cenários de emissão é bastante difícil e incerta. Na tentativa de buscar uma sensibilidade sobre os eixos de desenvolvimento esperados para o Município nas próximas décadas, a construção dos Cenários do Município de São Paulo foi precedida pela realização de dois eventos, um seminário de dia inteiro aberto ao público (Seminário Técnico: Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo) e duas oficinas de discussão com convidados específicos. Nestas oficinas, uma de Energia e outra de Resíduos, houve a colaboração de técnicos de diversas instituições (AMLURB, ANP, CEAGESP, CEPAM, CET, CETESB, CPTM, EMAE, EMPLASA, FGV, ICLEI, Menos Lixo, Metrô, Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos, Sanquimiú, Secretaria Estadual de Saúde, SEHAB, SES, SMDU, SPTrans, SP-Urbanismo, Urbanuss, Uninove, USP e WRI), e foram levantadas as principais expectativas dos participantes sobre as ações do Município perante a questão das emissões de GEE.

Os resultados do Seminário e das Oficinas foram utilizados para delinear tendências e estabelecimento de algumas condições de contorno, enriquecendo a formulação dos Cenários. Com a definição e projeção das tendências de cada Cenário foram então quantificadas as emissões futuras de GEE do Município de São Paulo.

As projeções das emissões de GEE do Município de São Paulo foram discutidas dentro do horizonte temporal do Plano SP 2040, adotando-se três perspectivas distintas: Inercial, Pessimista e Otimista, dando origem aos três cenários apresentados:

- **Cenário Inercial:** considera-se que não haverá alteração da atual situação do Município de São Paulo com relação às ações de mitigação das emissões de GEE até 2040, sendo este cenário adotado como referência para as demais projeções;

- **Cenário Pessimista:** considera-se um panorama em que os setores público e privado passam a adotar práticas ambientais com efeito contrário à mitigação das emissões de GEE até 2040. Ou seja, considera-se o pessimismo com relação às emissões de GEE implicando em um forte aumento ao longo do tempo;
- **Cenário Otimista:** considera-se a adoção de medidas previstas no SP2040, além de outras, que implicam redução das emissões de GEE até 2040. Ou seja, neste cenário é adotada uma visão otimista em relação às emissões de GEE, que implica em menores emissões de GEE.

As premissas e considerações que dão forma aos cenários são apresentadas a seguir para cada cenário construído.

7.1. Cenário Inercial

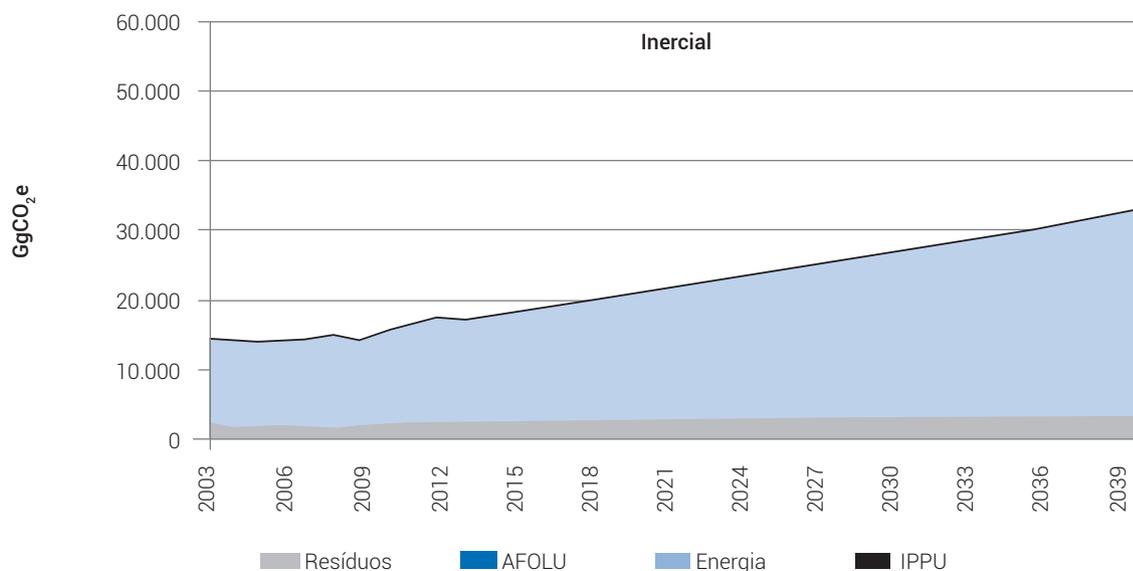
O Cenário Inercial é orientado por uma situação de continuidade das práticas atuais do Município de São Paulo com relação à gestão das emissões de GEE. Neste caso, as emissões de GEE são fortemente dependentes do crescimento populacional e econômico do Município de São Paulo, ligados ao padrão observado entre 2003 e 2009, período do 2º Inventário de Emissões de GEE do Município de São Paulo.

A situação esperada para este cenário é que os atuais tratamentos e disposição dados aos resíduos e efluentes se mantenham com diretrizes e tecnologias atuais, considerando apenas o aumento na geração de resíduos e efluentes de acordo com o crescimento da população. O mesmo se aplica para o consumo de eletricidade no Município. O panorama esperado para o consumo de combustíveis é de que apresentem um crescimento similar ao observado no período de 2003 a 2009.

Para o setor AFOLU considera-se que as emissões anuais se manterão no patamar atual. No setor IPPU, assume-se um crescimento gradual em suas emissões devido à substituição completa dos HFCs, conforme o Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.

Com base nessa previsão para o Município de São Paulo, tem-se um cenário de emissão que parte de 14 mil GgCO₂e em 2003 e alcança o patamar de 33 mil GgCO₂e em 2040, conforme Figura 46, apresentando um aumento de aproximadamente 130% em suas emissões no período.

Figura 46 – Cenário Inercial



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

7.2. Cenário Pessimista

O Cenário Pessimista é conduzido para uma situação em que os setores público e privado passam a adotar práticas ambientais com efeito contrário à mitigação das emissões de GEE. Sob o ponto de vista dos cenários de emissão, entende-se como pessimismo a adoção de medidas que gerem um maior impacto com relação às emissões de GEE, ou seja, de práticas que apresentem níveis de emissão mais elevados que os atuais, que implica em um forte aumento ao longo do tempo.

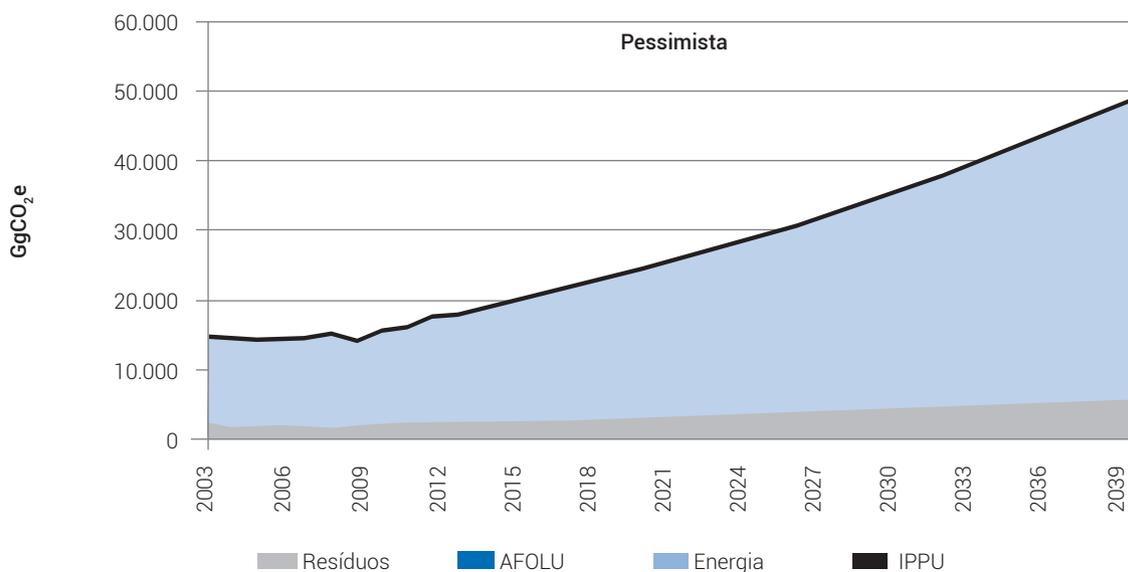
Neste Cenário, o panorama de disposição dos resíduos sólidos adotado considera que não ocorrerá mais a conversão do metano para dióxido de carbono pelo aproveitamento energético do biogás dos aterros e atrela a geração dos resíduos sólidos ao crescimento do PIB, demonstrando uma sociedade mais consumista e menos engajada com a questão ambiental. Com relação ao tratamento e despejo dos efluentes líquidos, considera-se que a taxa de tratamento se manterá nos níveis atuais.

Em relação ao setor Energia, assume-se um cenário de geração de energia elétrica mais intenso em carbono, ou seja, considera-se que a energia despachada para o SIN tenha uma maior participação de termelétricas a combustível fóssil. O consumo de eletricidade no Município é vinculado ao crescimento do PIB, o qual traduz um cenário de aumento no consumo per capita e não a um investimento em infraestrutura que demande um maior consumo de eletricidade. Consequentemente à falta de investimentos em infraestrutura, como por exemplo, relacionada à infraestrutura de transporte público, espera-se um crescimento no consumo de combustíveis.

O cenário para o setor AFOLU considera que haverá um desmatamento do Município de São Paulo a uma taxa constante. Já para o setor IPPU considerou-se um aumento nas emissões de GEE relacionado a um maior consumo de substâncias sintéticas vinculado ao crescimento na comercialização dos produtos que as utilizam.

Com base no panorama adotado, o Cenário Pessimista apresenta um crescimento de aproximadamente 245% nas emissões de GEE, partindo de 14 mil GgCO₂e em 2003 e alcançando 50 mil GgCO₂e em 2040, conforme Figura 47.

Figura 47 – Cenário Pessimista



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

7.3. Cenário Otimista

O Cenário Otimista, onde são classificadas ações que promovam a redução de emissões de GEE, é guiado principalmente pelas medidas propostas no Plano SP2040, documento de planejamento cujo objetivo é construir uma visão estratégica de longo prazo para o Município de São Paulo.

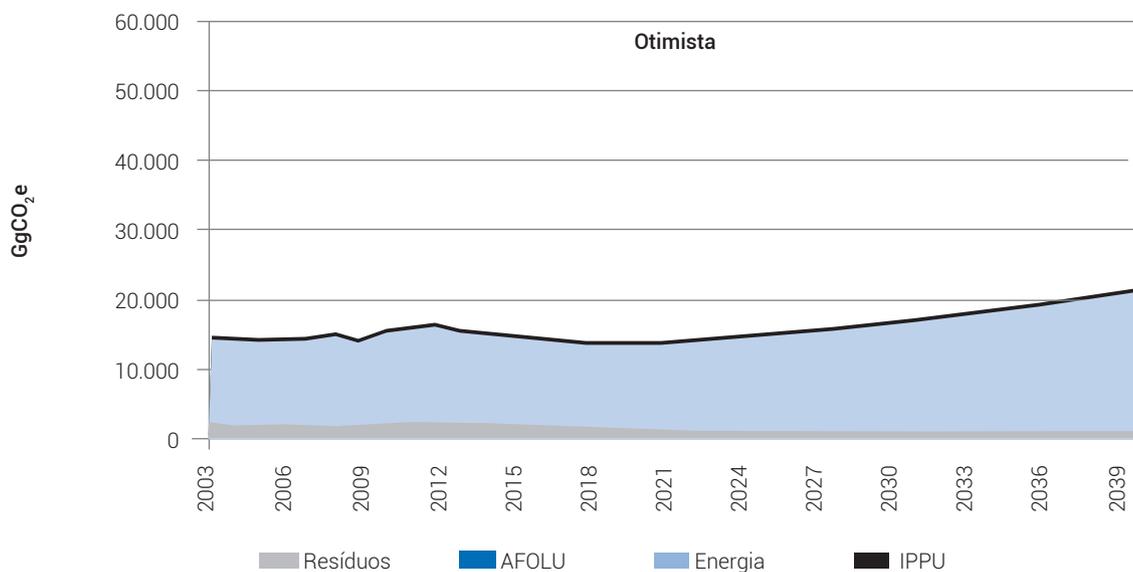
Para compor este Cenário, adota-se para a disposição dos resíduos sólidos um aumento gradativo da quantidade de resíduos tratados por compostagem e reciclagem, reduzindo o volume de resíduos enviado para aterros. Considera-se também um leve crescimento na geração de resíduos, conforme previsto no Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Para os efluentes líquidos tem-se um cenário de 100% de coleta e tratamento em ETE.

No setor Energia considera-se que haverá um avanço na geração de eletricidade por fontes renováveis, que implica uma redução dos fatores de emissão do SIN; e um aumento no consumo de eletricidade atrelado à expansão das ETEs e das linhas de metrô, monotrilho e trem. As emissões pelo consumo de combustíveis apresenta uma redução devido às ações previstas no SP2040, como a substituição do diesel utilizado no transporte público por biodiesel, a redução das viagens realizadas por meios de transportes individuais e a preferência pelo consumo de etanol ao invés de gasolina.

Para o setor AFOLU considera-se um cenário em que haverá uma absorção de carbono pelo aumento das áreas verdes no Município, previsto no SP2040. Para o Setor IPPU tem-se um panorama de crescimento nas suas emissões até o ano 2019 relacionado à total substituição das SDO e, posteriormente, uma redução devida ao surgimento de novas tecnologias que permitirão a substituição ou redução no consumo de HFCs.

A projeção das emissões de GEE do Município de São Paulo obtida para o Cenário Otimista apresenta um crescimento de aproximadamente 50%, passando de 14 mil GgCO₂e no ano 2003 para 21 mil GgCO₂e em 2040, conforme Figura 48.

Figura 48 – Cenário Otimista

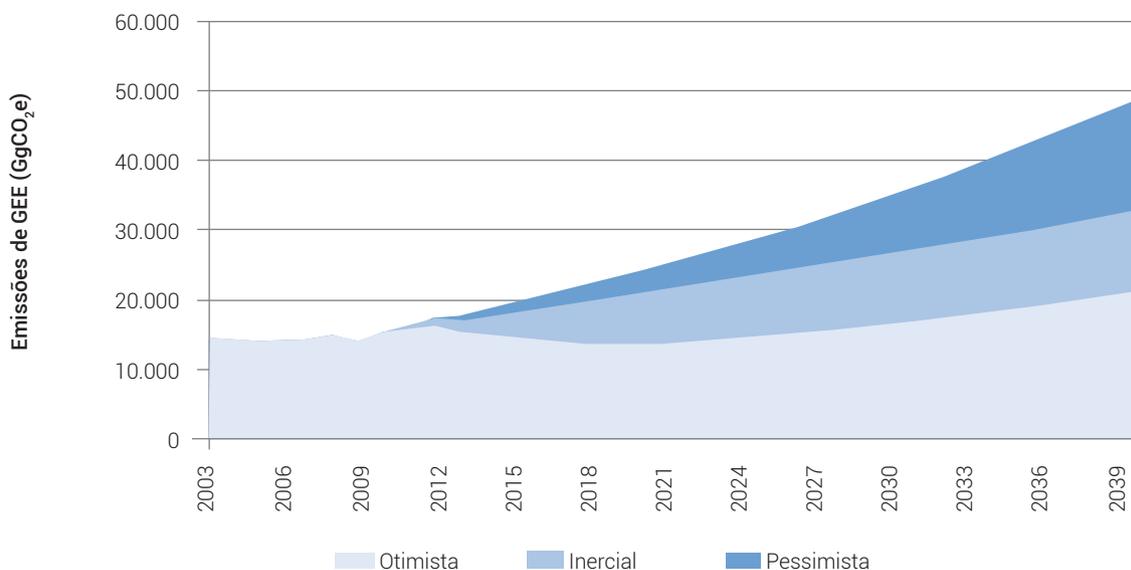


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

7.4. Considerações acerca dos Cenários de Emissão

Os três Cenários de Emissão de GEE elaborados para o Município de São Paulo são apresentados na Figura 49, podendo-se verificar uma diferença de 130% (ou 28.000 GgCO₂e) entre as emissões do Cenário Otimista para o Pessimista, projetadas para 2040. Destaca-se ainda que mesmo no Cenário Otimista as emissões do Município terão um incremento de cerca de 50% até o ano de 2040. Isto demonstra a importância de uma política pública bem estruturada para gerir as emissões de GEE do Município.

Figura 49 – Cenários de Emissão de GEE do Município de São Paulo



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Vale citar que existem ações mais incisivas para mitigar as emissões de GEE, que poderiam gerar cenários mais otimistas com relação à redução das emissões. Porém, sua aplicação depende de uma sinalização mais contundente de direcionamento de políticas públicas para redução de GEE. Para orientar as ações da Prefeitura do Município de São Paulo é necessário o estabelecimento de compromissos e planejamento de longo prazo e o desenvolvimento de um programa de comunicação ao cidadão das medidas mitigadoras em curso ou a serem implantadas.

8

Exemplos de Outras Cidades

A apresentação das estratégias adotadas por outros municípios tem como objetivos exemplificar as experiências vividas no enfrentamento das mudanças climáticas e subsidiar as futuras análises e definição dos planos de ação do Município de São Paulo.

Para isto, foram analisados os inventários de quatro cidades que apresentavam planos de redução das emissões de GEE. A escolha das cidades levou em consideração aspectos como população e localização geográfica. Os municípios selecionados foram:

- Buenos Aires;
- Cidade do México;
- Londres;
- Nova Iorque

Uma comparação dos principais números dos inventários destas cidades é apresentada na Tabela 102.

Tabela 102 – Comparação do Município de São Paulo com os quatro municípios escolhidos

	São Paulo ¹	Cidade do México ²	Buenos Aires ³	Nova Iorque ⁴	Londres ⁵
Ano inventariado	2009	2008	2008	2009	2008
Abrangência	Município de São Paulo	Cidade do México + 59 Municípios	Município de Buenos Aires	Município de Nova Iorque	Londres + 32 Municípios
População	11 milhões	20 milhões	3 milhões	8 milhões	7 milhões
Área	1.525 km ²	7.732 km ²	203 km ²	784 km ²	1.604 km ²
Densidade demográfica	7.213 hab./km ²	2.586 hab./km ²	14.778 hab./km ²	10.204 hab./km ²	4.364 hab./ km ²
Emissões de GEE per capita	1,37 tCO ₂ e/hab.	2,6 tCO ₂ e/hab.	5,2 tCO ₂ e/ hab.	6,2 tCO ₂ e/ hab.	6,4 tCO ₂ e/hab.
Emissões de GEE: Energia	81,9%	62,6%	94,1%	98,1%	100%
Emissões de GEE: Resíduos	15,6%	15,5%	5,9%	0,6%	-
Emissões de GEE: Processos Industriais e Uso de Produtos	2,4%	21,9%	-	1,3%	-
Emissões de GEE: Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra	0,1%	<0,1%	-	-	-
Emissões Totais de GEE	15.115 GgCO₂e	51.493 GgCO₂e	15.683 GgCO₂e	49.302 GgCO₂e	45.005 GgCO₂e

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

FONTE: ¹ IBGE, 2013 E GEOKLOCK, 2012

² MÉXICO, 2008; CIDADE DO MÉXICO, 2010

³ GOVERNO DA CIDADE DE BUENOS AIRES, 2009

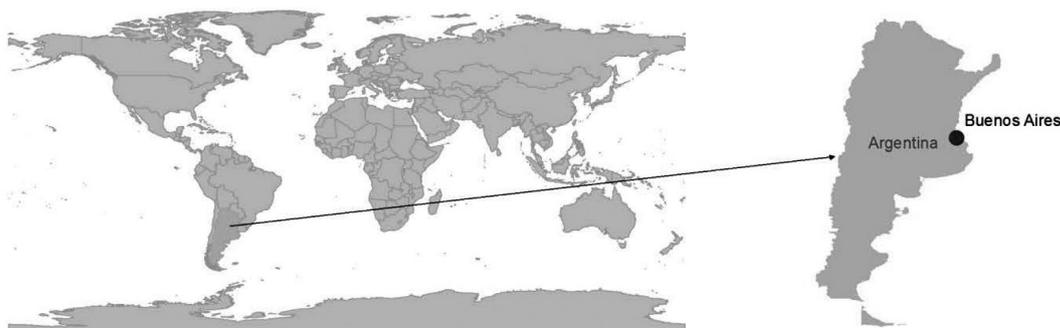
⁴ NOVA IORQUE, 2008 E 2011; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2013

⁵ GREATER LONDON AUTHORITY, 2010A E 2010B.

8.1. Buenos Aires

Localizada na Argentina, Buenos Aires é a capital do país. Com uma população de três milhões de habitantes, está inserida dentro da segunda maior área metropolitana da América do Sul, ficando atrás apenas da Região Metropolitana de São Paulo.

Figura 50 – Localização de Buenos Aires



Em seu inventário de emissões de GEE foram contabilizadas as emissões dos gases listados no Anexo A do Protocolo de Quioto⁵⁴ provenientes dos setores Energia e Resíduos. As emissões de GEE de Buenos Aires em 2008 foram da ordem de 15 mil GgCO₂e, com o setor Energia respondendo por 94% das emissões da cidade.

Lançado em 2009, o plano de ação climática de Buenos Aires define a meta de redução de emissões de GEE do município para o ano de 2030, fixada em 30% do que foi emitido em 2008. Ou seja, redução de 4.700 GgCO₂e nas emissões do ano 2030. Para o cumprimento desta meta são propostas ações voltadas para: uso de energia; meios de transporte e tratamentos dos resíduos. Os principais projetos propostos no plano de ação de Buenos Aires para redução das emissões de GEE são:

- Redução do consumo de energia pelo isolamento térmico dos edifícios (temperatura média em Buenos Aires varia entre 7°C e 15°C no inverno, e entre 20°C e 30°C no verão) e substituição por equipamentos energeticamente mais eficientes, tanto para o setor público quanto para o privado;
- Uso de energia renováveis
- Substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis alternativos nos meios de transporte;
- Incentivo do uso de meios de transporte públicos ou não motorizados;
- Destruição do metano gerado nos aterros;
- Reciclagem dos resíduos.

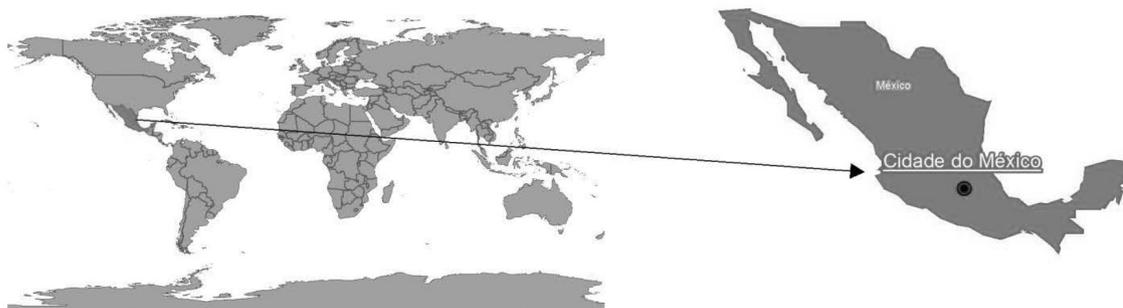
Caso todos os projetos previstos no plano de ação climática sejam implantados dentro do cronograma proposto, o município de Buenos Aires terá reduzido cinco mil GgCO₂e no ano de 2030, cumprindo a meta estabelecida.

⁵⁴ GEE Anexo A do Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF₆)

8.2. Cidade do México

A Zona Metropolitana do Vale do México (ZMVM) localizada no Estado do México é formada pela Cidade do México e mais 59 municípios. É a região metropolitana que possui a maior população do país, com 19,7 milhões de habitantes em 2008; e uma das mais populosas do mundo.

Figura 51- Localização da Zona Metropolitana do Vale do México



Os gases contabilizados em seu inventário de emissões de GEE foram o CO_2 , CH_4 e N_2O provenientes dos setores Energia, Resíduos, Processos Industriais e Uso da Terra.

O Inventário de emissões de GEE e carbono negro⁵⁵ da ZMVM apresentam as estimativas das emissões para o ano de 2008, reportando a emissão de 51.493 Gg CO_2 e pela ZMVM. Esse montante de emissão corresponde a 7,2% das emissões nacionais de GEE. Apresenta ainda que, das emissões da ZMVM, 61% referem-se às emissões da Cidade do México.

O inventário faz parte do "Programa de Acción Climática 2008-2012", que integra as principais ações do governo da Cidade do México para reduzir as emissões de GEE e para promover a mitigação das mudanças climáticas, fornecendo a base técnica para tais ações. A meta de redução estabelecida é de sete mil Gg CO_2 e no período entre 2008 e 2012, sendo propostas iniciativas de mitigação com maior ênfase em resíduos e transporte. As principais iniciativas de redução das emissões de GEE da Cidade do México são:

- Incentivo ao uso de meios de transporte públicos ou não motorizados;
- Utilização de combustíveis renováveis pelos meios de transportes;
- Restrição da circulação de veículos na Cidade do México;
- Aproveitamento energético do biogás do aterro Bordo Poniente;
- Reciclagem dos resíduos;
- Uso racional da água e melhorias nos processos de tratamento de esgoto;
- Melhoria da eficiência energética nos edifícios e nas instalações do metrô;
- Incentivo ao uso de energia solar;
- Conservação e recuperação das áreas de conservação por meio de reflorestamento.

⁵⁵ O inventário da ZMVM reporta separadamente as emissões para carbono negro, ou fuligem, o qual é definido como a fração de material particulado que absorve luz, nos quais se encontram carbono orgânico, carbono elementar e o íon carbonato (CO_3^{2-}). Tem como origem as combustões incompletas. Não é considerado um GEE, porém, o inventário referencia que o carbono negro está relacionado com o aquecimento global devido às suas propriedades físico-químicas, tempo de residência e distribuição de suas emissões na atmosfera.

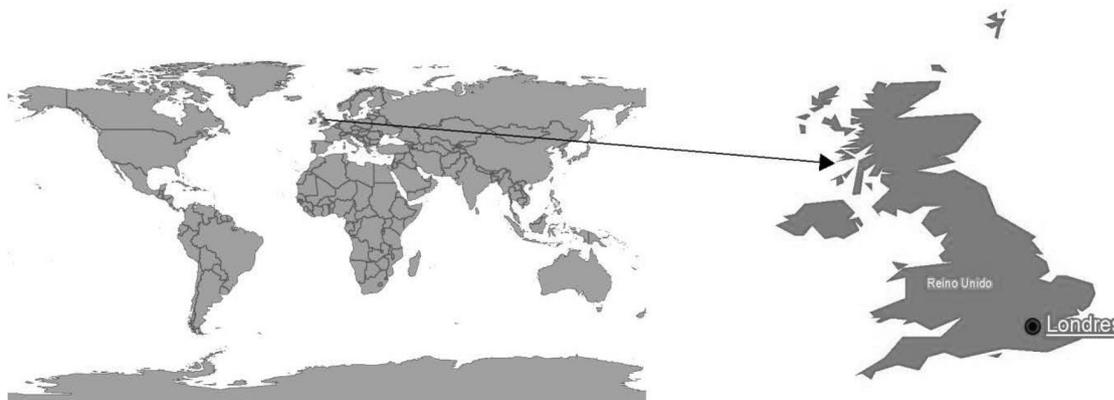
No período 2008-2012 a redução nas emissões de GEE da Cidade do México totalizaram aproximadamente 7.700 GgCO₂e. Com esta quantia, a Cidade do México cumpre a meta estabelecida em 2008, de reduzir sete mil GgCO₂e no período estabelecido (CIDADE DO MÉXICO, 2012b).

Analisando-se as iniciativas propostas para reduzir as emissões de GEE na Cidade do México pode se concluir que os projetos foram claramente definidos e que a evolução desses projetos é de fácil verificação. Porém, o curto espaço de tempo foi um fator limitante para a adaptação e implantação de melhorias na qualidade do sistema viário e de coleta dos resíduos que dessem devido suporte às medidas de redução de GEE.

8.3 Londres

A Região Metropolitana de Londres é a maior região metropolitana do país, com aproximadamente sete milhões de habitantes em 2008.

Figura 52 – Localização do Município de Londres



As emissões de GEE da cidade de Londres são contabilizadas no London Energy and Greenhouse Gas Inventory (LEGGI), que reporta as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O do consumo energético da Região Metropolitana de Londres. Em 2008, a emissão reportada para a Região Metropolitana de Londres foi de 45 mil GgCO₂e. A cidade de Londres responde por aproximadamente 3% dessas emissões.

A Região Metropolitana de Londres tem como meta reduzir 60% das emissões de GEE até 2025, com relação aos níveis de 1990. As estratégias de redução das emissões consistem em ações focadas nas construções, nos transportes e na economia verde. Estas ações são listadas no "Mayor's Transport Strategy" e "The London Plan", apresentados respectivamente em 2010 e 2011. Vale citar que durante a realização deste estudo não foi encontrada a publicação de um relatório de acompanhamento da meta.

As principais ações apresentadas pela Região Metropolitana de Londres para redução das emissões de GEE são:

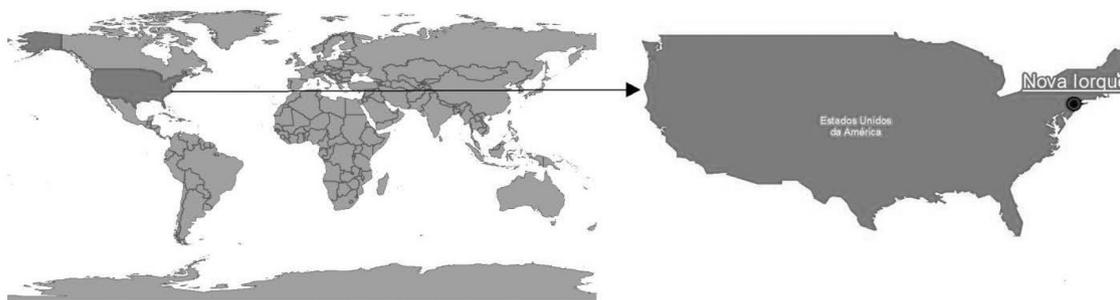
- Exploração da energia proveniente dos resíduos;
- Desenvolvimento de tecnologias mais eficientes na geração de energia de baixo carbono;
- Melhoria da eficiência operacional dos transportes com redução das emissões de GEE desnecessárias;
- Apoio ao desenvolvimento e o uso de veículos, tecnologias e energia de baixo carbono;

- Investimentos em modos de transporte de baixo carbono, de forma a convencer a população a se deslocar por caminhada, ciclismo e transporte público e difundir o uso de transporte de carga por ferrovias e hidrovias.

De acordo com as projeções feitas no "Mayor's Transport Strategy", a redução nas emissões de GEE será de quase 6.500 GgCO₂e em 2025, comparando-se com as emissões que ocorreriam caso nenhuma ação fosse tomada até este mesmo ano. Isto demonstra a importância das ações nos transportes de Londres para o cumprimento da meta de redução de emissões de GEE estipulada.

8.4. Nova Iorque

A cidade de Nova Iorque, localizada na costa leste dos Estados Unidos, pertencente ao Estado de mesmo nome. A cidade é dividida em cinco distritos e atualmente é a cidade mais populosa do País, com oito milhões de habitantes em 2009.



No inventário de Nova Iorque foram contabilizadas as emissões de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs e SF₆ dos setores Energia, Resíduos e Processos Industriais. O total de emissões reportados no ano de 2009 foi de 49 mil GgCO₂e.

A meta da cidade de Nova Iorque é reduzir 30% de suas emissões até o ano de 2017 com base nas emissões de 2006. Para atingir a meta estabelecida são propostas ações em quatro frentes: construções eficientes; fornecimento de energia limpa; transporte sustentável; resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões fugitivas. As principais ações são listadas a seguir:

- Regulamentação de construções sustentáveis;
- Melhorias na eficiência energética dos prédios (temperatura média da cidade de Nova Iorque varia entre -3°C e 4°C no inverno, e entre 20°C e 30°C no verão);
- Induzir e encorajar o desenvolvimento de geração de energia renovável;
- Viabilizar o transporte sustentável, expandindo e melhorando o transporte público, promovendo o uso de bicicletas, facilitando o uso de veículos elétricos e promovendo o uso compartilhado dos carros;
- Reutilizar e reciclar os resíduos.

Por considerar a sua meta de redução ambiciosa, a cidade de Nova Iorque elabora anualmente seu inventário de emissões de GEE para verificar a tendência das emissões e a eficiência das ações de redução já implantadas.

8.5. Metas de Emissão

Dos municípios analisados, apenas a Cidade do México já atingiu o prazo estabelecido na meta de redução e, de acordo com seu relatório de acompanhamento, cumpriu sua meta com êxito.

Os demais municípios analisados ainda se encontram em fase de implantação dos projetos de redução das emissões e preveem a elaboração de relatórios periódicos de acompanhamento de suas metas. Isto é bastante importante para verificar o progresso da implantação dos projetos e para definir medidas que devem ser priorizadas e ou repensadas.



Ensaio de emissões dos corpos d'água do Município

Os rios e reservatórios de água são fontes potenciais de emissões antrópicas de GEE. Por isto, conhecer melhor a dinâmica destes corpos hídricos e as suas emissões auxilia no embasamento das decisões que os envolvem, como políticas de saneamento, hídricas, energéticas e climáticas. Como há pouco conhecimento disponível sobre o assunto, o Município de São Paulo optou por realizar, neste Inventário, um ensaio de medição das emissões e remoções de GEE de seus principais corpos d'água, de modo a ter informações concretas iniciais sobre o padrão de emissão que neles ocorre.

Devido à complexidade dos sistemas hídricos, apenas recentemente foi definida uma metodologia de medição e contabilização de GEE nos reservatórios. A Associação Internacional de Hidroelétricas (IHA⁵⁶) e a Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO⁵⁷), visando aprofundar o conhecimento sobre os impactos dos reservatórios nas emissões naturais de GEE e os processos envolvidos, desenvolveram o Projeto de Pesquisa dos GEE de Reservatórios de Água Doce (IHA, 2010). A partir deste projeto, a IHA elaborou um guia para orientar como devem ser feitas as medições nos reservatórios, o qual apresenta desde dados e equipamentos necessários para as medições até como abranger a variabilidade temporal e espacial nas campanhas de amostragem dos reservatórios. Este guia permite a padronização dos resultados e a comparação com medições de outras localidades.

⁵⁶ IHA sigla em inglês do termo *International Hydropower Association*

⁵⁷ UNESCO sigla em inglês do termo *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organização Cultural, Científica e Educacional das Nações Unidas)

Segundo IHA (2010), as medições dos fluxos de GEE na superfície de áreas alagadas tem mostrado que as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O podem ocorrer em níveis significativos para os inventários de emissões de GEE. As medições de emissões e remoções destes três gases foram realizadas nos principais corpos hídricos do Município de São Paulo por um dos colaboradores do guia elaborado pela IHA e UNESCO, o Prof. Bohdan Matvienko Sikar e equipe, seguindo a metodologia citada.

O CO₂ e o CH₄ gerado nos reservatórios são provenientes do carbono existente na matéria orgânica produzida ou carregada para o reservatório e da decomposição da matéria orgânica das plantas e do solo inundados pelo reservatório. A geração de CO₂ ocorre na coluna d'água e no sedimento tanto em condições aeróbias quanto anaeróbias, e parte deste dióxido de carbono gerado é consumida pelos produtores primários na zona fótica⁵⁸ do reservatório. Já o metano é produzido apenas em condições anaeróbias e uma parte deste gás é oxidada pelas bactérias metanotróficas (IHA, 2010).

Há também a geração de N₂O nos reservatórios pelos processos de nitrificação e denitrificação. As fontes de nitrogênio podem ser tanto de processos naturais quanto de atividades antrópicas. O N₂O é formado como subproduto intermediário dos processos de nitrificação e denitrificação, que ocorrem principalmente na interface sedimento-água, mas que podem, também, ocorrer em colunas de água ricas em matéria orgânica. Há indicativos de que a contribuição do N₂O nas emissões de GEE ocorre numa faixa de 0 a 30% em áreas tropicais (Guérin apud IHA, 2010).

No ensaio realizado foram consideradas duas vias de emissões desses GEE: (1) difusiva e (2) ebulitiva.

1. A **emissão difusiva**, também chamada emanação, depende do gradiente de concentração dos gases entre a camada superficial da água e a atmosfera. O vento e a chuva podem interferir nesse processo. A ocorrência deste tipo de emissão é prevista em toda a superfície do reservatório (IHA, 2010).
2. A **emissão ebulitiva** é a emissão por bolhas que se dá a partir dos gases gerados no sedimento do reservatório e que inicialmente ficam dissolvidas na água intersticial. Os gases menos solúveis, como o metano, agregam-se em bolhas que podem crescer até se desprenderem do sedimento. Então sobem espontaneamente até a superfície, liberando seu conteúdo para a atmosfera. Em profundidades mais elevadas (maiores que 10 metros), as bolhas tendem a se dissolver antes de chegarem até a superfície, por isso as emissões ebulitivas ocorrem principalmente em partes pouco profundas da represa (IHA, 2010).

Nos reservatórios construídos pelo homem, define-se como emissão antrópica (ou líquida) o impacto nas emissões de GEE devido à criação destes reservatórios. Como não é possível medir diretamente esse impacto, considera-se a emissão antrópica como sendo a emissão medida nos reservatórios menos as emissões que ocorriam naturalmente na área inundada antes da construção do reservatório.

Nos reservatórios também ocorre a sedimentação de carbono, considerada como um sumidouro deste elemento. Por outro lado, pesquisas realizadas no Brasil e na Finlândia demonstraram que 89% do carbono fresco sedimentado diariamente retorna para a coluna d'água em forma de CO₂ e CH₄. Os sedimentos dos reservatórios são compostos por solo pré-inundação e por materiais assentados após a inundação e apresentam uma distribuição espacial bastante heterogênea (IHA, 2010).

O conhecimento de alguns parâmetros que influenciam nos processos de emissão dos gases auxilia na predição do comportamento do reservatório e de suas emissões. Alguns dos parâmetros chave que controlam as taxas de emissão são: a concentração de oxigênio dissolvido, a temperatura da água, a matéria orgânica armazenada na água e no sedimento, a biomassa, a estratificação do reservatório, entre outros. Também são importantes os parâmetros que influenciam as trocas gasosas entre a atmosfera e o reservatório: velocidade do vento, precipitação e temperatura da água, entre outros (IHA, 2010).

O monitoramento dos reservatórios deve compreender, ainda, a variabilidade espacial e temporal. Para isso, a determinação dos pontos de monitoramento deve considerar o formato do reservatório, o número de afluentes e o grau de precisão e confiabilidade que se deseja. Os intervalos de amostragem devem ser ajustados com base nas características temporais do local, visando incluir a variação diária, sazonal e anual das emissões, ponderando-se

58 Faixa que recebe a luz natural.

o custo-benefício dessa abrangência temporal. A frequência de amostragem também deve considerar a idade dos reservatórios.

9.1. Campanha de medição

Os corpos hídricos selecionados para a verificação das contribuições de emissões de GEE foram as represas Billings e Guarapiranga e os rios Pinheiros, Tamanduateí e Tietê, principais corpos hídricos do Município.

Para abranger a variabilidade temporal das emissões dos corpos hídricos foram realizadas duas campanhas de medição para as represas e duas para os rios, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Campanhas de medição

Campanha	Data
Represas – Período Chuvoso	13 e 14 de fevereiro de 2012
Represas – Período Seco	17 e 18 de julho de 2012
Rios – Período Intermediário	08 e 09 de maio de 2012
Rios – Monitoramento mensal	Fevereiro a Setembro de 2012

Na campanha de medições referente aos períodos chuvoso e seco realizado nos reservatórios do Município de São Paulo foram medidas as emissões ebulitivas, as emissões difusivas e o carbono sedimentado nos reservatórios, além de dados de temperatura, profundidade e velocidade do vento.

A campanha dos rios foi realizada no mês de maio e, em paralelo, para verificar o comportamento ao longo do ano, foi realizado um monitoramento mensal de dois pontos do rio Tietê entre fevereiro e setembro, por meio de medições da concentração de CO₂ e CH₄ na água. Esta é uma forma de medir indiretamente a emissão destes gases.

Os pontos de monitoramento foram distribuídos de forma que retratassem as diferentes regiões e os principais processos de cada corpo hídrico, sendo considerados os seguintes critérios: a entrada do afluente principal do reservatório e dos demais afluentes; o eixo longitudinal do reservatório e a barragem do reservatório. Para os rios, os pontos de monitoramento foram baseados em critérios análogos.

Os pontos amostrados e as medições realizadas são apresentados na Figura 54 para a represa Billings, na Figura 55 para a represa Guarapiranga e na Figura 56 para a os rios.

Figura 54 – Represa Billings

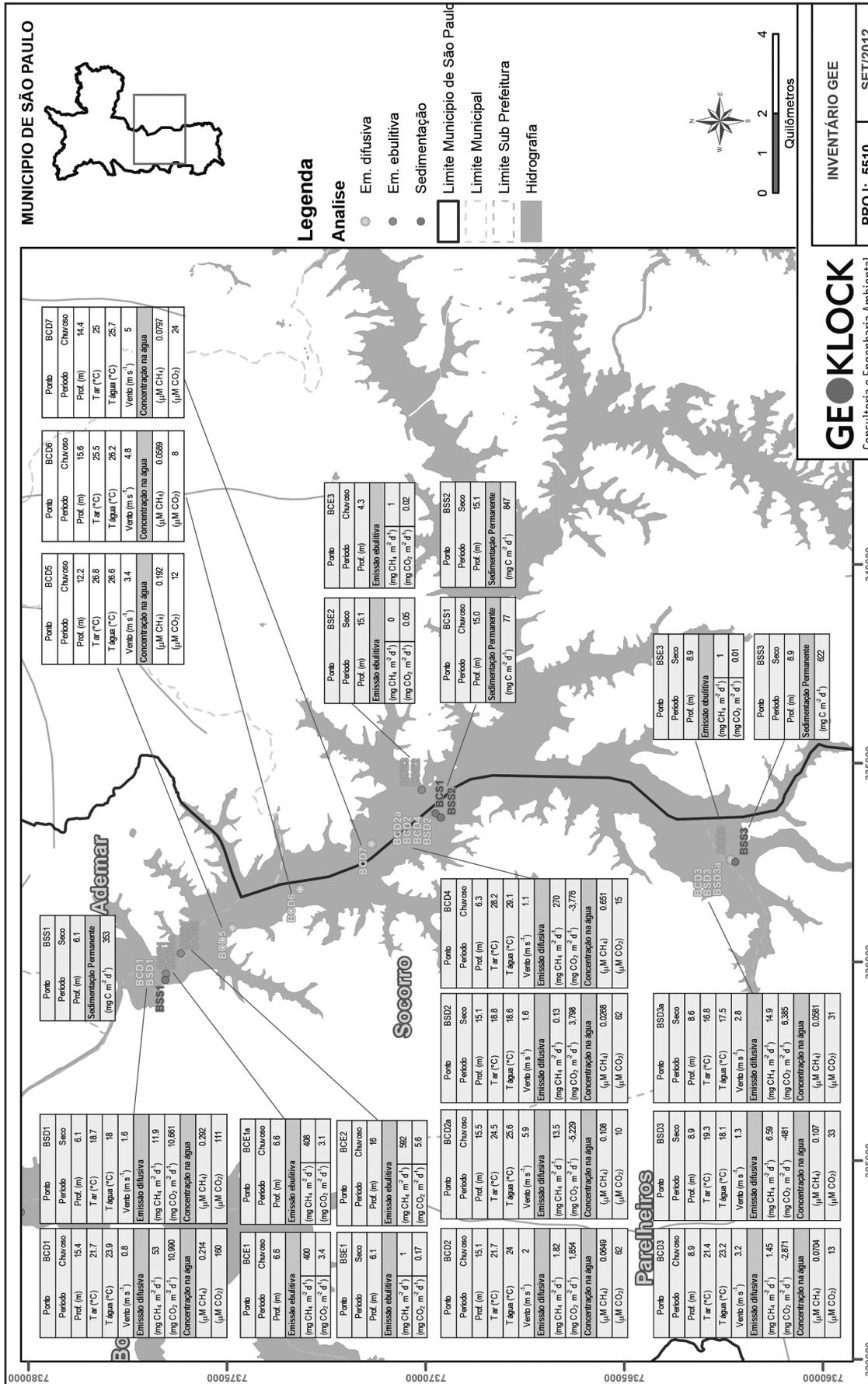
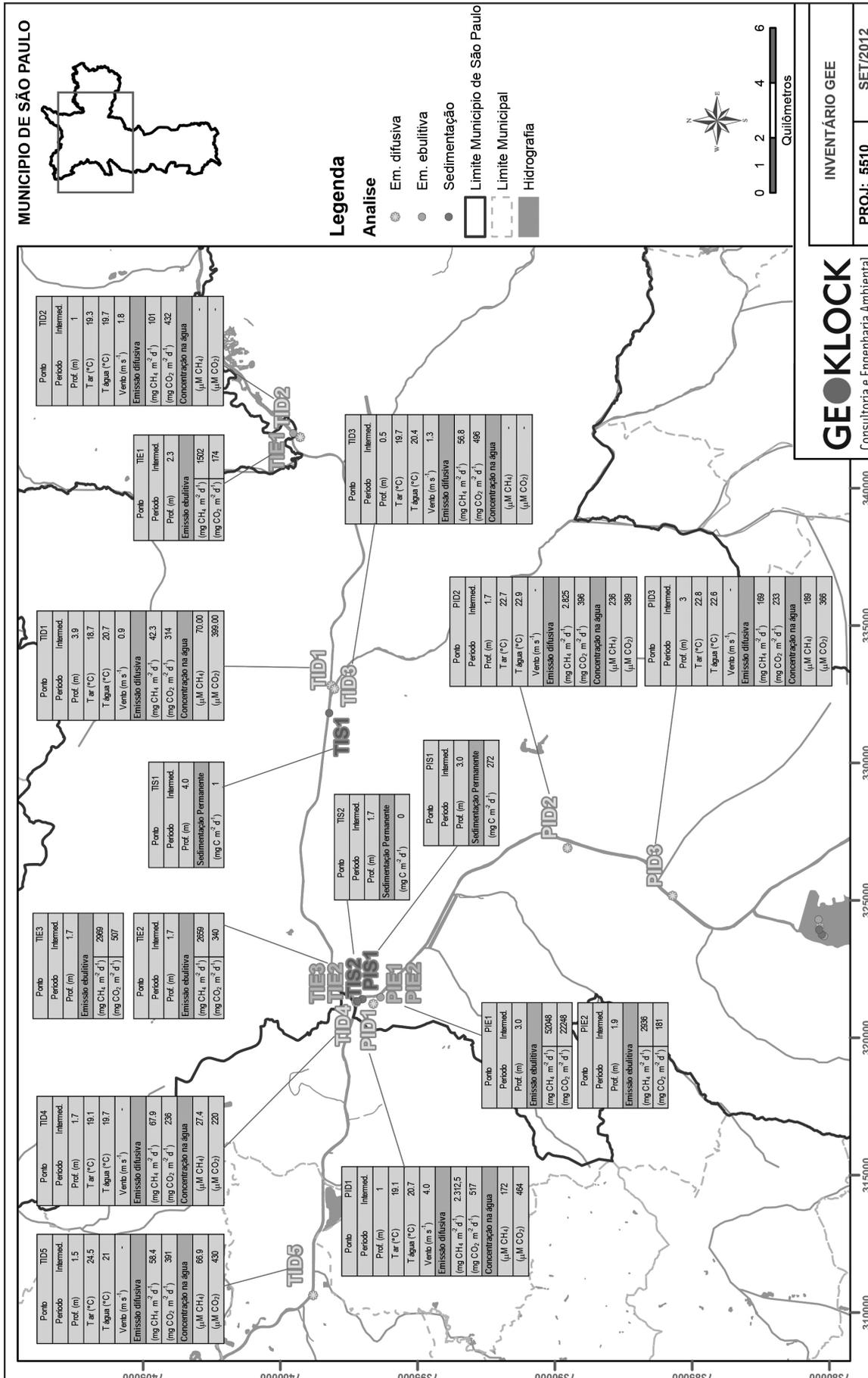


Figura 56 - Rios



9.2. Resultados

9.2.1. Balanço das campanhas de medição

Com base nos resultados analíticos das campanhas de medição dos principais corpos hídricos do Município de São Paulo e na área de seu espelho d'água foram obtidas as emissões brutas dos corpos hídricos, consideradas para o ano de 2012, apresentadas na Tabela 103.

Tabela 103 – Emissões difusivas e ebulitivas dos corpos hídricos

Emissão	unidade	Billings	Guarapiranga	Pinheiros	Tamanduateí	Tietê
Difusiva	(tCH ₄ /ano)	215	141	30.559	102	513
	(tCO ₂ /ano)	33.454	73.138	14.243	2.452	7.874
	(tN ₂ O /ano)	5	22	49	0,2	1
Ebulitiva	(tCH ₄ /ano)	3.650	2	19.427	-	1.156
	(tCO ₂ /ano)	30	1	7.925	-	148
	(tN ₂ O /ano)	19	0,4	10	-	2

As emissões líquidas, ou antrópicas, não podem ser determinadas já que para isto deveriam ter sido realizadas medições antes da modificação antrópica da área inundada. Porém, acredita-se que as emissões de GEE dos corpos hídricos analisados, principalmente dos rios, sejam em sua maioria devidas às atividades humanas.

A sedimentação de carbono permanente dos corpos hídricos do estudo é apresentada na Tabela 104.

Tabela 104 – Sedimentação de carbono permanente

	unidade	Billings	Guarapiranga	Pinheiros	Tamanduateí	Tietê
Sedimentação	(tC/ano)	8.805	2.212	191.837	-	212

Para determinar as emissões finais de carbono dos corpos hídricos foram consideradas as quantidades de carbono sedimentado e de carbono que é emitido na forma de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) pelas vias de emissão difusiva e ebulitiva. Para determinar a quantidade de carbono que foi emitido como metano utilizou-se o fator 12/16, que equivale à massa de um mol de carbono sobre a massa de um mol de metano. O mesmo foi feito para determinar a massa de carbono emitido na forma de dióxido de carbono, aplicando-se o fator 12/44. Na Tabela 105 são apresentadas as emissões finais de carbono dos corpos hídricos, obtidas somando as emissões de carbono da via difusiva e da via ebulitiva e subtraindo o carbono sedimentado. Os valores estão apresentados no equivalente ao elemento carbono, representado por "Ceq".

Tabela 105 – Emissões finais de carbono dos corpos hídricos

Emissão		Billings	Guarapiranga	Pinheiros	Tamanduateí	Tietê
		(tCeq /ano)				
Difusiva	CH ₄	161	106	22.919	77	385
	CO ₂	9.124	19.947	3.885	669	2.147
	total	9.285	20.052	26.803	745	2.532
Ebulitiva	CH ₄	2.737	2	14.570	-	867
	CO ₂	8	<1	2.161	-	40
	total	2.745	2	16.732	-	907
Sedimentação		-8.805	-2.212	-191.837	-	-212
Emissão Líquida		3.225	17.843	-148.302	745	3.228

NOTA: SINAL NEGATIVO INDICA REMOÇÃO DE CARBONO NO CORPO HÍDRICO

9.2.2. Emissões de GEE

Para verificar a contribuição das emissões de GEE dos corpos hídricos, foram considerados os PAG de cada gás, bem como a superfície de cada um dos corpos d'água pesquisados. Deve-se ressaltar que as emissões de CO₂ não foram consideradas no total de emissões de GEE por serem de origem biogênica, conforme diretrizes do IPCC (2006), sendo apresentadas apenas como informação. As emissões totais de GEE dos corpos hídricos analisados são apresentadas na Tabela 106.

Tabela 106 – Emissões de GEE dos corpos hídricos

Emissão	GEE	Billings	Guarapiranga	Pinheiros	Tamanduateí	Tietê	
		t CO ₂ e					
Difusiva	CH ₄	4.509	2.961	641.729	2.145	10.782	
	CO ₂	33.454	73.138	14.243	2.452	7.874	
	N ₂ O	1.510	6.714	15.308	57	284	
	total	6.019	9.675	657.037	2.202	11.066	
Ebulitiva	CH ₄	76.645	52	407.973	-	24.275	
	CO ₂	30	1	7.925	-	148	
	N ₂ O	5.985	137	3.045	-	539	
	total	82.630	189	411.018	-	24.814	
Emissões GEE		total	88.650	9.864	1.068.055	2.202	35.880

Para efeito de comparação das emissões de GEE e do carbono que é sedimentado nos corpos hídricos, considerou-se que o carbono sedimentado seria equivalente ao carbono do dióxido de carbono (CO₂). Desta forma, transformou-se a massa de carbono sedimentado para massa de CO₂, multiplicando-se a massa sedimentada por 44/12. Então, o balanço entre as emissões de GEE e a quantidade de carbono sedimentado para cada corpo hídrico é apresentado na Tabela 107.

Tabela 107 – Emissões finais em GEE

Emissão	Billings	Guarapiranga	Pinheiros	Tamanduateí	Tietê	Total
	(GgCO ₂ e)					
Emissão GEE	89	10	1.068	2	36	1.205
Sedimentação	-32	-8	-703	-	-1	-744
TOTAL	57	2	365	2	35	461

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Como pode ser observado na Tabela 107, mesmo considerando-se uma sedimentação equivalente para os GEE, os corpos hídricos analisados contribuiriam com aproximadamente 460 GgCO₂e.

O rio Pinheiros apresenta uma característica de sumidouro quando analisado com relação à quantidade de carbono (absorção). Ao mesmo tempo, ao analisar a sua contribuição com relação aos GEE verifica-se uma emissão bastante significativa se comparada com as emissões do subsetor Efluentes Líquidos (193 Gg CO₂e, em 2011).

9.3. Discussão

Os resultados obtidos das campanhas apontam a ordem de grandeza das emissões dos corpos hídricos, conforme objetivo deste trabalho. Entretanto, os resultados devem ser utilizados com cautela. A quantidade de variáveis é extensa e as extrapolações temporal e espacial adotadas são simplistas, caracterizando um modelo sujeito a uma margem de incerteza muito grande.

As medições indiretas realizadas no rio Tietê permitiram identificar uma necessidade maior de dados e medições para a efetiva possibilidade de modelagem da geração e remoção de GEE do rio. Entretanto, a tendência esperada de aumento da concentração de CO₂ e CH₄ na água com a redução das chuvas, foi verificada.

O rio Pinheiros se destacou pelas elevadas emissões de GEE registradas e também pelas taxas de sedimentação, quando comparado aos outros corpos d'água. Por se tratar de um rio praticamente sem correnteza, o processo de degradação anaeróbio das cargas orgânicas disponíveis no rio é favorecido, gerando elevadas quantidades de metano e gás carbônico. A sedimentação também pode ser influenciada por esta característica. Com o rio sem movimento, a sedimentação de carbono é mais propícia. No rio Tietê, a sedimentação medida foi bem menor que no rio Pinheiros, o que pode estar relacionado com o regime de maior turbulência das águas correntes do rio Tietê.

A represa Billings apresentou uma taxa de emissão de metano maior que a Guarapiranga e uma menor taxa de emissão de gás carbônico. Estes fatos podem estar relacionados com uma maior poluição da água da Billings, que recebe ocasionalmente as águas poluídas do rio Pinheiros.

As incertezas relacionadas com as emissões de GEE dos corpos hídricos são inúmeras e pouco mensuráveis. A principal incerteza está relacionada com a grande variação das emissões dos corpos hídricos. Conforme observado nas amostragens realizadas as emissões de GEE em diferentes pontos da represa podem variar bastante. Mesmo comparando as emissões de um mesmo ponto da represa, estas podem sofrer variações expressivas de um dia para o outro. Esta variação está relacionada com a complexa dinâmica dos reservatórios, que depende de diversas condições climáticas, ambientais e sociais.

Outro ponto de incerteza está relacionado com as dimensões dos corpos hídricos. As áreas dos espelhos d'água, principalmente dos reservatórios, sofrem alterações no regime hídrico ao longo do ano, alterando suas dimensões. Além disso, também há a incerteza relacionada ao relevo submerso dos reservatórios, que apresenta característica diferente de uma reta, como adotado no método da pirâmide invertida. A extrapolação das emissões a partir de análises pontuais é uma relevante fonte de incerteza, exigindo maior número de amostragens ao longo do ano.

Ainda existem as incertezas dos equipamentos de coleta de amostras e a incerteza dos equipamentos de análise, que também contribuem com as incertezas totais.

Das emissões de metano provenientes dos efluentes líquidos do Município de São Paulo apresentadas neste Inventário, parte é gerada nos tratamentos realizados e parte é gerada nos corpos hídricos, conforme a metodologia adotada. A parcela emitida pelos corpos hídricos em 2011 é de aproximadamente 56% (4,1 mil toneladas de metano anuais). Esta parcela de emissões calculada pode ser comparada às emissões medidas nos corpos hídricos. Entretanto, as emissões resultantes das campanhas de amostragem dos corpos hídricos são da ordem de 55,7 mil toneladas de metano por ano (emissões difusivas e ebulitivas). O valor obtido é cerca de dez vezes maior que o montante previsto pela metodologia do IPCC (2006). Esta grande diferença entre os valores obtidos pode ser influenciado por diversas circunstâncias, como a contribuição de outros municípios na carga orgânica dos corpos hídricos amostrados no trecho dentro do Município de São Paulo, o arraste de cargas orgânicas do solo devido ao sistema de drenagem naturais ou não dos corpos d'água, a parcela de matéria orgânica acumulada ao longo dos anos nos sedimentos que retornam na forma de GEE após a decomposição, lançamentos clandestinos de efluentes, etc.

No entanto, os valores apurados nas campanhas de medição mostram, pela dimensão que atingiram, que o assunto precisará ser melhor investigado.

10

Lições aprendidas

O caminho percorrido durante a elaboração do Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito de Efeito Estufa 2003 - 2009, com ampliação para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos, proporcionou o conhecimento das emissões de GEE do Município de São Paulo e um aprendizado sobre as questões que as permeiam, como por exemplo, a metodologia adotada, a relevância na contabilização dos gases e setores considerados, as dificuldades no levantamento de dados e pontos que merecem ser refinados.

Por ser largamente conhecida e utilizada, optou-se por adotar a metodologia proposta pelo IPCC (2006) para a quantificação das emissões do Município de São Paulo, que permite comparar as emissões do Município com outros locais que também utilizaram essa metodologia para quantificar suas emissões.

Uma desvantagem observada na utilização desta metodologia, desenvolvida para âmbitos nacionais, é a necessidade de alguns ajustes para adequá-la à esfera municipal. Com a necessidade dos Municípios de conhecer e contabilizar suas emissões, foram criadas algumas metodologias próprias para cidades, como a proposta pelo ICLEI⁶⁹. Atualmente ainda não há um consenso sobre a aplicação de uma metodologia para inventários municipais, mas já existe um esforço para definir uma metodologia de contabilização própria para municípios e concretizar a sua adoção em uma esfera internacional. Esta circunstância se reflete na adoção de metas de emissão para Municípios, pois os esforços para atingir as metas frequentemente são afetados por decisões que estão fora da esfera de competência municipal. No caso do Município de São Paulo, o alto fator de emissão do SIN em 2008, quando várias termelétricas foram ativadas, fez com que as emissões do Município subissem expressivamente.

Inventariar as emissões de um município permite conhecer essas emissões, identificar os principais setores e gases envolvidos e melhorar a gestão no local de emissão. No caso do Município de São Paulo, verificou-se que os setores Energia e Resíduos representam mais de 95% das emissões e, conseqüentemente, sobressaem as emissões de CO₂ e CH₄, principais gases dos setores Energia e Resíduos, respectivamente. Este perfil evidencia os setores que devem ter maior atenção.

69 ICLEI: associação internacional de cidades voltada para questões de meio ambiente, denominada *Local Governments for Sustainability*.

Este Inventário adotou uma abordagem *top-down*⁶⁰ na quantificação das emissões. A falta de informações específicas impossibilita a quantificação pela abordagem *bottom-up*⁶¹, com melhor detalhamento. Sugere-se como refinamento nas próximas contabilizações de emissões, especialmente para o setor Energia, a estruturação de uma base de dados que viabilize a quantificação das emissões por abordagem *bottom-up*, que pode agregar uma maior sensibilidade ao inventário e evidenciar oportunidades de redução de emissões.

Durante o período de construção do Inventário do Município identificou-se a falta de informações que possibilitassem realizar o inventário das emissões da própria administração da cidade, a Prefeitura, que poderia indicar pontos de melhoria na gestão das emissões relacionadas diretamente com suas operações. É necessário que os órgãos da Prefeitura organizem seus arquivos de modo a formar séries históricas que permitam a construção de informações. Assim, o conhecimento por elas proporcionado permitirá o desenvolvimento de processo decisório mais próximo da realidade e potencialmente mais eficaz. Futuramente, sugere-se um esforço especial de levantamento de informações da gestão da Prefeitura que permita elaborar periodicamente um inventário de emissões próprio.

Uma das referências adotadas neste inventário foi a lei municipal 14.933/09 que trata da redução das emissões de GEE na cidade de São Paulo e prevê uma redução de 30% das emissões no ano 2012 com relação ao ano 2003. O que se verifica neste período é um aumento de emissões, que só não foi maior devido à participação do etanol na composição do combustível utilizado na frota de veículos da cidade, adoção de veículos bicombustíveis e, em parte do período analisado, preço favorável do etanol face ao preço da gasolina. Para que a cidade cumpra com a legislação em vigor, serão necessários esforços no sentido de reduzir os impactos causados fundamentalmente pelo setor Energia, secundado pelo setor Resíduos, os principais emissores de GEE no Município.

Particularmente no setor Energia, se não houver uma expressiva mudança nas políticas públicas, com a incorporação do enfrentamento das mudanças climáticas em seus princípios, o atual padrão de emissões manter-se-á. Destaca-se, nesse sentido, a política de mobilidade e a de parcelamento do uso e ocupação do solo (com distâncias casa – trabalho excessivas em função da concentração espacial de empregos), pois aquelas políticas hoje vigentes resultam no grande consumo de combustíveis fósseis.

As possíveis estratégias de redução são semelhantes às adotadas nas cidades usadas para efeito comparativo (Buenos Aires; Cidade do México; Londres e Nova Iorque), requerendo apenas algumas adaptações.

As estratégias podem ser agrupadas em 3 grandes setores complementares e não excludentes entre si, através de programas com extensão, profundidade e capacidade de perenização diferentes, são eles:

- **Programas indutivos** – Como o programa de incentivo ao uso de meios de transporte público ou não motorizado da Cidade do México ou o programa de apoio ao desenvolvimento e uso de veículos, tecnologias e energia de baixo carbono de Londres;
- **Programas coercitivos** – Como é o caso da restrição de circulação de parte da frota de veículos na cidade de São Paulo ou a regulamentação de construções sustentáveis de Nova Iorque;
- **Programas educacionais** – Como o trabalho realizado na cidade de Nova Iorque voltado para a mudança do comportamento público, onde se destaca a campanha TURN IT OFF. Esta campanha é um apelo para que os motoristas desliguem os motores quando parados no trânsito, indicando que a desnecessária marcha lenta pode causar asma, câncer, doenças do coração, além de contribuir para o aquecimento global (SÃO PAULO (Município), 2012a).

Uma das dificuldades encontradas durante a elaboração do Inventário foi a grande defasagem temporal das informações obtidas, publicadas há um ano ou mais. Para que o inventário funcione como uma ferramenta de acompanhamento das metas de emissões, há necessidade de quantificar anualmente as emissões do Município.

⁶⁰ Chama-se abordagem *top down* aquela que adota a informação agregada do todo do universo considerado como base de cálculo.

⁶¹ Chama-se abordagem *bottom up* aquela que parte do detalhe de cada elemento do universo considerado como base informacional de cálculo do todo.

Neste caso, os dados devem ser disponibilizados no início do ano subsequente e a elaboração do inventário seja concluída até meados daquele ano.

Para aprimorar os Inventários futuros, é necessária a criação de uma prática de registro, controle e sistematização de dados e informações capaz de originar séries históricas que subsidiem a definição de políticas públicas. Durante a execução deste Inventário deparou-se com várias lacunas de informação. Entre elas, como exemplo, são apontadas:

1. Dados sobre a quantidade de extintores de incêndio por tipo de agente extintor utilizado, o que impossibilitou a quantificação das emissões desse segmento. No entanto, o IPCC (2006) observa que essas emissões, em geral, são pouco significativas;
2. Tipo e quantidade das substâncias utilizadas em equipamentos de ar condicionado estacionários, os quais são considerados de confidencialidade comercial, assim como diversas outras informações importantes para o setor IPPU. É importante notar que a contabilidade do uso das substâncias substitutas às SDO pode ser relevante para o Inventário do Município, uma vez que o PAG dessas substâncias é bastante elevado;
3. Dados sobre o consumo de fertilizantes, cal e ureia, além de informações sobre o manejo dos dejetos da criação pecuária no setor AFOLU;
4. Quantidade de resíduos industriais incinerados e a quantidade e tipos de tratamento de efluentes industriais tratados nas próprias indústrias;
5. Dados de operação dos aterros Caieiras e Pedreira que permitam refinar os cálculos de emissões dos resíduos dispostos em aterros (setor Resíduos);
6. Informações da frota de embarcações e trens para refinar as emissões pelo consumo de combustíveis desses meios de transporte (setor Energia), e mesmo do consumo de gases refrigerantes para os sistemas de ar condicionado desses veículos (setor IPPU);
7. Fatores nacionais de emissão de CH₄ e N₂O na geração de energia elétrica (setor Energia).
8. Tipo e quantidade de unidades geradoras de energia elétrica autônomas e isoladas, como, por exemplo, em shopping centers, indústrias, hospitais, etc.

Como sugestão de melhoria em relação às emissões dos corpos hídricos, sugere-se um aprofundamento no estudo dessas emissões para maior compreensão de sua contribuição para as emissões de GEE do Município de São Paulo. Para isto, recomenda-se que os parâmetros sejam monitorados com maior frequência, de pelo menos uma vez por mês para um modelamento robusto. Ainda, no caso dos rios, parâmetros de carga orgânica e demais emissões com frequência diária poderão ser monitorados, avaliando, por exemplo, questões relativas ao comportamento diurno e noturno, vazão e eutrofização.

Referências Bibliográficas

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010. Rio de Janeiro: ANP, 2010. Disponível em: <[HTTP://www.anp.gov.br/?pg=58351&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1339703281976](http://www.anp.gov.br/?pg=58351&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1339703281976)> Acesso em: 07/05/2012.

BRASIL. Resolução CIMA nº 37. Consumo de parafina do Município de São Paulo de 2003 a 2009. (via e-mail). Mensagem recebida em 25/06/2012b.

_____. Dados de vendas de combustíveis no município de São Paulo no período de 2003 a 2005. (via e-mail) 2012a.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Histórico de metas para a inflação no Brasil. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/Pec/metas/TabelaMetaseResultados.pdf>>. Acesso em: 26/10/12

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal: Comunicação Inicial do Brasil. Brasília: MCTI, 2002. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf>. Acesso em: 17/05/13.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up. Brasília: MCTI, 2010

_____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: MME : EPE, 2007a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em: 12/03/2013.

_____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. Brasília: MME : EPE, 2012. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: 12/03/2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Eliminação Gradual de CFCs – PNC. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/_arquivos/pnc.pdf>. Acesso em: 03/05/2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657>. Acesso em: 25/06/2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs – PBH. Brasília: MMA, 2011. Disponível em: <<http://50.56.103.129:8080/sites/1200/1221/00000212.pdf>>. Acesso em: 03/05/2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Proteção da Camada de Ozônio no Brasil: 1990 a 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/publicacoes/628.pdf>>. Acesso em: 03/05/12.

_____. Resolução conjunta ANP/INMETRO nº 1, de 10 de junho de 2013. Publicado em 12 de junho de 2013 no DOU. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001995.pdf>>. Acesso em: 03/07/2013.

_____. Resolução CIMA nº 28, de 22 de janeiro de 2003. Publicado em 24 de janeiro de 2003 no DOU. 2003a. Disponível em <www.fecombustiveis.org.br> Acesso em 12/04/2012.

_____. Resolução CIMA nº 30, de 15 de maio de 2003. Publicado em 27 de maio de 2003 no DOU. 2003b. Disponível em <www.fecombustiveis.org.br> Acesso em 12/04/2012.

_____. Resolução CIMA nº 35, de 22 de fevereiro de 2006. Publicado em 23 de fevereiro de 2006 no DOU. 2006a. Disponível em <www.fecombustiveis.org.br>. Acesso em 12/04/2012.

_____. Resolução CIMA nº 36, de 31 de outubro de 2006. Publicado em 10 de novembro de 2006 no DOU. 2006b. Disponível em <www.fecombustiveis.org.br>. Acesso em 12/04/2012.

BRASIL. Resolução CIMA nº 37, de 27 de junho de 2007. Publicado em 28 de junho de 2007 no DOU. 2007b. Disponível em <www.fecombustiveis.org.br>. Acesso em 12/04/2012.

_____. Resolução CNPE nº 2, de 13 de março de 2008. Publicado em 14 de março de 2008 no DOU. 2008.

_____. Resolução CNPE nº 2, de 27 de abril de 2009. Publicado em 18 de maio de 2009 no DOU. 2009.

C40 SÃO PAULO SUMMIT. Aterro São João e Bandeirantes. 2011. Disponível em: <http://www.c40saopaulosummit.com/site/conteudo/index.php?in_secao=36&lang=1&in_conteudo=1> Acesso em 19/12/2011.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012. São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/ar/emissoes/relatorio-2012.pdf>> Acesso em: 06/08/2013.

_____. Inventário de Emissões Atmosféricas dos Gases de Efeito Estufa associados aos Processos Industriais do Setor de Vidro no Estado de São Paulo, 1990 a 2008. São Paulo: Cetesb, 2010.

_____. Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo: Comunicação estadual. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 2011.

CHADE, J. Estudo prevê Brasil como o 4º PIB mundial em 2050. Jornal o Estado de São Paulo. São Paulo, 07 jan. 2011. Disponível em <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia-brasil,estudo-preve-o-brasil-como-o-4-pib-mundial-em-2050,50225,0.htm>>. Acesso em: 15/03/2013.

CIDADE DO MÉXICO. Governo do Distrito Federal. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbón negro de la ZMVM 2008. Cidade do México, 2010. Disponível em: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/2008ie_gei/2008ie_gei.pdf>. Acesso em: 12/04/2013.

_____. Governo do Distrito Federal. Mexico City Climate Action Program 2008-2012: Summary. Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal, Cidade do México, 2008. Disponível em: <http://www.mexicocityexperience.com/documents/climate_change.pdf>. Acesso em: 23/07/2012.

_____. Governo do Distrito Federal. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012. Cidade do México, 2012a. Disponível em: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/paccm_27ago2012.pdf>. Acesso em: 23/07/2012.

_____. Governo do Distrito Federal. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012: Informe Final 2012. Cidade do México, 2012b. Disponível em: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/paccm_27ago2012.pdf>. Acesso em: 04/01/2012.

COMGÁS – Companhia de Gás de São Paulo. Dados de operação da COMGÁS, em resposta ao ofício nº 032-SVMA-DEPLAN-1-2012-COMGAS. São Paulo, 2012.

CORCORAN, KATHERINE. Mexico Bordo Poniente Landfill Closed, City Fighting Trash Pileup. The Huffington Post. Estados Unidos, 13 jan. 2012. Disponível em: <http://www.huffingtonpost.com/2012/01/13/mexico-bordo-poniente-landfill_n_1205575.html> Acesso em: 28/07/2012.

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO DE SÃO FRANCISCO. Strategies to Address Greenhouse Gas Emissions. São Francisco, 2010.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Meio Ambiente. Fontes Agrícolas de Metano. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog:::86>> Acesso em 02/07/2012

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional de 2006: Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2011

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. A gestão de resíduos no ambiente hospitalar. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/agencianoticias/2010/03/31/ambiente_hospitalar_gestao_tecnologias.pdf> Acesso em 02/01/2012.

GALLUCCI, MARIA. Is Mexico City's "Plan Verde" a Model for Latin America?. Reuter. Estados Unidos, 12 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.reuters.com/article/2010/11/12/idUS195420425220101112>> Acesso em: 28/07/2012.

GHG PROTOCOL. GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/ghg-uncertainty.pdf>>. Acesso em 11/06/2012.

GOVERNO DA CIDADE DE BUENOS AIRES. Infografia. Disponível em <http://www.buenosaires.gob.ar/areas/com_social/home_nuevo/info_bsas.php?menu_id=18079>. Acesso em: 06/05/2013.

_____. Plan de Acción contra el Cambio Climático 2030. Agência de Proteção Ambiental, Buenos Aires, 2009. Disponível em: <http://www.agenciaambiental.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/pacc.php?menu_id=32408> Acesso em: 19/07/2012.

GREATER LONDON AUTHORITY. London Energy and Greenhouse Gas Inventory 2008: Borough Summary. Londres, 2010a. Disponível em: <<http://data.london.gov.uk/datastore/package/leggi-2008>>. Acesso em: 21/10/2011

_____. London Energy and Greenhouse Gas Inventory 2008 Methodology Manual. Londres, 2010b. Disponível em: <<http://data.london.gov.uk/datastore/package/leggi-2008-database>> acesso em: 21/10/2011.

GREATER LONDON AUTHORITY. Mayor's Transport Strategy. Londres, 2010c. Disponível em: <<http://www.london.gov.uk/priorities/transport/publications/mayors-transport-strategy>>. Acesso em: 15/04/2013.

_____. The London Plan: Spatial Development Strategy for Greater London. Londres, 2011. Disponível em: <<http://www.london.gov.uk/priorities/planning/publications/the-london-plan>>. Acesso em: 15/04/2013.

ICLEI – Local Governments for Sustainability. Mexico City's Green Plan: EcoMobility in motion. Germany, 2010. Disponível em: <http://www.ecomobility.org/fileadmin/template/project_templates/ecomobility/files/Publications/CS_Mexico_city.pdf>. Acesso em: 23/07/2012.

IMT – INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA. Relatório de Referência – Processos Industriais e Uso de Produtos: Emissões de CFCs no Setor de Aerossóis. São Paulo: Cetesb, 2011a.

_____. Relatório de Referência – Processos Industriais e Uso de Produtos: Emissões de GEE no Setor de Espumas. São Paulo: Cetesb, 2011b.

_____. Relatório de Referência – Processos Industriais e Uso de Produtos: Emissões no Setor de Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo: Cetesb, 2011c.

INTERNATIONAL HIDROPOWER ASSOCIATION – IHA. GHG measurement guidelines for freshwater reservoirs. Londres, 2010.

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/2006gl/index.html>> Acesso em 21/10/2011.

_____. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm> Acesso em: 11/06/2012.

ABLP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. Resíduos de serviços de saúde exigem tratamentos específicos. Disponível em: <<http://www.ablp.org.br/conteudo/noticias.php?pag=integra&cod=213>> Acesso em 02/01/2012.

METRÔ. Consumo de gases de efeito estufa. (via e-mail). São Paulo, 2012.

MÉXICO. Conselho Nacional de População. La Situación Demográfica de México 2008. Cidade do México, 2008. Disponível em: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2008>. Acesso em: 03/05/2013.

NOVA IORQUE (Cidade). Demographic and Housing Estimates. Nova Iorque, 2008. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/dcp/pdf/census/boro_demo_08to10_acs.pdf>. Acesso em: 06/05/2013.

_____. PlaNYC. Nova Iorque, 2011. Disponível em: <http://nytelecom.vo.llnwd.net/o15/agencies/planyc2030/pdf/planyc_2011_planyc_full_report.pdf>. Acesso em: 15/04/2013.

_____. Inventory of New York City Greenhouse Gas Emissions. Nova Iorque, 2012. Disponível em: <http://nytelecom.vo.llnwd.net/o15/agencies/planyc2030/pdf/greenhousegas_2012.pdf>. Acesso em: 25/06/2013.

PROTOCOLO DE QUIOTO. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf>. Acesso em 25/06/2012.

SANTOS, M.A.; ROSA, L.P.; SIKAR, B.; SIKAR, E e SANTOS, E.O.S. Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. 2006, p. 481-488. DOI: 10.1016/j.enpol.2004.06.015.

SANTOS, M.A.; ROSA, L.P.; MATVIENKO, BOHDAN; SANTOS, E.O.; ROCHA, C.H.E.D.; SIKAR, ELIZABETH; SILVA, M.B.; JUNIOR, A.M.P.B. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em <dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2880904> Acesso em 30/03/2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2006. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo, 2007.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2007. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo, 2008.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2008. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo, 2009.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2009. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo, 2010.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2010. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Energia, 2011.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2011. Secretaria de Saneamento e Energia, São Paulo, 2012.

_____. Secretaria de Saneamento e Energia. Balanço Energético do Estado de São Paulo 2011: ano Base 2010. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Energia, 2011b.

SÃO PAULO (Município). LIMPURB – Departamento de Limpeza Urbana. Relatório Anual de Resíduos 1978. São Paulo, 1979.

_____. LIMPURB Gestão dos Resíduos Sólidos na Cidade de São Paulo. 2011.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1979. São Paulo, 1980.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1980. São Paulo, 1981.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1981. São Paulo, 1982.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1982. São Paulo, 1983.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1983. São Paulo, 1984.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1984. São Paulo, 1985.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1985. São Paulo, 1986.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1986. São Paulo, 1987.

_____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1987. São Paulo, 1988.

- SÃO PAULO (Município). LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1988. São Paulo, 1989.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1989. São Paulo, 1990.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1990. São Paulo, 1991.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1991. São Paulo, 1992.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1992. São Paulo, 1993.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1993. São Paulo, 1994.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1994. São Paulo, 1995.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1995. São Paulo, 1996.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1996. São Paulo, 1997.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1997. São Paulo, 1998.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1998. São Paulo, 1999.
- _____. LIMPURB. Relatório Anual de Resíduos 1999. São Paulo, 2000.
- _____. LIMPURB. Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo. Disponível em: <http://www.fecomercio.com.br/arquivos/arquivo/Limpurb%20-%20Sistema%20de%20Limpeza%20Urbana%20do%20Munic%C3%ADpio%20de%20S%C3%A3o%20Paulo_3yz4oafia0.pdf> Acesso em 02/01/2012.
- _____. Queima de gás metano no Aterro São João combate a poluição na Cidade. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=16584> Acesso em 19/12/2011.
- _____. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Construindo Cidades Sustentáveis. São Paulo: SMDU : USP, 2012a. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/c40_cidades-sustentaveis_22x26_1359741170.pdf>. Acesso em: 06/06/2013.
- _____. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. SP 2040: a cidade que queremos. São Paulo: SMDU, 2012b. Disponível em: <<http://habisp.inf.br/theke/documentos/outros/sp2040-acidadequequeremos/>>. Acesso em 06/06/2013.
- _____. Secretaria de Serviços. Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. São Paulo, 2011.
- SIKAR, E.; SANTOS, M.A.; MATVIENKO, B.; SILVA, M.B.; ROCHA, C.H.E.D., SANTOS, E.; BENTES JR, A.P. e ROSA, L.P. Greenhouse gases and initial findings on the carbon circulation in two reservoirs and their watersheds. 2005, p. 573-576.
- SIKAR, E.; MATVIENKO, B.; SANTOS, M.A.; PATCHINEELAM, S.R.; SANTOS, E.O.; SILVA, M.B.; ROCHA, C.H.E.D.; CIMBLE-RIS, A.C.P.; ROSA, L.P. Silicon as a permanent-carbon sedimentation tracer. Inland Waters 2: 119-128. 2012.
- SMA – Secretaria do Meio Ambiente. Termelétrica do Aterro Bandeirantes reduz emissão de CO2 para atmosfera. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/2004/marco/25_termeletrica.htm> Acesso em 19/12/2011.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. e SILVA, R. R. A atmosfera terrestre. Editora Moderna, 2004.
- UNITED STATES CENSUS BUREAU. State & County QuickFacts. Disponível em: <<http://quickfacts.census.gov/qfd/states/36/3651000.html>>. Acesso em: 06/05/2013.
- VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- XAVIER, M.B. Contribuição ao estudo da variação sazonal do fitoplâncton na Represa Billings, São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 1979.

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

- ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Cal. <<http://www.abracal.com.br/estatisticas>> Acesso em 22/02/2012.
- ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos. Dados das maiores cidades. <<http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Forms/AllItems.aspx>>. Acesso em 26/07/2012.
- Biogás Ambiental – <www.biogas-ambiental.com.br> acessado em 19/12/2011
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. < <http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima/sobre-o-proclima/228-home>> Acesso em 15/08/2012.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acesso em: 18/05/2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil sanitário: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=25&j=P&c=1395>> População: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/default.shtm>> e PIB <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010/default.shtm>>. Acesso em 12/03/2012.
- IEA – Instituto de Economia Agrícola. <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1> Acesso em 15/02/2012.
- INFOCIDADE < <http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/>> Acesso em 24/02/2012
- IPNI – International Plant Nutrition Institute. <[http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/\\$webindex/7A41892BC-C7634FB83256B1200656701?opendocument&navigator=profile](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/$webindex/7A41892BC-C7634FB83256B1200656701?opendocument&navigator=profile)> Acesso em 17/02/2012.
- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fatores de emissão do SIN: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>> Acesso em 14/04/2013.
- Prefeitura do Município de São Paulo – <www.prefeitura.sp.gov.br> acesso em 16/12/11.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=36>> Acesso em 25/07/2012.
- SMA – Secretaria do Meio Ambiente <<http://www.ambiente.sp.gov.br/projetos13.php>> Acesso em 01/10/2012.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. <<http://www.snis.gov.br/>> Acesso em: 02/01/2012
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. Aterro Bandeirantes: < <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1134130255.56/view>> e Aterro São João:< <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1145141778.29/view>> Acesso em 23/01/2012.



Apêndice A

Fatores de Emissão

Tabela A1 – Fatores de emissão do setor Resíduos

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Disposição de Resíduos Sólidos			
Fração de COD (DOCf)	0,5	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.3, p.3.13
Fator de correção de metano (MCF)	1	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.3, p.3.14, Tabela 3.1
Fração de CH ₄ no biogás (F)	0,5	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.3, p.3.15
Taxa de geração de metano (k)			
• Resto de alimento	0,4	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch3, p.3.17, Tabela 3.3 - para áreas de clima tropical que apresentam temperatura anual média superior a 20°C e precipitação anual média acima de 1.000mm
• Trapo	0,07	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch3, p.3.17, Tabela 3.3 - para áreas de clima tropical que apresentam temperatura anual média superior a 20°C e precipitação anual média acima de 1.000mm
• Papel	0,07	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch3, p.3.17, Tabela 3.3 - para áreas de clima tropical que apresentam temperatura anual média superior a 20°C e precipitação anual média acima de 1.000mm
• Madeira	0,035	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch3, p.3.17, Tabela 3.3 - para áreas de clima tropical que apresentam temperatura anual média superior a 20°C e precipitação anual média acima de 1.000mm
• Podas	0,17	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch3, p.3.17, Tabela 3.3 - para áreas de clima tropical que apresentam temperatura anual média superior a 20°C e precipitação anual média acima de 1.000mm
COD presente nos resíduos (DOC)			
• Resto de alimento	0,15	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.2, p.2.14, Tabela 2.4
• Trapo	0,24	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.2, p.2.14, Tabela 2.4
• Papel	0,40	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.2, p.2.14, Tabela 2.4
• Madeira	0,43	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.2, p.2.14, Tabela 2.4
• Podas	0,20	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.2, p.2.14, Tabela 2.4
Fator de oxidação (Ox)	0,1	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.3, p.3.15, Tabela 3.2
Compostagem			
Fator de emissão de CH ₄	0,004	tCH ₄ /t de resíduo	IPCC (2006), V.5, Ch.4, Tabela 4.1
Fator de emissão de N ₂ O	0,0003	tN ₂ O/t de resíduo	IPCC (2006), V.5, Ch.4, Tabela 4.1
Incineração			
Conteúdo total de carbono na matéria seca	60	%	IPCC (2006), V.5, Ch.5, p.5.18, Tabela 5.2 - Clinical Waste
Fração de carbono fóssil	40	%	IPCC (2006), V.5, Ch.5, p.5.18, Tabela 5.2 - Clinical Waste
Fator de oxidação (Ox)	100	%	IPCC (2006), V.5, Ch.5, p.5.18, Tabela 5.2 - Clinical Waste

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Fator de emissão de CH ₄	60	gCH ₄ /t de resíduo	IPCC (2006), V.5, Ch.5, p.5.20, Tabela 5.3
Fator de emissão de N ₂ O	60	gN ₂ O/t de resíduo	IPCC (2006), V.5, Ch.5, p.5.20, Tabela 5.3
Efluentes Líquidos			
Capacidade máxima de geração de CH ₄ (B0)	0,6	kgCH ₄ /kgDBO	IPCC (2006), V.5, Ch.6, p.6.12, Tabela 6.2
Fator de correção de produção de CH ₄ (MCF)			
• Despejo em corpos hídricos	0,1	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.6, p.6.13, Tabela 6.3
• Fossas Sépticas	0,5	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.6, p.6.13, Tabela 6.3
• Latrinas	0,7	adimensional	IPCC (2006), V.5, Ch.6, p.6.13, Tabela 6.3
Fator de emissão de N ₂ O-N	0,005	kgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.5, Ch.6, p.6.27, Tabela 6.11
Fator de conversão de N ₂ O-N para N ₂ O	1,57	kgN ₂ O/kgN ₂ O-N	Balanço de massa

Tabela A2 – Fatores de emissão do setor AFOLU

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Uso da Terra			
Agricultura			
• Carbono na Biomassa	5	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 5.9
• Matéria Orgânica Morta	0	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p 5.32 Tier 1
• Referência de Carbono no Solo	47	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.31, Tabela 2.3
• FLU	0,82	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 5.5
• FMG	1,15	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 5.5
• FI	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 5.5
• T	3	anos	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• D	20	anos	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• Carbono no Solo	44,32	tC/ha	Calculado
• Fração de Maturação	0,15	adimensional	Calculado
• Variação de carbono no solo no período	6,65	tC/ha	Calculado
Campo Antrópico			
• Matéria seca da biomassa	16,1	t d.m./ha	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p.6.27, Tabela 6.4
• Carbono na matéria seca	0,47	t C / t d.m	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p 6.29
• Carbono na Biomassa	7,567	tC/ha	Calculado
• Matéria Orgânica Morta	0	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.5, p 5.32 Tier 1
• Referência de Carbono no Solo	47	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.31, Tabela 2.3
• FLU	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p.6.16, Tabela 6.2
• FMG	0,97	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p.6.16, Tabela 6.2
• FI	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.6, p.6.16, Tabela 6.2
• T	3	years	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• D	20	years	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• Carbono no Solo	45,59	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• Fração de Maturação	0,15	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p 2.26
• Variação de carbono no solo no período	6,8385	tC/ha	Calculado
Vegetação Natural			
• R (biomassa abaixo/acima) < 125t/ha	0,2	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.49, Tabela 4.4
• R (biomassa abaixo/acima) > 125t/ha	0,24	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.49, Tabela 4.4
• FC (Fração C na biomassa acima)	0,47	tC/t d.m.	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.48, Tabela 4.3
• Biomassa acima do solo em florestas	220	t d.m/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.53, Tabela 4.7
• Carbono na Biomassa	128,216	tC/ha	Calculado
• Matéria Org. Morta	2,1	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.27, Tabela 2.2
• Variação de carbono no solo no período	7,05	tC/ha	Calculado

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Reflorestamento			
• Taxa de Crescimento < 20 anos	7	t d.m/ha/y	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.57, Tabela 4.9
• Taxa de Crescimento > 20 anos	2	t d.m/ha/y	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.57, Tabela 4.9
• Fração Carbono na biomassa acima do solo	0,47	tC/t d.m.	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.48, Tabela 4.3
• Carbono - Biomassa > 20 anos	0,94	tC/ha.ano	Calculado
• Período analisado	6	anos	
• Carbono - Biomassa - Incremento > 20 anos	5,64	tC/ha	Calculado
• Carbono - Biomassa < 20 anos	3,29	tC/ha.ano	Calculado
• Período da alteração do uso do solo	3	anos	
• Carbono - Biomassa - Incremento < 20 anos	9,87	tC/ha	Calculado
• R (biomassa abaixo/acima) < 125t/ha	0,2	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.49, Tabela 4.4
• R (biomassa abaixo/acima) > 125t/ha	0,24	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.49, Tabela 4.4
• FC (Fração C na biomassa acima)	0,47	tC/t d.m.	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.48, Tabela 4.3
• Biomassa acima do solo	120	t d.m/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.63, Tabela 4.12
• Carbono na Biomassa	67,68	tC/ha	Calculado
• Matéria Org. Morta	2,1	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.27, Tabela 2.2
• Fração de Maturação	0,15	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.26
• Referência de Carbono no Solo	47	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.31, Tabela 2.3
• FLU	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.25
• FMG	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.25
• FI	1	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.25
• T	3	anos	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• D	20	anos	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.30, Equação 2.25
• Carbono no solo	47	tC/ha	Calculado
• Variação de carbono no solo no período	7,05	tC/ha	Calculado
Urbanização			
• Referência de Carbono no Solo	47	tC/ha	IPCC (2006), V.4, Ch.2, p.2.31, Tabela 2.3
• FLU*FMG*FI	0,8	adimensional	IPCC (2006), V.4, Ch.8, p.8.24
Pecuária			
Fator de emissão de CH₄ - Fermentação Entérica			
• Bovino de Corte	56	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.28, Tabela 10.10
• Bovino de Leite	72	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.28, Tabela 10.10
• Suíno	1	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.28, Tabela 10.10

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Fator de emissão de CH₄ - Manejo de dejetos			
• Bovino de Corte	1,0	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.29, Tabela 10.11
• Bovino de Leite	1,0	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.29, Tabela 10.11
• Frango	0,02	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.29, Tabela 10.11
• Suíno	1,0	kgCH ₄ /cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.29, Tabela 10.11
Média anual de nitrogênio excretado (Nex)			
• Bovino de Corte	131,4	kgN/1000kg animal	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.59, Tabela 10.19
• Bovino de Leite	175,2	kgN/1000kg animal	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.59, Tabela 10.19
• Frango	299,3	kgN/1000kg animal	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.59, Tabela 10.19
• Suíno	598,6	kgN/1000kg animal	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.59, Tabela 10.19
Peso médio dos animais			
• Bovino de Corte	0,4	t/cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.74, Tabela 10A.2
• Bovino de Leite	0,4	t/cabeça	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.72, Tabela 10A.1
• Frango	0,002	t/cabeça	AVISITE http://www.avisite.com.br/noticias/default.asp?codnoticia=7206
• Suíno	0,09	t/cabeça	ABCS - http://www.abcs.org.br/producao/genetica/176-racas-de-suinos
Fator de emissão de N₂O-N - Manejo de dejetos			
• Lagoa Anaeróbia	0	KgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.62, Tabela 10.21
• Biodigestor	0	KgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.62, Tabela 10.21
• Esterqueira	0,002	KgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.62, Tabela 10.21
• Aviário com cama	0,001	KgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.62, Tabela 10.21
• Compostagem - pilha estática	0,006	KgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.62, Tabela 10.21
Fator de emissão de N ₂ O-N indireto por volatilização (FE _v)	0,01	kgN ₂ O-N/kgNvolatilizado	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.24, Tabela 11.3
Fração de Nitrogênio volatilizado (FracGASM)			
• Bovino de Corte			
• Lagoa Anaeróbia	35	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
• Bovino de Leite			
• Lagoa Anaeróbia	35	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22

Variável	Valor	Unidade	Fonte
• Esterqueira	28	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
• Frangos			
• Lagoa Anaeróbia	40	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
• Aviário com cama	40	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
• Suíno			
• Lagoa Anaeróbia	40	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
• Esterqueira	25	%	IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.65, Tabela 10.22
Fator de conversão de N ₂ O-N para N ₂ O	1,57	tN ₂ O/tN ₂ O-N	balanço de massa
Manejo de Solos Agrícolas			
Fator de emissão de N ₂ O-N direta			
• da aplicação de fertilizantes sintéticos	0,01	kgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p. 11.11, Tabela 11.1
• dos dejetos excretados diretamente nas pastagens	0,02	kgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p. 11.11, Tabela 11.1
Fator de emissão de N ₂ O-N indireto			
• volatilização	0,01	kgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.3, Tabela 11.24
• lixiviação	0,0075	kgN ₂ O-N/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.3, Tabela 11.24
Fração de Nitrogênio volatilizado			
• fertilizantes sintéticos (FracGASF)	0,1	kgNvolatilizado/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.3, Tabela 11.24
• fertilizantes orgânicos (FracGASM)	0,2	kgNvolatilizado/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.3, Tabela 11.24
Fração de Nitrogênio Lixiviado (FracL)			
	0,3	kgNlixiviado/kgN	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.3, Tabela 11.24
Fator de emissão de Carbono da aplicação de cal	0,12	tC/t de calcário	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.29
Fator de emissão de Carbono da aplicação de ureia	0,2	tC/t de ureia	IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.34
Fator de conversão de C para CO ₂	3,67	tCO ₂ /tC	balanço de massa
Fator de conversão de N ₂ O-N para N ₂ O	1,57	tN ₂ O/tN ₂ O-N	balanço de massa

Tabela A3 – Fatores de emissão do setor Energia

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Geração de Energia			
Fator de emissão 2003	0,0394	tCO ₂ /MWh	Estimado
Fator de emissão 2004	0,0394	tCO ₂ /MWh	Estimado
Fator de emissão 2005	0,0364	tCO ₂ /MWh	Estimado
Fator de emissão 2006	0,0323	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fator de emissão 2007	0,0293	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fator de emissão 2008	0,0484	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fator de emissão 2009	0,0246	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fator de emissão 2010	0,0512	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fator de emissão 2011	0,0292	tCO ₂ /MWh	MCT, 2012
Fontes Estacionárias			
Gás Natural - Fator de emissão de CO₂			
• Residencial	56.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.22 - Natural Gas
• Comercial	56.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.20 - Natural Gas
• Industrial	56.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.18 - Natural Gas
• Energia	56.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.16 - Natural Gas
Gás Natural - Fator de emissão de CH₄			
• Residencial	5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.22 - Natural Gas
• Comercial	5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.20 - Natural Gas
• Industrial	1	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.18 - Natural Gas
• Energia	1	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.16 - Natural Gas
Gás Natural - Fator de emissão de N₂O			
• Residencial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.22 - Natural Gas
• Comercial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.20 - Natural Gas
• Industrial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.18 - Natural Gas
• Energia	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.2, p.2.16 - Natural Gas
GLP - Fator de emissão de CO₂			
• Residencial	63.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.22 - Liquefied Petroleum Gases
• Comercial	63.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Liquefied Petroleum Gases
• Industrial	63.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.18 - Liquefied Petroleum Gases
GLP - Fator de emissão de CH₄			
• Residencial	5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.22 - Liquefied Petroleum Gases
• Comercial	5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Liquefied Petroleum Gases
• Industrial	1	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.18 - Liquefied Petroleum Gases

Variável	Valor	Unidade	Fonte
GLP - Fator de emissão de N ₂ O			
• Residencial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.22 - Liquefied Petroleum Gases
• Comercial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Liquefied Petroleum Gases
• Industrial	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.18 - Liquefied Petroleum Gases
Querosene de iluminação - Fator de emissão de CO ₂	71.900	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Other Kerosene
Querosene de iluminação - Fator de emissão de CH ₄	10	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Other Kerosene
Querosene de iluminação - Fator de emissão de N ₂ O	0,1	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Other Kerosene
Óleo combustível - Fator de emissão de CO ₂	77.400	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Residual Fuel Oil
Óleo combustível - Fator de emissão de CH ₄	10	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Residual Fuel Oil
Óleo combustível - Fator de emissão de N ₂ O	0,6	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch2, p.2.20 - Residual Fuel Oil
Densidade Energética dos Combustíveis			
• Gás Natural	9.403	kcal/m ³	SÃO PAULO (Estado), 2011 - Balanço Energético do Estado de São Paulo
• GLP	0,611	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Querosene de Iluminação	0,822	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Óleo Combustível	0,959	tep/m ³	BRASIL (2010)
Densidade do Combustível			
• GLP	552	kg/m ³	SÃO PAULO (Estado), 2011 - Balanço Energético do Estado de São Paulo
• Óleo Combustível	999	kg/m ³	SÃO PAULO (Estado), 2011 - Balanço Energético do Estado de São Paulo
Fatores de Conversão			
• de tep para TJ	0,041868	TJ/tep	BRASIL (2010)
• de kcal para TJ	4,1868x10 ⁻⁹	TJ/kcal	SÃO PAULO (Estado), 2011 - Balanço Energético do Estado de São Paulo
Fontes Móveis			
Fator de emissão de CO ₂			
• Gasolina A	69.300	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.3, p.3.16, Tabela 3.2.1
• Etanol Anidro	68.933	kgCO ₂ /TJ	BRASIL (2010)
• Etanol Hidratado	68.933	kgCO ₂ /TJ	BRASIL (2010)
• Diesel	74.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.3, p.3.16, Tabela 3.2.1
• Biodiesel	70.800	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.1, p. 1.24, Tabela 1.4
• GNV	56.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.3, p.3.16, Tabela 3.2.1
• Gasolina de Aviação	70.000	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.3, p.3.64, Tabela 3.6.4
• Querosene de Aviação	71.500	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006), V.2, Ch.3, p.3.64, Tabela 3.6.4

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Fator de emissão de CH₄			
• Gasolina C- sem catalisador	33	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21, Tabela 3.2.2
• Gasolina C - com catalisador	25	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21, Tabela 3.2.2
• Etanol Hidratado	18	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21, Tabela 3.2.2
• Óleo Diesel	3,9	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21, Tabela 3.2.2
• GNV	92	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21, Tabela 3.2.2
• Gasolina de Aviação	0,5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.64, Tabela 3.6.5
• Querosene de Aviação	0,5	kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.64, Tabela 3.6.5
Fator de emissão de N₂O			
• Gasolina C- sem catalisador	3,2	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21
• Gasolina C - com catalisador	8,0	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21
• Etanol Hidratado	8,0	kgN ₂ O/TJ	Assumindo o mesmo fator de emissão de veículos à gasolina com catalisador
• Óleo Diesel	3,9	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21
• GNV	3,0	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.21
• Gasolina de Aviação	2,0	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.64
• Querosene de Aviação	2,0	kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006), V2, Ch3, p.3.64
Densidade Energética dos Combustíveis			
• Gasolina A	0,770	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Etanol Anidro	0,534	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Etanol Hidratado	0,510	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Diesel	0,848	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Biodiesel	7.920	kcal/m ³	EPE (2006) - Balanço Energético Nacional
• GNV	0,880	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Gasolina de Aviação	0,763	tep/m ³	BRASIL (2010)
• Querosene de Aviação	0,822	tep/m ³	BRASIL (2010)
Fatores de Conversão			
• de tep para TJ	0,041868	TJ/tep	BRASIL (2010)
• de kcal para TJ	4,1868x10 ⁻⁹	TJ/kcal	SÃO PAULO (Estado), 2011 - Balanço Energético do Estado de São Paulo
Fração de Etanol Anidro na Gasolina C			
• 2003	23,1	%	BRASIL (2003a e 2003b)
• 2004	25,0	%	BRASIL (2003b)
• 2005	25,0	%	BRASIL (2003b)
• 2006	21,2	%	BRASIL (2006a e 2006b)
• 2007	24,0	%	BRASIL (2006b e 2007)
• 2008	25,0	%	BRASIL (2007)
• 2009	25,0	%	BRASIL (2007)
• 2010	25,0	%	BRASIL (2007)
• 2011	25,0	%	BRASIL (2007)

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Fração de Biodiesel no Óleo Diesel			
• 2008	2,5	%	BRASIL (2008)
• 2009	3,5	%	BRASIL (2008 e 2009)
• 2010	5,0	%	BRASIL (2009)
• 2011	5,0	%	BRASIL (2009)
Emissões Fugitivas			
Composição do Gás Natural			
• CH ₄	89	%	COMGÁS (2012b)
• CO ₂	1,5	%	COMGÁS (2012b)

Tabela A4 – Fatores de emissão do setor IPPU

Variável	Valor	Unidade	Fonte
Indústria Mineral			
Fator de emissão de CO ₂ - Vidro	0,2	tCO ₂ /t de vidro	IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.29 - Choice of emission factors: Tier 1 method
Taxa de vidro sucateado (TxS)	0,5	adimensional	IPCC (2006), V.3, Ch.2, p.2.30 - Choice of activity data: Tier 1 method
Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis			
Conteúdo de carbono do lubrificante e da parafina	20	tC/TJ	IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.9
Fator de carbono que sofre oxidação durante o uso (ODU)	0,2	adimensional	IPCC (2006), V.3, Ch.5, p.5.9, Tabela 5.2
Relação de massa do CO ₂ e do Carbono	3,67	tCO ₂ /tC	Balanço de massa
Substâncias Substitutas das SDOs			
Carga inicial de fluido refrigerante nos equipamentos			
• Geladeiras e freezers domésticos	150	g	IMT (2011c)
• Geladeiras e freezers comerciais	400	g	IMT (2011c)
• Bebedouros	50	g	IMT (2011c)
• Automóveis	960	g	IMT (2011c)
• Ônibus	5	kg	IMT (2011c)
Taxa de emissão de fluido refrigerante durante o uso (x)			
• Geladeiras e freezers domésticos	0,5	%	IMT (2011c)
• Geladeiras e freezers comerciais	10	%	IMT (2011c)
• Bebedouros	0,5	%	IMT (2011c)
• Automóveis	15	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p7.52, Tabela 7.9
• Ônibus	15	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p7.52, Tabela 7.9
• Trens	15	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p7.52, Tabela 7.9
Carga residual de fluido refrigerante nos equipamentos descartados (p)			
• Geladeiras e freezers domésticos	50	%	IMT (2011c)
• Geladeiras e freezers comerciais	50	%	IMT (2011c)
• Bebedouros	50	%	IMT (2011c)
Eficiência na recuperação do fluido refrigerante (nrec,d)			
• de 2006 a 2008	25	%	estimado
• 2009	50	%	estimado
Fator de emissão da produção de espuma de célula fechada (FEF)	10	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.35, Tabela 7.5
Fator de emissão anual do uso de espuma de célula fechada (FEA)	4,5	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.35, Tabela 7.5
Fator de emissão dos propelentes dos aerossóis (FE)	50	%	IPCC (2006), V.3, Ch.7, p.7.29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura dos Inventários segundo IPCC (2006)	18
Figura 2 – Estrutura do Inventário do Município de São Paulo	20
Figura 3 - Emissões em PAG e PTG	22
Figura 4 – Evolução das emissões de GEE do Município	24
Figura 5 – Perfil das emissões percentuais do Município de São Paulo por setor 2003 e 2009	25
Figura 6 – Estrutura do setor Resíduo	26
Figura 7 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por subsetor em 2003 e 2009	35
Figura 8 – Emissões do setor Resíduos	35
Figura 9 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por GEE 2003 e 2009	36
Figura 10 – Estrutura do setor AFOLU	37
Figura 11 – Mudanças de Uso do Solo Antrópicas no Município de São Paulo	39
Figura 12 – Perfil das emissões percentuais do setor AFOLU por subsetor em 2003 e 2009	44
Figura 13 – Emissões do setor AFOLU	45
Figura 14 – Perfil das emissões percentuais do setor AFOLU por GEE em 2003 e 2009	46
Figura 15 – Estrutura do setor Energia	46
Figura 16 – Perfil das emissões percentuais do Subsetor Queima de Combustíveis em 2003 e 2009	54
Figura 17 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia e do subsetor Queima de Combustível em 2009	56
Figura 18 – Perfil das emissões percentuais da categoria Transporte por combustível em 2003 e 2009	56
Figura 19 – Evolução das emissões do setor Energia	56
Figura 20 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia por GEE em 2003 e 2009	57
Figura 21 – Estrutura do setor IPPU	58
Figura 22 – Perfil das emissões percentuais do setor IPPU por subsetor em 2003 e 2009	65
Figura 23 – Evolução das emissões do setor IPPU por subsetor	94
Figura 24 – Perfil das emissões percentuais do setor IPPU por GEE em 2003 e 2009	66
Figura 25 – Perfil das emissões percentuais do Município de São Paulo por GEE 2003 e 2009	66
Figura 26 – Evolução das emissões de CO ₂ nos setores	68
Figura 27 – Perfil das emissões percentuais de CO ₂ por setor	69
Figura 28 – Evolução das emissões de CH ₄ nos setores	70
Figura 29 – Perfil das emissões percentuais de CH ₄ por setor no período inventariado	71
Figura 30 – Evolução das emissões de N ₂ O nos setores	72
Figura 31 – Perfil das emissões percentuais de N ₂ O por setor no período inventariado	72
Figura 32 – Evolução das emissões de HFC no setor	73
Figura 33 – Evolução das emissões dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal	74
Figura 34 – Perfil das emissões percentuais dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal	74
Figura 35 – Evolução das emissões de CO ₂ biogênico	75
Figura 36 – Evolução das emissões dos setores Energia e Resíduos	83
Figura 37 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia e do subsetor Queima de Combustível em 2011	87
Figura 38 – Perfil das emissões percentuais da categoria Transporte por combustível em 2003 e 2011	88
Figura 39 – Emissões e consumo da gasolina e etanol	88
Figura 40 – Emissões da categoria Geração de Energia Elétrica	89
Figura 41 – Consumo de gás natural para termogeração nas usinas localizadas na cidade de São Paulo e fator de emissão do SIN	89
Figura 42 – Perfil das emissões percentuais do setor Energia por GEE em 2003 e 2011	90
Figura 43 – Evolução das emissões do setor Resíduos	95
Figura 44 – Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por subsetor em 2003 e 2011	95
Figura 45 - Perfil das emissões percentuais do setor Resíduos por GEE 2003 e 2011	96
Figura 46 – Cenário Inercial	98
Figura 47 – Cenário Pessimista	99
Figura 48 – Cenário Otimista	100
Figura 49 – Cenários de Emissão de GEE do Município de São Paulo	101
Figura 50 – Localização de Buenos Aires	104
Figura 51 - Localização da Zona Metropolitana do Vale do México	105
Figura 52 – Localização do Município de Londres	106
Figura 53 – Localização do Município de Nova Iorque	107
Figura 54 – Represa Billings	112
Figura 55 – Represa Guarapiranga	113
Figura 56 - Rios	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – PAG dos GEE inventariados.....	21
Tabela 2 – GTP dos GEE inventariados.....	22
Tabela 3 – Emissões totais de GEE do Município.....	24
Tabela 4 – RSU dispostos em aterros.....	28
Tabela 5 – Emissão de CH ₄ nos aterros.....	29
Tabela 6 – Emissões de CH ₄ da disposição em aterros.....	30
Tabela 7 – Emissões de GEE contabilizadas no Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos.....	30
Tabela 8 – Resíduos enviados para usinas de compostagem.....	31
Tabela 9 – Emissões de GEE por tratamento biológico.....	31
Tabela 10 – Emissões de GEE por tratamento biológico, em CO ₂ e.....	31
Tabela 11 – RSS enviados para incineração.....	32
Tabela 12 – Emissões de GEE da incineração de RSS.....	32
Tabela 13 - Emissões de GEE da incineração de RSS, em CO ₂ e.....	32
Tabela 14 – Perfil de esgotamento sanitário do Município de São Paulo.....	34
Tabela 15 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos.....	34
Tabela 16 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos, em CO ₂ e.....	34
Tabela 17 – Emissões do setor Resíduos.....	35
Tabela 18 – Emissões do setor Resíduos por GEE.....	36
Tabela 19 – Permanências e variações do uso da Terra.....	38
Tabela 20 – Emissões e remoções de CO ₂ pelo uso da terra.....	40
Tabela 21 – População animal no Município de São Paulo.....	41
Tabela 22 - Emissão de CH ₄ da fermentação entérica.....	41
Tabela 23 – Emissão de CH ₄ do manejo dos dejetos dos animais.....	42
Tabela 24 – Emissões totais de N ₂ O do manejo dos dejetos.....	42
Tabela 25 – Emissões totais de GEE da Pecuária, em CO ₂ e.....	42
Tabela 26 – Estimativa de nitrogênio aplicado no solo.....	43
Tabela 27 – Emissões de N ₂ O da aplicação de fertilizantes.....	43
Tabela 28 – Consumo estimado de cal e ureia no Município.....	43
Tabela 29 – Emissões de CO ₂ da aplicação de cal e ureia.....	44
Tabela 30 – Emissões de GEE dos Solos Agrícolas, em CO ₂ e.....	44
Tabela 31 – Emissões do setor AFOLU.....	44
Tabela 32 – Emissões do setor AFOLU por GEE.....	45
Tabela 33 – Consumo energético no Município por fonte de energia.....	47
Tabela 34 – Consumo de eletricidade no Município de São Paulo.....	48
Tabela 35 – Emissões de CO ₂ da Geração de Energia.....	48
Tabela 36 – Consumo de combustíveis na Indústria de Transformação, Construção e Outros Setores.....	49
Tabela 37 – Emissões de CO ₂ na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores.....	49
Tabela 38 – Emissões de CH ₄ na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores.....	50
Tabela 39 – Emissões de N ₂ O na Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores.....	50
Tabela 40 – Emissões de GEE da Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores, em CO ₂ e.....	51
Tabela 41 – Consumo de combustíveis na categoria Transporte.....	52
Tabela 42 – Emissões de CO ₂ da categoria Transporte.....	52
Tabela 43 – Emissões de CH ₄ da categoria Transporte.....	53
Tabela 44 – Emissão de N ₂ O da categoria Transporte.....	53
Tabela 45 – Emissões totais de GEE da categoria Transporte, em CO ₂ e.....	53
Tabela 46 – Emissões da Queima de Combustíveis, em CO ₂ e.....	54
Tabela 47 – Perdas na distribuição de gás natural.....	55
Tabela 48 – Emissões fugitivas da distribuição de gás natural.....	55
Tabela 49 - Emissões fugitivas da distribuição de gás natural, em CO ₂ e.....	55
Tabela 50 – Emissões do setor Energia.....	55
Tabela 51 – Emissões do setor Energia por GEE.....	57
Tabela 52 – Produção de vidro e emissões de CO ₂	59
Tabela 53 – Consumo de lubrificantes e parafinas no Município.....	59
Tabela 54 – Emissões do uso de lubrificante e parafina.....	59
Tabela 55 - Reserva e emissão de HFC-134a de Refrigeradores.....	60
Tabela 56 – Emissões de CFC-12 de refrigeradores antigos.....	61
Tabela 57 – Reservas de HFC-134a de Ar Condicionado.....	61

Tabela 58 – Emissões de HFC de Ar Condicionado.....	61
Tabela 59 – Reservas de CFC-12 de Ar Condicionado	62
Tabela 60 – Emissões de CFC-12 de Ar Condicionado.....	62
Tabela 61 – Reserva e emissão de HFC de Espumas.....	62
Tabela 62 – Reserva de CFC e HCFC de Espumas.....	63
Tabela 63 – Emissões de CFCs e HCFCs de espumas.....	63
Tabela 64 – Consumo e emissões de HFC de Aerossóis.....	64
Tabela 65 – Consumo e emissões de CFCs de Aerossóis.....	64
Tabela 66 – Emissões totais de GEE do Uso de Substâncias Substitutas às SDO, em CO ₂ e.....	64
Tabela 67 – Emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal, em CO ₂ e.....	65
Tabela 68 – Emissões do setor IPPU.....	65
Tabela 69 – Emissões do setor IPPU por GEE.....	66
Tabela 70 – Emissões totais por GEE.....	67
Tabela 71 – Emissões de CO ₂ por setor.....	68
Tabela 72 – Emissões de CH ₄ por setor.....	70
Tabela 73 – Emissões de N ₂ O por setor	71
Tabela 74 – Emissões de HFC-134a por setor	73
Tabela 75 – Emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal.....	74
Tabela 76 – Emissões de CO ₂ biogênico	75
Tabela 77 – Emissões de GEE do Município de São Paulo pela métrica PTG.....	76
Tabela 78 – Incerteza das emissões de GEE dos setores inventariados	79
Tabela 79 – Emissões totais de GEE de 2003 a 2011	83
Tabela 80 – Consumo de eletricidade em 2010 e 2011	84
Tabela 81 – Emissões de CO ₂ da Geração de Energia	84
Tabela 82 – Consumo de combustível da Indústria de Transformação, Construção e Outros Setores.....	85
Tabela 83 – Emissões totais da Indústria de Transformação e Construção e Outros Setores, em CO ₂ e.....	85
Tabela 84 – Consumo de combustível de Transporte	86
Tabela 85 – Emissões de GEE de Transporte.....	86
Tabela 86 – Emissões fugitivas.....	87
Tabela 87 – Emissões do setor Energia de 2010 e 2011	87
Tabela 88 – Emissões do setor Energia por GEE, em CO ₂ e.....	90
Tabela 89 – Resíduos do Município de São Paulo enviados para aterros.....	91
Tabela 90 – Metano recuperado.....	91
Tabela 91 – Emissões de GEE dos aterros.....	91
Tabela 92 – Emissões contabilizadas nos aterros	92
Tabela 93 – Emissões contabilizadas no subsetor Disposição de Resíduos Sólidos	92
Tabela 94 – Emissão de GEE provenientes da incineração de resíduos em 2010 e 2011	93
Tabela 95 – Dados da rede coletora no Município de São Paulo.....	93
Tabela 96 – Perfil Sanitário do Município de São Paulo.....	93
Tabela 97 – Emissões de CH ₄ de Efluentes Líquidos do Município de São Paulo.....	94
Tabela 98 – Emissões de N ₂ O de Efluentes Líquidos do Município de São Paulo.....	94
Tabela 99 – Emissões de GEE do subsetor Efluentes Líquidos.....	94
Tabela 100 – Emissões do setor Resíduos de 2010 e 2011	95
Tabela 101 – Emissões do setor Resíduos por GEE.....	96
Tabela 102 – Comparação do Município de São Paulo com os quatro municípios escolhidos	103
Tabela 103 – Emissões difusivas e ebulitivas dos corpos hídricos	115
Tabela 104 – Sedimentação de carbono permanente	115
Tabela 105 – Emissões finais de carbono dos corpos hídricos	116
Tabela 106 – Emissões de GEE dos corpos hídricos.....	116
Tabela 107 – Emissões finais em GEE	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – GEE contabilizados por setor	21
Quadro 2 – Resíduos Sólidos.....	26
Quadro 3 – Categorias de uso da terra.....	37
Quadro 4 – Campanhas de medição	111

COLABORADORES

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
BIOGÁS – São João Energia Ambiental S.A.
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COMGAS – Companhia de Gás de São Paulo
DAEE – Departamento de Águas e Energia
EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FM/USP – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária
LIMPURB – Departamento de Limpeza Urbana da Secretaria de Serviços da PMSP
LOGA – Logística Ambiental de São Paulo S.A.
MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
METRÔ – Companhia do Metropolitano de São Paulo
MMA – Ministério do Meio Ambiente
Polícia Militar do Estado de São Paulo / 1º Batalhão de Polícia Ambiental
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
SMRI – Secretaria Municipal de Relações Internacionais
SMT – Secretaria Municipal de Transportes
UNINOVE – Universidade Nove de Julho
UNIP – Universidade Paulista

Adalberto Maluf / Fundação Clinton
Alexandre de Oliveira e Aguiar / Uninove
Alexandre Gross / GVces-FGV
Ana Maria Hoffmann / SVMA
Ana Odila de Paiva Souza / SPTrans
André Luis Gonçalves Pina / SMDU/DEURB
Antonio Sampaio Amaral Jr / SP Urbanuss
Cacilda Bastos P. Silva / METRO
Carolina Burle Schmidt Dubeux / Centro Clima/COPPE/UFRJ
Claudia Helena Leite / EMPLASA
Cristiane Dias / CETESB
Cynthia Lena Farias / SVMA
Dan Moche Schneider / Consultor
Daniel Jesus de Lima / EMAE
Darci Rocha Muniz / SVMA
Eduardo Jorge Alves Sobrinho/ SVMA
Eduardo Storópoli / Uninove
Eduardo Tavares de Carvalho / SP-Urbanismo
Evando Reis / SVMA
Fabio Salomão / CEPAM

Francisco Adrião Neves da Silva / SVMA
Gabriel Murgel Branco / Environmentality
Gilberto Natalini / Vereador CMSP
Helena Ueno / CPTM
Igor Reis de Albuquerque / ICLEI
Janaina U. Ab'Saber / SpTrans
João Wagner S. Alves / CETESB
José Goldemberg / USP
Josilene Ferrer / CETESB
Laura S. Valente de Macedo / WRI/EMBARQ
Luciano R. Legaspe / CEAGESP
Marcio Schettino / SMT
Marco Antonio Fialho / PMSP / AMLURB
Nabil Bonduki / Vereador CMSP
Patrícia Blauth / Menos Lixo
Paulo Saldiva / FM - USP
Priscila Carvalhido e Souza / SEHAB
Rita Regina de Souza Tagawa Bahia / SVMA
Ronaldo Tonobohn / CET
Sanderson Leitão / MCTI
Sergio H. Forini / SVMA
Sérgio Valentim / Centro Vigilância Sanitária
Silvano Silvério da Costa / AMLURB
Simone Anhaia Melo / ANP
Suzana Leite Nogueira / Prefeitura de Guarulhos / Dep. Limpeza Urbana
Tatiana V. Menezes Paz / SVMA
Vera Lúcia Siqueira / Sanquimius Cons. Técn. Ltda
Vital Ribeiro / Secretaria de Estado da Saúde – Centro de Vigilância Sanitária

Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo (SVMA)

Ricardo Teixeira | Secretário

Valter Antônio Rocha | Chefe de Gabinete

Evando Reis | Diretor do Departamento de Planejamento (DEPLAN)

Milton Persoli | Diretor do Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE)

Lucas Phelippe dos Santos | Diretor do Departamento de Controle de Qualidade Ambiental Geral (DECONT)

Maria José Andrade Filha | Diretora do Departamento de Educação Ambiental e Cultura de Paz -
Universidade Aberta do Meio Ambiente e Cultura de Paz (UMAPAZ)

Claudia Tonelli Franco | Diretor do Departamento de Gestão Descentralizada (DGD)

Jairo Galera | Diretor do Departamento de Administração e Finanças (DAF)

Luís Eduardo Peres Damasceno | Diretor do Departamento de Participação e Fomento à Políticas Públicas (DPP)

EQUIPE TÉCNICA

SVMA - SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE

Ana Paula Garcia Martins

Fernanda Correa de Moraes

Laura Lucia Vieira Ceneviva

Patrícia Marra Sepe

Rita de Cássia Ogera

Volf Steinbaum

Ficha técnica

Projeto gráfico | Ampersand Comunicação Gráfica

Fotos | Araquém Alcantara

Impressão | Stamppa Grupo Gráfico

novembro de 2013

COMPOSIÇÃO DO CONSELHO DIRETOR DA ANTP (BIÊNIO 2012/2013)

Conselho Diretor

Ailton Brasiliense Pires - presidente
Antonio Luiz Mourão Santana - vice-presidente
Leo Carlos Cruz - vice-presidente
José Antonio Fernandes Martins - vice-presidente
Joubert Fortes Flores Filho – vice-presidente
Lélis Marcos Teixeira - vice-presidente
Jilmar Augustinho Tatto – vice-presidente
Nelson Barreto C. B.de Menezes – vice-presidente
Otavio Vieira da Cunha Filho – vice-presidente
Luiz Antonio Carvalho Pacheco – vice-presidente
Vanderlei Luis Cappellari – vice-presidente

Titulares

Claudio de Senna Frederico (Artificium); Vicente Abate (ABIFER); José Geraldo Baião (AEAMESP); Otavio Vieira da Cunha Filho (NTU); Fernando Faria Bezerra (AMC/Fortaleza); Ubirajara Alves Abbud (CMTC/GO); Leo Carlos Cruz (CETURB-GV); Luiz Antonio Carvalho Pacheco (Metrô/SP); Mário Manuel Seabra R. Bandeira (CPTM); Joubert Fortes Flores Filho (MetrôRio); Renato Gianolla (Urbes/Sorocaba); Ramon Víctor César (BHTrans); Vanderlei Luis Cappellari (EPTC/Porto Alegre); Romulo Dante Orrico Filho (Coppe/UFRJ); Nelson Barreto C. B.de Menezes (Grande Recife); Paulo Henrique do Nascimento Martins (ManausTrans); Antonio Luiz Mourão Santana (Oficina); Leonardo Ceragioli (Prodata Mobility); Oscar José Gameiro Silveira Campos (ST/SBC); Jilmar Augustinho Tattto (SMT/São Paulo); José Antonio Fernandes Martins (SIMEFRE); Marcos Bicalho dos Santos (SETRABH); Lélis Marcos Teixeira (Rio Ônibus); João Gustavo Haenel Filho (Socicam); Roberto Gregório da Silva Junior (URBS/Curitiba)

Suplentes

Francisco Carlos Cavallero Colombo (CBTU/RJ); Sérgio Benasi (Emdec/Campinas); Humberto Kasper (Trensurb/Porto Alegre); Joaquim Lopes da Silva Junior (EMTU/SP); Nazareno S. N. Stanislau Affonso (Ruaviva); Wagner Colombini Martins (Logit); Atilio Pereira (SMTT/Guarulhos); Iliomar Darronqui (SEMOB/SCS); Willian Alberto de Aquino Pereira (Sinergia)

Conselho Fiscal

Roberto Renato Scheliga (membro benemérito)
João Carlos Camilo de Souza (SETPESP)
Carlos Alberto Batinga Chaves (TTC)

Membros Natos

Jurandir Ribeiro Fernando Fernandes
Rogério Belda

ANTP/São Paulo

Rua Marconi, 34, 2º andar, conj. 21 e 22, República, CEP 01047-000
Tel.: (11) 3371.2299 / Fax: (11) 3253.8095 / E-mail: antpsp@antp.org.br /Site: www.antp.org.br

Equipe ANTP

Luiz Carlos M. Néspoli - superintendente
Valeska Peres Pinto - coordenadora técnica
Nazareno Stanislau Affonso - escritório de Brasília
Eduardo Alcântara Vasconcellos - assessor técnico
Cassia Maria Terence Guimarães - administração/finanças
Valéria Aguiar – eventos

CONHEÇA OS OUTROS CADERNOS TÉCNICOS EDITADOS PELA ANTP COM APOIO DO BNDES

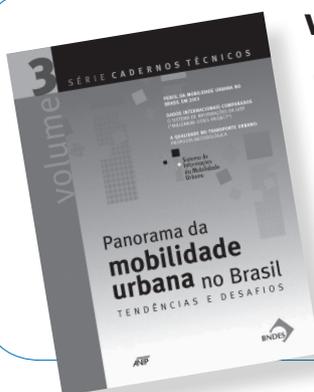


Volume 1 • Bilhetagem Automática e Gestão nos Transportes Públicos

Publicado em 2003, após a realização de um Seminário sobre o mesmo tema, o Caderno mostra o estado da arte do setor de bilhetagem eletrônica, considerada pela ANTP como um importante instrumento de ação pública e não apenas como uma ferramenta da operação privada. Os textos contidos no Caderno descrevem o panorama nacional, discutem o impacto de nova tecnologia na melhoria e nos custos dos sistemas de transporte coletivo, no emprego e na gestão pública, apontam as tendências da evolução tecnológica e relatam algumas experiências implementadas em cidades brasileiras.

Volume 2 • Transporte Metroferroviário no Brasil

Coordenado pela Comissão Metroferroviária da ANTP, este Caderno apresenta o perfil dos serviços de transportes urbanos de passageiros sobre trilhos no Brasil. Os textos destacam os sistemas integrados, as oportunidades de novos projetos no setor, as perspectivas mundiais de desenvolvimento tecnológico e as condições de acessibilidade para as pessoas portadoras de deficiência. Do ponto de vista da gestão das empresas operadoras, outros textos abordam o perfil de consumo de energia, a gestão dos ativos das empresas e a gestão dos riscos.



Volume 3 • Panorama da Mobilidade Urbana no Brasil

O terceiro Caderno mostra o perfil da mobilidade urbana no Brasil, em 2003, com base na análise dos dados do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP. De forma sintética são apresentados os principais dados e indicadores de mobilidade, custo e produtividade nas cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes. O Caderno ainda apresenta alguns indicadores internacionais sistematizados pela União Internacional de Transportes Públicos (UITP) e uma proposta de desenvolvimento de um Índice de Desenvolvimento do Transporte Urbano (IDT).

Para maiores informações acesse o *site* da ANTP, www.antp.org.br ou entre em contato com Luciana (11) 3371-2290 ou luciana@antp.org.br

Volume 4 • Acessibilidade nos Transportes

O Caderno de número 4 foi produzido pelo Grupo de Trabalho da Acessibilidade da ANTP e traz um amplo balanço dos avanços e dos desafios que o setor vem enfrentando na construção de cidades acessíveis para todos. Em seus 17 artigos, são abordadas desde a evolução da luta dos movimentos sociais pela equiparação de oportunidades e remoção das barreiras, até um breve balanço das condições reais de uso dos diversos modos de transporte público por pessoas com dificuldades de locomoção. Também são comentados temas como: criação de espaços institucionais de gestão, desenho urbano, financiamento, construção de indicadores, entre outros.



Volume 5 • Integração nos Transportes Públicos

Os artigos apresentados neste Caderno reafirmam o princípio da integração como um atributo essencial na construção de redes de transporte coletivo urbano. Os textos foram distribuídos em quatro capítulos que tratam, respectivamente, de conceitos gerais (dimensão política, conceito de rede e experiência latino-americana com sistemas estruturadores), dos aspectos institucionais (gestão integrada, gestão metropolitana e premissas para financiamento pelo BNDES), da política tarifária (integração temporal e de desafios) e da integração física e operacional (bilheteagem eletrônica, terminais, iniciativa empresarial e integração com o transporte hidroviário e com o não motorizado).



Volume 6 • Transporte e Meio Ambiente

O Caderno "Transporte e Meio Ambiente" foi estruturado a partir de dois seminários realizados em São Paulo, em 2006 e 2007, que contaram também com apoio financeiro do BNDES, o que permitiu a participação de diversos especialistas, inclusive internacionais. O seu primeiro artigo e as linhas de ação da Comissão de Meio Ambiente da ANTP apresentam o conceito ampliado de sustentabilidade e os princípios que têm norteado as ações da ANTP. Os textos seguintes tratam das relações dos transportes urbanos com diversos temas presentes na discussão ambiental: o aquecimento global, as medidas de controle de emissões veiculares que estão sendo aplicadas no país, as fontes energéticas alternativas aos derivados de petróleo, o programa de eficiência energética da Petrobras, as políticas urbanas e o processo de licenciamento ambiental entre outros textos.





Volume 7 • Transporte Cicloviário

Este caderno vem num momento oportuno, quando a bicicleta vive no Brasil uma fase de popularidade e transição impulsionada por uma nova consciência ecológica. Ela busca alertar que a bicicleta é um meio de transporte alternativo e viável e que a sociedade pode considerá-la uma ferramenta eficiente para melhorar a qualidade de vida urbana. Esta é a mensagem da Comissão Técnica de Bicicleta da ANTP.

Volume 8 • Sistemas Inteligentes de Transportes

Este Caderno organizado pela Comissão de ITS da sigla internacional para "Sistemas Inteligentes de Transportes" tem por finalidade difundir as experiências implantadas em nosso país – bilhetagem eletrônica, operação metroferroviária e de rodovias, funcionalidades para BRTs, Centrais de Controle e Monitoramento e Informações aos Usuários.

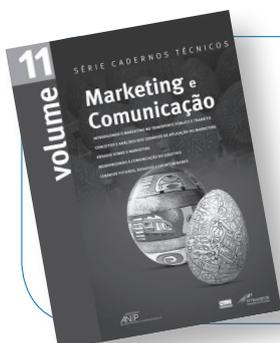


Volume 9 • Transporte por fretamento

Este Caderno organizado pela ANTP em parceria com a FRESP trata deste segmento de transporte que ganha espaço na matriz da mobilidade urbana em muitas cidades brasileiras e que, segundo a Lei Federal 12.587/2012 deve ser considerado parte integrante do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana.

Volume 10 • Excelência na gestão do transporte e trânsito

Este caderno, elaborado pela Comissão Técnica da Qualidade e Produtividade visa consolidar a experiência acumulada pela Comissão, visando estimular as organizações do setor para a adoção de modelos de gestão, clarificando os conceitos envolvidos e os caminhos de implantação.



Volume 11 • Marketing e Comunicação

O Caderno consolida o papel da Comissão de Marketing da ANTP como um fórum permanente para desenvolvimento de propostas para melhorar o desempenho e a atratividade do setor de transporte público e do trânsito urbano. Apresenta também um resumo dos resultados da Bienal de Marketing da ANTP.

