



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

*Inventory of Anthropogenic Emissions and Removals of Greenhouse Gases of the Municipality of São Paulo from 2003 to 2009, updated for 2010 and 2011 in the Energy and Waste sectors*



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

## **PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

**Fernando Haddad** – Prefeito

### **Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo (SVMA)**

**Ricardo Teixeira** – Secretário

**Manoel Victor de Azevedo Neto** – Secretário Adjunto

**Valter Antônio Rocha** – Chefe de Gabinete

**Evando Reis** – Diretor do Departamento de Planejamento (DEPLAN), também respondendo pelo Expediente do Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE)

**Milton Persoli** – Diretor do Departamento de Gestão Descentralizada (DGD)

**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)

**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**

#### **EKOS-GEOKLOCK**

Ana Moeri

Bohdan Mativienko Sikar

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

#### **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

Projeto gráfico e diagramação: Ampersand Comunicação Gráfica

Impressão: Stamppa Grupo Gráfico

Foto da capa: Araquém Alcantara

## ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>AFOLU</b>	Agriculture, Forestry and Other Land Use (Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra)
<b>CFCS</b>	Clorofluorcarbonos
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Dióxido de Carbono Equivalente
<b>ETE</b>	Estação de Tratamento de Esgotos
<b>GEE</b>	Gás de Efeito Estufa
<b>GEF</b>	Global Environment Facility (Fundo Mundial para o Meio Ambiente)
<b>GNV</b>	Gás Natural Veicular
<b>HCFCs</b>	Hidroclorofluorcarbonos
<b>HFCs</b>	Hidrofluorcarbonos
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)
<b>IPPU</b>	Industrial Processes and Product Use (Processos Industriais e Uso de Produtos)
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido Nitroso
<b>PAG</b>	Potencial de Aquecimento Global
<b>PFCs</b>	Perfluorcarbonos
<b>RSS</b>	Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde
<b>SDO</b>	Substância Depletora da Camada de Ozônio
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoreto de Enxofre
<b>STAQ</b>	Sustainable Transport and Air Quality (Transporte Sustentável e Qualidade do Ar)
<b>SVMA</b>	Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

# Sumário

<b>1.</b> Apresentação .....	4
<b>2.</b> Resultados .....	6
<b>2.1.</b> Emissões de Gases de Efeito Estufa de 2003 a 2009 .....	6
<b>2.2.</b> Atualização das Emissões para 2010 e 2011 .....	11
<b>2.3.</b> Cenários de Emissão de GEE .....	13
<b>2.4.</b> Exemplos de Planos de Ação de Outras Cidades .....	15
<b>2.5.</b> Emissões dos Corpos D'água do Município .....	17

# 1. Apresentação

Esta publicação apresenta os principais resultados do Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, e Outros Produtos, do Município de São Paulo 2003-2009, acompanhado de sua atualização para os anos 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos.

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 realização deste inventário atende à determinação da lei municipal 14.933, de 2009, que instituiu a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo, a qual estabeleceu a obrigação de realizar e publicar um novo inventário de emissões de GEE a cada cinco anos utilizando metodologias internacionalmente aceitas. O processo, do qual esta lei é um marco por ser uma das pioneiras no Brasil, 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.

Além do Inventário, foram projetados cenários das emissões de GEE para o horizonte temporal de 2040, visando balizar a elaboração de políticas públicas de mitigação e adaptação. Além disso, os cenários poderão subsidiar os trabalhos do Comitê Municipal de Mudanças do Clima e Ecoeconomia e seus Grupos de Trabalho em Energia, Transporte, Saúde, Construção, Uso do Solo e Resíduos. Por fim, registra-se que, pela primeira vez, foi realizada a medição das emissões dos GEE dos principais corpos hídricos do Município.

O Inventário é subprojeto da janela 5 – Gestão da Demanda do Transporte Individual, do Programa Sustainable Transport and Air Quality<sup>1</sup> (STAQ), patrocinado pelo Global Environment Facility<sup>2</sup> (GEF), por meio do Banco Mundial e gerenciado pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), tendo sido realizado pela parceria contratada, Instituto Ekos Brasil e Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental, sob supervisão técnica da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo.

---

<sup>1</sup> Em português: Transporte Sustentável e Qualidade do Ar

<sup>2</sup> Em português: Fundo Global para o Meio Ambiente

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](http://www.prefeitura.sp.gov.br/meio_ambiente).

**Metodologia** • Foi adotada a metodologia "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (Diretrizes de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa)<sup>3</sup>, usada para as negociações internacionais da Organização das Nações Unidas (ONU), adaptada, quando necessário, para o âmbito municipal.

O 1º Inventário do Município, realizado pelo Centro Clima da Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro para o ano base de 2003, reportou a emissão total de 15,7 mil GgCO<sub>2</sub>e<sup>4</sup>, utilizando a metodologia do IPCC versão 1996, a mesma utilizada nos Inventários do Brasil e do Estado de São Paulo. Considerando que houve atualização metodológica pelo IPCC em 2006, o ano de 2003 no presente Inventário foi recalculado com base nela.

A metodologia IPCC (2006) estabelece que a quantificação das emissões é feita segundo os seguintes setores de emissão: Energia; Resíduos; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)<sup>5</sup>; e Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU)<sup>6</sup>. Os gases a serem inventariados são aqueles estabelecidos pelo Protocolo de Quioto.

As emissões dos GEE contabilizados neste Inventário são apresentadas em Dióxido de Carbono Equivalente (CO<sub>2</sub>e) pela métrica do Potencial de Aquecimento Global (PAG), para que possa haver comparação entre as emissões dos diferentes GEE. A Tabela 1 apresenta os GEE inventariados e seus respectivos PAG.

**Tabela 1 – Potencial de Aquecimento Global dos GEE**

Gás inventariado	Notação	PAG 100 anos
dióxido de carbono	(CO <sub>2</sub> )	1
metano	(CH <sub>4</sub> )	21
óxido nitroso	(N <sub>2</sub> O)	310
hexafluoreto de enxofre	(SF <sub>6</sub> )	23.900
hidrofluorcarbonos	(HFCs)	140 - 11.700
perfluorcarbonos	(PFCs)	6.500 - 9.200

Os clorofluorcarbonos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), apesar de também contribuírem para o aquecimento global, são gases controlados pelo Protocolo de Montreal por serem Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio (SDO). Assim, suas emissões são quantificadas e reportadas como informação adicional, mas não são contabilizadas no Inventário.

<sup>3</sup> Metodologia reconhecida e utilizada internacionalmente, disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

<sup>4</sup> GgCO<sub>2</sub>e (giga grama de dióxido de carbono equivalente) – unidade mássica, corresponde a mil toneladas de dióxido de carbono equivalente

<sup>5</sup> IPPU é a sigla em inglês da expressão *Industrial Processes and Product Use*.

<sup>6</sup> AFOLU é a sigla em inglês da expressão *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

## 2. Resultados

### 2.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa de 2003 a 2009

**Emissões por setor** • A síntese das emissões de GEE do Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009 é apresentada na Tabela 2, segregada por setor inventariado nos termos da metodologia IPCC (2006).

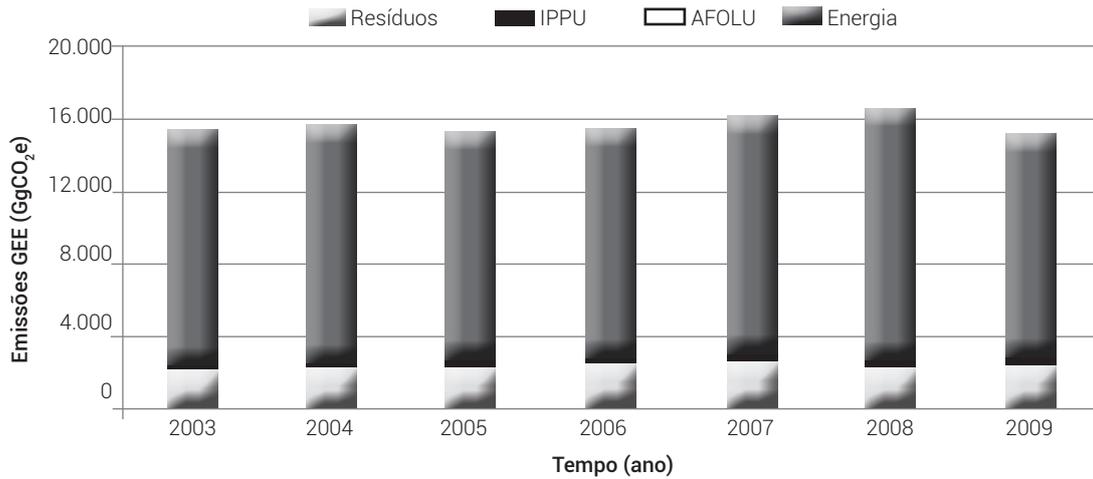
**Tabela 2 – Emissões totais de GEE do Município de São Paulo**

Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO <sub>2</sub> 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
<b>Total</b>	<b>15.326</b>	<b>15.558</b>	<b>15.285</b>	<b>15.295</b>	<b>16.083</b>	<b>16.526</b>	<b>15.115</b>

NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

A evolução das emissões de GEE do Município de São Paulo é ilustrada pela Figura 1, por setor inventariado. Como se pode observar, a participação dos setores nas emissões de GEE não apresentou grande variação no período de 2003 a 2009.

**Figura 1 – Evolução das emissões de GEE do Município de São Paulo (2003-2009)**

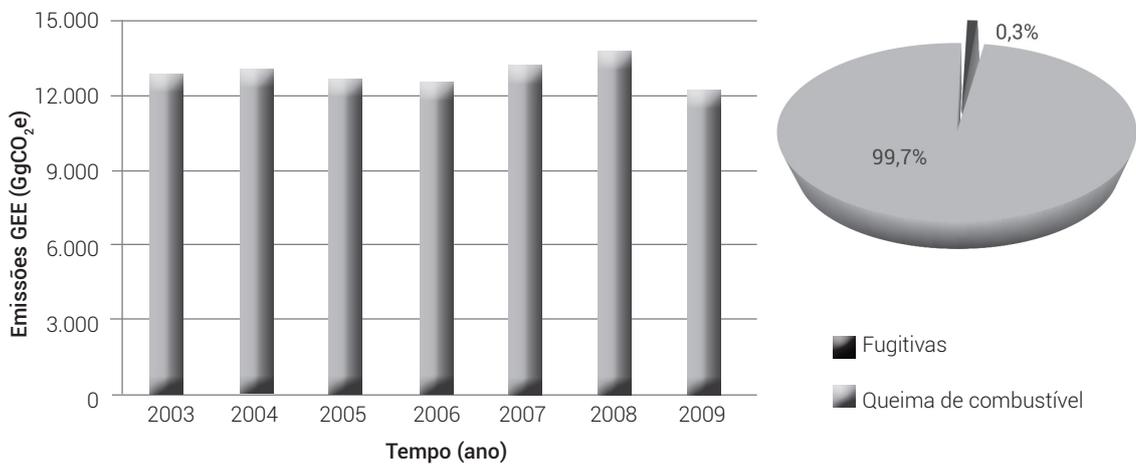


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

O setor Energia, no qual são consideradas as emissões geradas na queima de combustíveis e as eventuais emissões fugitivas pela distribuição de gás natural, é o mais representativo, contribuindo com 82% das emissões do Município de São Paulo no ano de 2009, seguido pelo setor Resíduos, com 16% das emissões no mesmo ano. Estes dois setores juntos totalizam 98% das emissões de GEE do Município.

Na Figura 2, as emissões do setor Energia são apresentadas por subsetor inventariado. A queima de combustível em fontes móveis (como meios de transporte) e fontes estacionárias (como caldeiras, fogões, geradores) correspondem à quase totalidade das emissões do setor Energia.

**Figura 2 – Evolução das emissões do setor Energia, por subsetor**



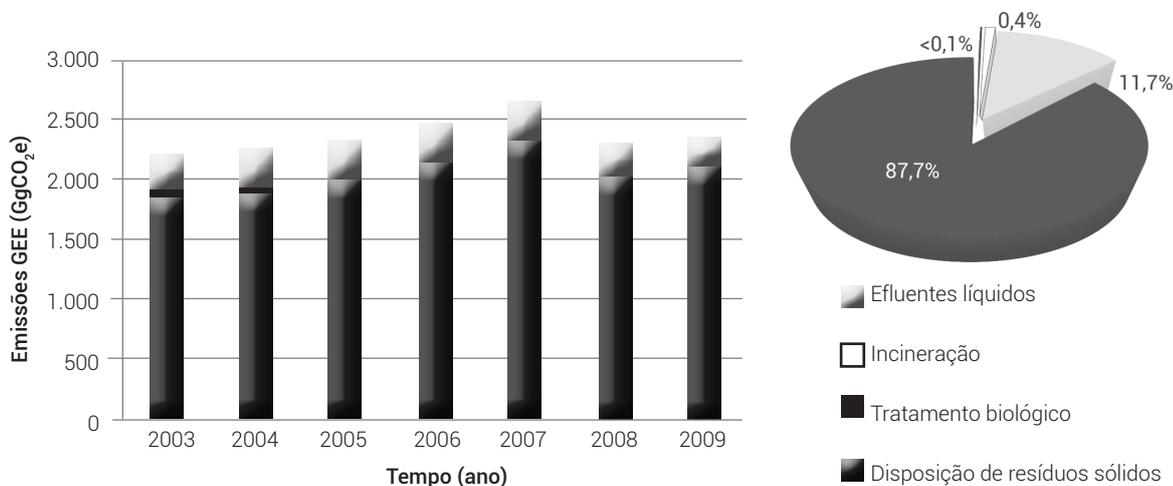
NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

O setor Resíduos mantém o segundo lugar na participação das emissões de GEE do Município de São Paulo. Nele são contabilizadas as emissões provenientes do tratamento ou disposição dos resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados no Município de São Paulo.

Na Figura 3, as emissões do setor Resíduos são apresentadas separadamente por subsetor inventariado. A Disposição dos Resíduos Sólidos é o subsetor mais representativo, contribuindo com aproximadamente 88% das emissões do setor no período de 2003 a 2009. As emissões dos efluentes líquidos, que contribuem com 12% das emissões do setor, são referentes ao tratamento dos efluentes em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), fossas e latrinas e de seu despejo *in natura* e pós-tratamento em rios e lagos. No Município de São Paulo, o tra-

tamento biológico verificado foi a compostagem dos resíduos durante os anos de 2003 e 2004; já a incineração corresponde ao tratamento dado aos resíduos sólidos de serviço de saúde (RSS) do grupo B, que são os que contêm substâncias químicas com potencial de risco à saúde pública ou ao meio ambiente.

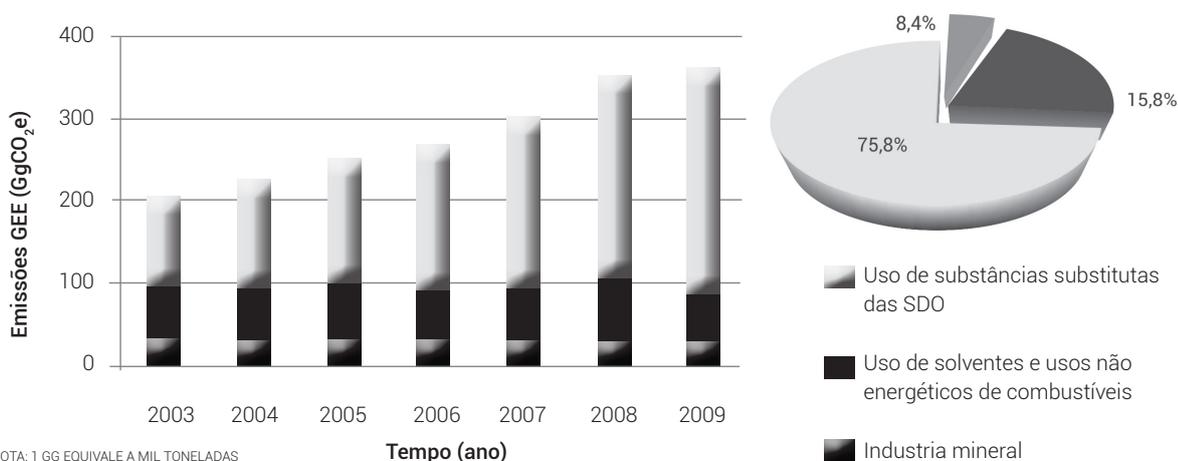
**Figura 3 – Evolução das emissões do setor Resíduos, por subsetor**



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

No setor IPPU são contabilizadas as emissões provenientes do uso não energético de combustíveis, do uso de substâncias com potencial de aquecimento global em substituição às substâncias depletoras da camada de ozônio e da liberação de GEE de processos industriais. As emissões deste setor são apresentadas na Figura 4 por subsetor inventariado. O subsetor Uso de Substâncias Substitutas das Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio é o mais representativo no período, contribuindo com aproximadamente 76% das emissões do setor. Verifica-se que essas emissões vêm crescendo ao longo do tempo, resultado esperado devido à substituição gradual das SDO até seu completo banimento, conforme previsto no programa brasileiro de eliminação de CFCs e de HCFCs. O subsetor Uso de Solventes e Usos Não Energéticos de Combustíveis contempla as emissões do uso não energético de lubrificantes e parafinas no Município de São Paulo. Já em relação à liberação de GEE durante os processos industriais, considerou-se a emissão gerada durante a produção de vidro, as quais compõem o subsetor Indústria Mineral e identificada dentro da fronteira do Município.

**Figura 4 – Evolução das emissões do setor IPPU, por subsetor**

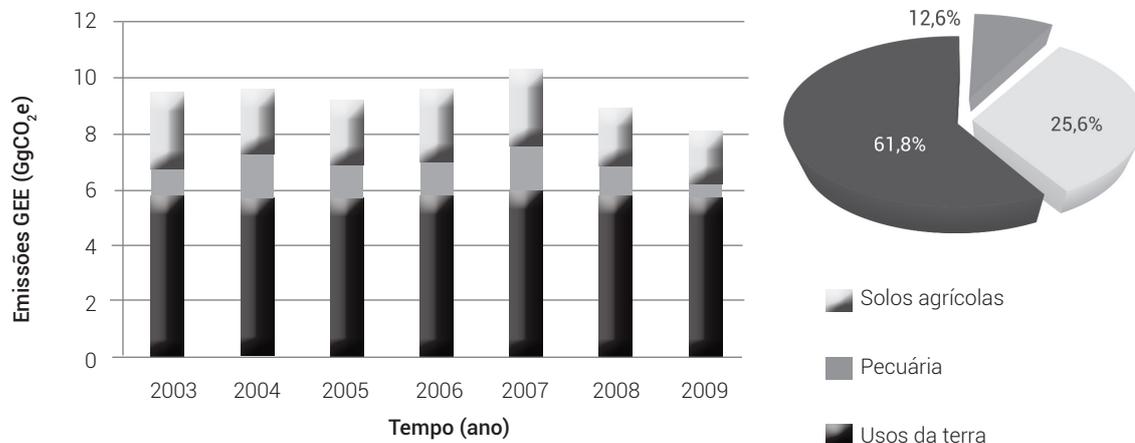


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

O setor AFOLU abrange as emissões oriundas da criação pecuária, das práticas agrícolas e do uso da terra no Município, apresentadas na Figura 5. O subsetor mais representativo observado no período de 2003 a 2009 foi o de Uso da Terra, que compreende as emissões e remoções de GEE devido às alterações no uso dado ao solo no

Município de São Paulo (principalmente emissões por desmatamento ou remoções por reflorestamento), contribuindo com 62% das emissões deste setor. As emissões do subsetor Solos Agrícolas referem-se às emissões geradas nos processos de aplicação de cal e ureia no solo. No subsetor Pecuária são contabilizadas as emissões oriundas da fermentação entérica e do manejo dos dejetos dos animais de criação pecuária.

**Figura 5 – Evolução do setor AFOLU, por subsetor**



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

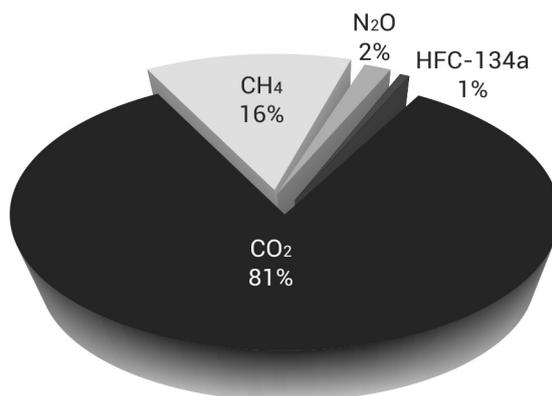
**Emissões segundo os gases emitidos** • A predominância dos setores Energia e Resíduos no Inventário reflete o perfil dos gases emitidos, bem como o perfil das atividades presentes no território do Município, que hoje em dia são principalmente comércio e serviços, uma vez que, por razões ambientais, as indústrias gradativamente mudaram-se para outros municípios ou outros estados e as atividades agrícolas são pouco expressivas no Município. A Tabela 3 apresenta as emissões totais do Município por tipo de GEE. Como pode ser observado, as emissões mais relevantes no período inventariado foram os gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, maiormente emitidos pelos setores Energia e Resíduos, respectivamente. Não foram identificadas emissões de SF<sub>6</sub> e PFCs, não apenas pela dificuldade de acesso a informações relativas a seus usos, já que as indústrias são controladas em níveis estaduais e federais, mas também porque os processos industriais que os utilizam estejam situados em outros municípios.

**Tabela 3 - Emissões totais por tipo de GEE**

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

O perfil das emissões do Município de São Paulo por gás de efeito estufa é apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Perfil das emissões do Município, por GEE



**Emissões reportadas, mas não contabilizadas** • No Município de São Paulo, parte importante das emissões de CO<sub>2</sub> é de origem biogênica, isto é, integra o ciclo do carbono na natureza em curtos períodos de tempo. De acordo com a metodologia adotada, estas emissões não devem ser contabilizadas no total de emissões do Município, mas reportadas como informação adicional. As emissões de CO<sub>2</sub> de origem biogênica provenientes do setor Energia no Município de São Paulo, originadas pela queima dos biocombustíveis, como o etanol e biodiesel utilizados nos veículos e o biogás dos aterros sanitários utilizado na geração de energia elétrica são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Emissões de CO<sub>2</sub> biogênico

Categoria	Fonte	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		(GgCO <sub>2</sub> 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
<b>Total CO<sub>2</sub> Biogênico</b>		<b>1.240</b>	<b>1.565</b>	<b>1.685</b>	<b>2.158</b>	<b>3.011</b>	<b>3.669</b>	<b>4.302</b>

Conforme a Tabela 4, as emissões de CO<sub>2</sub> biogênicas entre os anos de 2003 e 2009 apresentaram um crescimento acentuado, refletindo o maior consumo de biocombustíveis no período analisado. Desde a introdução dos veículos bicombustível - ou *flex fuel* - em 2003, verifica-se um aumento no consumo de etanol hidratado. Esta possibilidade de escolha no uso de combustível fóssil ou biocombustível evitou que o Município de São Paulo tivesse um acréscimo de quase 30% em suas emissões em 2009.

As emissões de CFCs e HCFCs no Município foram quantificadas e reportadas separadamente neste Inventário conforme diretrizes do IPCC (2006) por serem substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal. Estas emissões são provenientes da utilização dessas substâncias no setor IPPU como fluido refrigerante em sistemas de ar condicionado e refrigeradores, propelentes nos aerossóis e como agentes de expansão na produção de espumas, as quais estão previstas para serem gradualmente eliminadas por se tratarem de Substâncias Depletoras da Camada de Ozônio (SDO). Na Tabela 5 são apresentadas as emissões dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal, para cada substância identificada.

**Tabela 5 – Emissões dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal**

GEE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO <sub>2</sub> 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
<b>Total</b>	<b>775</b>	<b>829</b>	<b>808</b>	<b>864</b>	<b>910</b>	<b>870</b>	<b>805</b>

## 2.2. Atualização das Emissões para 2010 e 2011

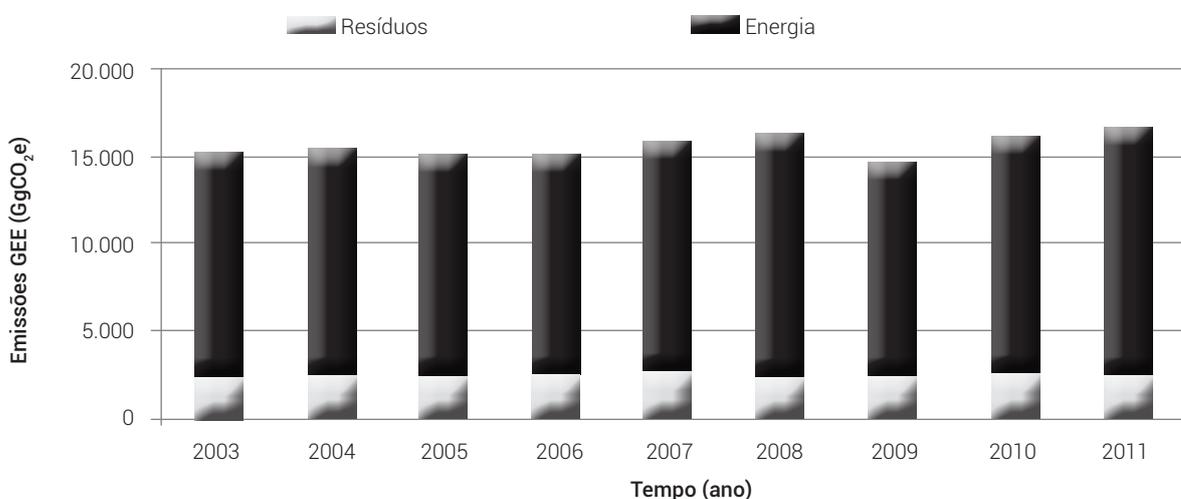
A atualização para os anos de 2010 e de 2011 do inventário de emissões de GEE do Município de São Paulo foi realizada para os setores Energia e Resíduos, devido à representatividade desses Setores, que respondem por mais de 95% das emissões do Município no período de 2003 a 2009. Os resultados consolidados são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 – Emissões totais de GEE de 2003 a 2011**

Setor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	(GgCO <sub>2</sub> 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
<b>Total</b>	<b>15.110</b>	<b>15.325</b>	<b>15.025</b>	<b>15.018</b>	<b>15.772</b>	<b>16.167</b>	<b>14.748</b>	<b>16.087</b>	<b>16.430</b>

Estes dados compõem a Figura 7 apresentada a seguir, onde se verificam picos nas emissões dos anos de 2008, 2010 e 2011, determinados basicamente pelo setor Energia, uma vez que o setor Resíduos não apresentou variação significativa no período inventariado.

**Figura 7 – Evolução das emissões dos setores Energia e Resíduos**

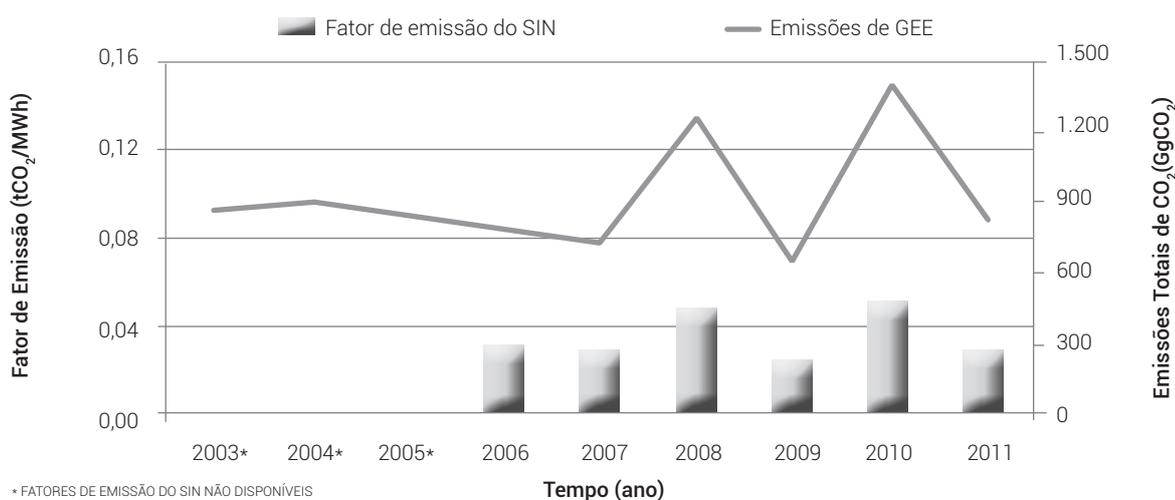


NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Em 2007, também é observada uma elevação nas emissões de GEE do Município. Neste caso, há contribuição tanto do setor Resíduos quanto do setor Energia. No setor Resíduos, este aumento está relacionado com a venda dos créditos de carbono dos projetos Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) dos aterros municipais. Através dessa venda, os direitos à redução das emissões obtidas nestes projetos são transferidos para a instituição que comprou os créditos de carbono. No setor energia, deve-se principalmente ao aumento do consumo de diesel e gás natural veicular (GNV) no Município.

Os picos nas emissões de 2008 e 2010 foram influenciados majoritariamente pela elevação dos fatores de emissão da rede elétrica nacional, conforme o demonstra a Figura 8. Esta elevação está relacionada com as fontes primárias utilizadas para a geração de energia elétrica no País e reflete a entrada em operação de termelétricas a combustíveis fósseis para suprir a demanda por eletricidade nestes anos.

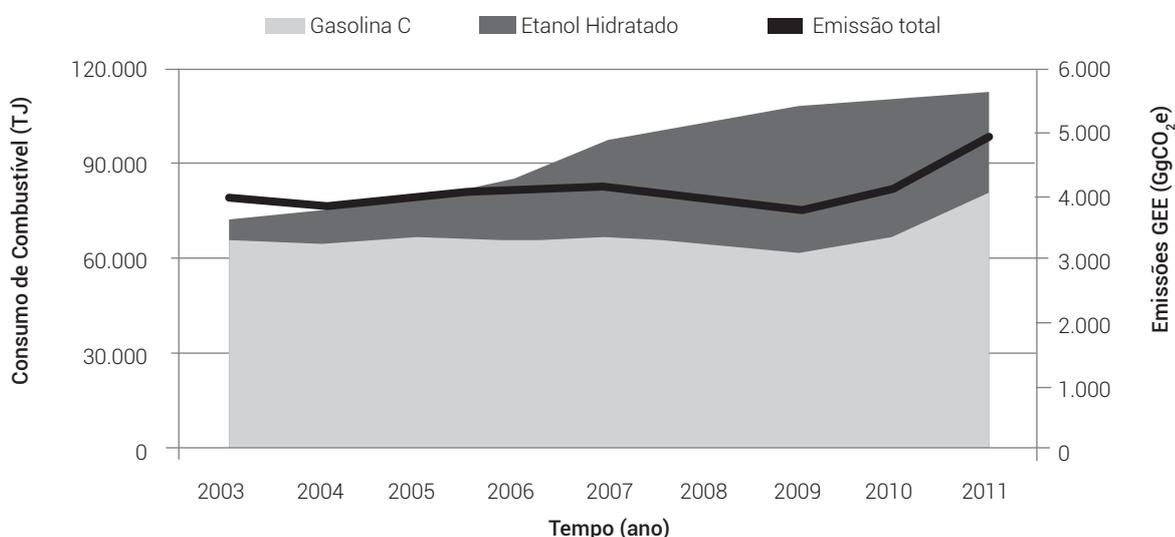
**Figura 8 – Fatores e emissões na geração da eletricidade consumida no Município**



\* FATORES DE EMISSÃO DO SIN NÃO DISPONÍVEIS  
 NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Já em 2011, a situação era diferente. O fator de emissão da rede elétrica nacional havia regredido próximo ao nível habitual. Porém, as emissões de GEE ainda se mantinham elevadas, próximas do nível de 2010. Isso decorre, essencialmente, da mudança no perfil de consumo de combustíveis no Município de São Paulo, ilustrado na Figura 9. A inversão na tendência de consumo observada até 2009 deve-se aos preços praticados para a gasolina e para o etanol, pois, a partir de 2010, o preço do etanol deixou de ser atraente aos consumidores.

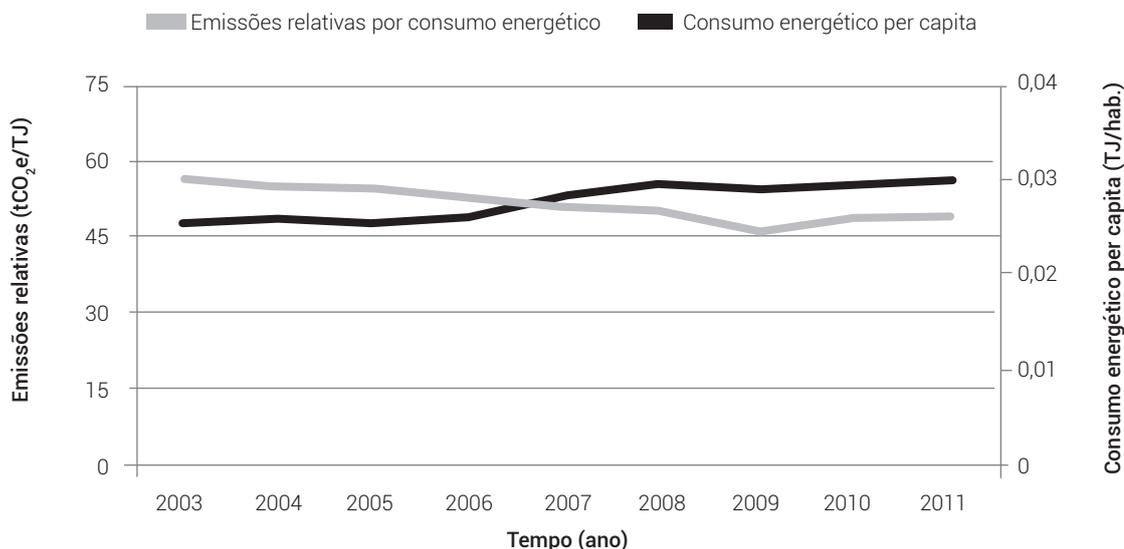
**Figura 9 – Consumo de gasolina e etanol versus emissões de GEE**



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

Os indicadores do Município de São Paulo relacionados ao consumo energético (eletricidade e combustíveis) são apresentados na Figura 10. No período entre 2003 e 2011, o consumo energético *per capita* apresenta uma clara tendência de aumento, enquanto que as emissões relativas do Município por consumo energético apresentam uma redução até 2009. Destaca-se novamente que a resposta das emissões de GEE em sentido contrário ao aumento do consumo energético observado entre 2003 e 2009 deve-se à maior participação do etanol, conforme apresentado anteriormente na Figura 9.

**Figura 10 – Emissões de GEE versus consumo energético**



### 2.3. Cenários de Emissão de GEE

A formulação de cenários de emissão de GEE, ao apontar prováveis comportamentos das emissões em um futuro determinado, auxilia a formulação de políticas públicas. A contabilização das emissões de GEE para o período de 2003 a 2011 inicia uma avaliação histórica, permitindo a análise das tendências em relação às emissões do Município de São Paulo.

Para o estabelecimento dos cenários foi adotado o horizonte temporal de 2040, pois constitui a base do Plano SP 2040, elaborado de modo participativo pela Administração Municipal, universidades, instituições profissionais e organizações da sociedade civil. Para este horizonte temporal foram traçados três cenários de emissão: inercial, pessimista e otimista.

Associar perspectivas de desenvolvimento do Município de São Paulo com seu perfil de emissões de GEE futuro é tarefa bastante complexa e de difícil previsão, dependendo de premissas não completamente consensuais. No entanto, em função do predomínio quase total das emissões dos setores Energia e Resíduos, é certo que qualquer cenário de emissão deve contemplar prioritariamente esses setores.

Para buscar o mínimo consenso sobre algumas premissas para a elaboração dos cenários de emissão, foram realizados um seminário de dia inteiro aberto ao público e duas oficinas de discussão com entidades convidadas que trataram especificamente dos setores Energia e Resíduos do Município de São Paulo.

O Cenário Inercial é conduzido pela manutenção das condições hoje presentes, uma tendência de continuidade, particularmente o crescimento populacional e econômico. Pressupõe a manutenção das diretrizes e tecnologias atuais na gestão de resíduos e energia, em especial o consumo de eletricidade e de combustíveis. Não foram previstas mudanças significativas no uso do solo e foram adotadas as diretrizes do Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, que implica um aumento das emissões do setor IPPU.

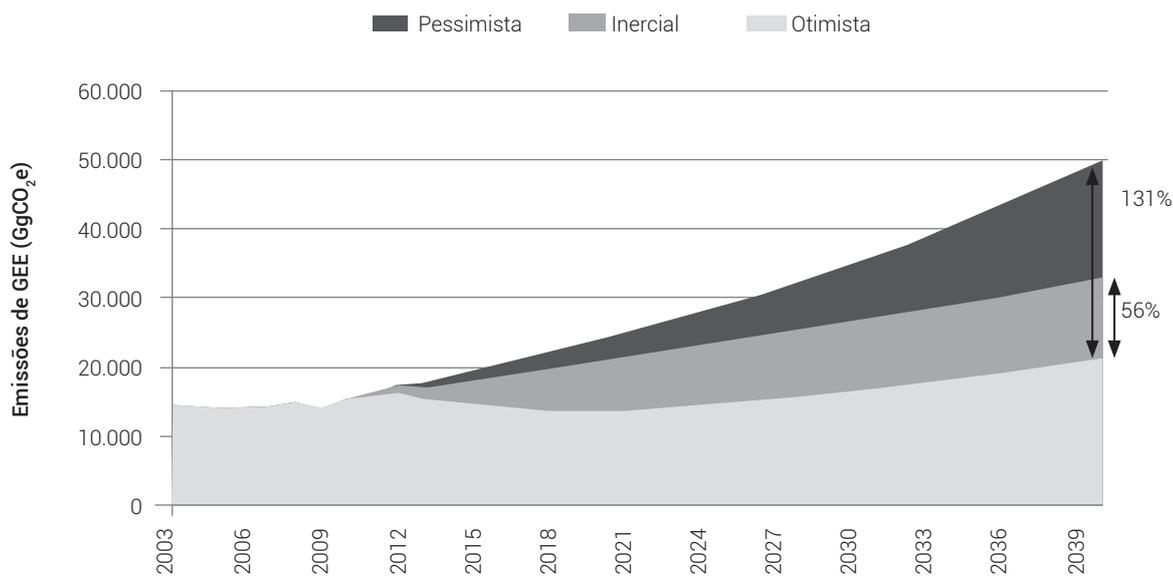
O Cenário Pessimista considera a adoção de práticas contrárias à mitigação das emissões, redundando em situações de maior emissão de GEE, a começar por uma sociedade mais consumista e menos engajada com

a questão ambiental. Para o setor Resíduos, entende-se que não ocorrerá mais a conversão do metano para dióxido de carbono pelo aproveitamento energético do biogás dos aterros. 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 Sistema Interligado Nacional (SIN) tenha uma maior participação de termelétricas a combustível fóssil, e baixo investimento em transporte público, com consequente aumento do consumo de combustível para o transporte individual. 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.

De forma contrária ao cenário anterior, o Cenário Otimista prevê a implementação de ações que visem reduzir as emissões do Município, as quais estão consideradas no planejamento do Município, apresentadas no Plano SP2040. Considera-se para o setor Resíduos um aumento gradativo da quantidade de resíduos sólidos tratados por compostagem e reciclagem, reduzindo o volume enviado para aterros e 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 metro, monotrilho e trem. As emissões pelo consumo de combustíveis apresenta uma redução devido às ações previstas no Plano 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 dos três cenários elaborados é apresentada na Figura 11. Como pode ser observado dependendo dos rumos da gestão do Município nas próximas décadas, a diferença entre as emissões de GEE do Cenário Otimista com as do Cenário Pessimista pode ser de aproximadamente 130%. Deve-se ressaltar que a redução das emissões pode ser mais eficaz com adoção de políticas públicas bem estruturadas e uma gestão comprometida com essa questão ambiental.

**Figura 11 – Cenários de emissões do Município de São Paulo**



NOTA: 1 GG EQUIVALE A MIL TONELADAS

## 2.4. Exemplos de Planos de Ação de Outras Cidades

Como exemplos de políticas públicas voltadas à redução de emissão de GEE adotadas em outras partes do mundo, são apresentadas as principais ações dos planos de redução das cidades de Buenos Aires, Cidade do México, Londres e Nova Iorque.

Nessas cidades, verificou-se que grande parte da redução prevista – em alguns casos em sua totalidade é proveniente de ações voltadas para o setor Energia, com foco em melhoria na eficiência energética, particularmente por se tratar de cidades que têm clima muito frio, e investimentos na geração de energia de fontes renováveis como, por exemplo, na energia solar fotovoltaica.

As informações sobre as cidades escolhidas são sintetizadas na Tabela 7, juntamente com as emissões de GEE reportadas por estas cidades.

**Tabela 7 – Comparação do Município de São Paulo com os quatro municípios escolhidos**

	São Paulo <sup>1</sup>	Cidade do México <sup>2</sup>	Buenos Aires <sup>3</sup>	Nova Iorque <sup>4</sup>	Londres <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	7.732 km <sup>2</sup>	203 km <sup>2</sup>	784 km <sup>2</sup>	1.604 km <sup>2</sup>
Densidade demográfica	7.213 hab./km <sup>2</sup>	2.586 hab./km <sup>2</sup>	14.778 hab./km <sup>2</sup>	10.204 hab./km <sup>2</sup>	4.364 hab./ km <sup>2</sup>
Emissões de GEE per capita	1,4 tCO <sub>2</sub> e/hab.	2,6 tCO <sub>2</sub> e/hab.	5,2 tCO <sub>2</sub> e/ hab.	6,2 tCO <sub>2</sub> e/ hab.	6,4 tCO <sub>2</sub> 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%	-	-	-
<b>Emissões Totais de GEE</b>	<b>15.115 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>51.493 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>15.683 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>49.302 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>45.005 GgCO<sub>2</sub>e</b>

NOTA: 1 GG EQUIVALEM A MIL TONELADAS

FONTE:

<sup>1</sup> IBGE, 2013 E GEOKLOCK, 2012

<sup>2</sup> MÉXICO, 2008; CIDADE DO MÉXICO, 2010

<sup>3</sup> GOVERNO DA CIDADE DE BUENOS AIRES, 2009

<sup>4</sup> NOVA IORQUE, 2008 E 2011; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2013

<sup>5</sup> GREATER LONDON AUTHORITY, 2010A E 2010B.

O plano de ação climática de Buenos Aires, de 2009, estabeleceu a meta de redução de emissões para 2030 em 30% das emissões de 2008. Os principais projetos propostos foram 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; 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 e uso de energia renováveis.

As principais ações do governo da Cidade do México para reduzir as emissões de GEE integram o "*Programa de Acción Climática 2008-2012*". A meta de redução estabelecida é de 7.000 GgCO<sub>2</sub>e no período entre 2008 e 2012, sendo propostas 26 iniciativas de mitigação com maior ênfase em resíduos e transporte, sendo as principais iniciativas: 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. No período 2008-2012 a redução nas emissões de GEE da Cidade do México totalizaram aproximadamente 7.700 GgCO<sub>2</sub>e, cumprindo a meta estabelecida em 2008 para o período.

A Região Metropolitana de Londres tem como meta, até 2025, reduzir 60% das emissões de GEE 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. 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 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 GgCO<sub>2</sub>e 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.

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 as seguintes: 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); fomento ao desenvolvimento de geração de energia renovável; expansão e melhoria do transporte público; promoção do uso de bicicletas, uso de veículos elétricos e o uso compartilhado dos carros; reutilização e reciclagem de 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.

Outro ponto de convergência nas cidades estudadas foi a verificação de um programa de acompanhamento anual das emissões - ou a previsão de sua elaboração nos próximos anos - onde se destaca a importância de um monitoramento da evolução das emissões de GEE em relação às ações implantadas no período para um efetivo gerenciamento do plano de redução.

## 2.5. Emissões dos Corpos D'água do Município

Neste Inventário foi realizado um ensaio de medição das emissões de GEE nos principais corpos hídricos do Município de São Paulo, com coleta de amostras nas represas Billings e Guarapiranga e nos rios Pinheiros, Tamanduateí e Tietê, em pontos localizados de maneira a cobrir a variabilidade espacial desses corpos d'água. A metodologia adotada foi a proposta pela Associação Internacional de Hidroelétricas (IHA) e a UNESCO, com adaptações quando necessário.

Estas medições foram realizadas em caráter experimental, não sendo computadas neste Inventário, uma vez que as emissões provenientes dos efluentes líquidos lançados nos corpos d'água já são previstas no setor Resíduos. A medição objetivou investigar *in concreto* o perfil de emissões causado pelos esgotos nos rios e represas de São Paulo, bem como comparar o resultado medido com aquele calculado nos termos da metodologia do IPCC (2006). Esclarece-se que há muitas incertezas relacionadas com as emissões de GEE dos corpos hídricos, estando relacionadas com a dinâmica dos reservatórios, bastante complexa. No entanto, este ensaio permite ter uma ordem de grandeza, uma aproximação, do significado que as emissões dos efluentes líquidos podem ter para o Município de São Paulo.

Durante a análise dos resultados das medições, verificou-se uma grande variabilidade nas emissões de GEE, tanto ao analisar as emissões ao longo de um mesmo corpo hídrico quanto do mesmo ponto amostrado. Isto demonstra a complexa dinâmica existente nas represas e nos rios amostrados e a influência de condições externas nas emissões, como temperatura, velocidade do vento, regime de chuvas, luminosidade, etc. Todavia, e como exemplo, os resultados das campanhas de amostragem apontaram que esta emissão pode ter a ordem de 55 mil toneladas de metano por ano (emissões difusivas e ebulitivas). Isso demonstra que se trata de assunto que merece maior atenção da administração pública, mas, para melhor compreender a contribuição das emissões dos corpos hídricos é necessário um aprofundamento dos estudos e uma maior frequência no monitoramento.



# Inventory of Anthropogenic Emissions and Removals of Greenhouse Gases of the Municipality of São Paulo from 2003 to 2009, updated for 2010 and 2011 in the Energy and Waste sectors

November/2013

## Index

<b>1.</b> Presentation.....	20
<b>2.</b> Results .....	22
<b>2.1.</b> Greenhouse Gas Emissions from 2003 to 2009.....	22
<b>2.2.</b> GHG Emissions Update for 2010 and 2011 .....	27
<b>2.3.</b> GHG Emission Scenarios.....	29
<b>2.4.</b> Examples of Action Plans from Other Cities.....	31
<b>2.5.</b> Main Water Bodies Emissions of the Municipality of São Paulo.....	32

# 1. Presentation

This publication presents the main results of the “Inventory of Anthropogenic Emissions and Removals of Greenhouse Gases of the Municipality of São Paulo from 2003 to 2009, updated for 2010 and 2011 in the Energy and Waste sectors”.

Greenhouse Gases (GHG) inventories aim to survey emissions and removals of GHG by sources and sinks resulting from human activities. From the information presented in the inventory it is possible to follow the emissions evolution and to monitor their principal sources and to identify possible reduction opportunities, supporting the preparation of public policies.

This inventory responds to the Climate Change Policy of the Municipality of São Paulo, created by the municipal law nº 14.933, of 2009, which established the accomplishment and publication, every five years, of a GHG inventory, using internationally accepted methodologies. The process from which this law is a landmark, one of pioneers in Brazil, will result, in the long term, in changes in the present production and consumption patterns, modifying society behavior and inducing transformation in the city's structure and development.

In addition to the Inventory itself, emission scenarios were projected for the time horizon 2040, in order to assist in the preparation of mitigation and adaptation policies. The scenarios can also support the works of the Climate Change Municipal Committee and the studies of its working groups, which are Energy, Transport, Health, Civil Construction, Land Use and Waste. Finally, it is highlighted that for the first time a campaign to measure GHG emissions of the most important water bodies within the Municipality was performed.

This Inventory is a subproject of the Window 5 – Individual Transportation Demand Management of the Program Sustainable Transport and Air Quality (STAQ), sponsored by the Global Environment Facility (GEF) through the World Bank, locally managed by the Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), having been carried out by the contracted partnership Instituto Ekos Brasil and Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental, under the technical supervision of the Secretariat for the Greening and the Environment of the Municipality of São Paulo.

The Inventory and the intermediate reports achieved under this contract may be accessed in the Municipality of São Paulo web page, [http://www.prefeitura.sp.gov.br/meio\\_ambiente](http://www.prefeitura.sp.gov.br/meio_ambiente).

**Methodology** • The methodology applied in this Inventory is the “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”<sup>1</sup>, used by the United Nations in international negotiations. This methodology was adapted for municipal level when necessary.

The 1st Inventory of the Municipality of São Paulo GHG emissions (base year 2003) reports a total emission of 15.7 thousand GgCO<sub>2</sub>e<sup>2</sup> calculated applying the 1996 version of the IPCC methodology, the same as used in the Brazil and São Paulo State Inventories. Considering the IPCC methodological update in 2006, emissions from year 2003 were recalculated based on this new version.

The IPCC (2006) methodology sets emissions quantification by the following sectors: Energy, Waste, Industrial Process and Products Use (IPPU); Agriculture, Forest and Other Land Use (AFOLU). The GHG to be inventoried are those established by the Kyoto Protocol.

In this Inventory, GHG emissions are presented in Equivalent Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>e) applying the Global Warming Potential (GWP) for comparison among GHGs. Table 1 shows the inventoried GHG and their respective GWP.

**Table 1 – GHG global warming potential**

GHG	Formula	GWP – 100 years
Carbon dioxide	(CO <sub>2</sub> )	1
Methane	(CH <sub>4</sub> )	21
Nitrous oxide	(N <sub>2</sub> O)	310
Sulfur hexafluoride	(SF <sub>6</sub> )	23.900
Hydrofluorocarbons	(HFCs)	140 - 11.700
Perfluorocarbons	(PFCs)	6.500 - 9.200

The chlorofluorocarbons (CFCs) and hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) contribute to global warming. But, they are also Ozone Depleting Substances (ODS), controlled by Montreal Protocol. Therefore these emissions are quantified and reported as additional information, not being accounted in this Inventory.

<sup>1</sup> Available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

<sup>2</sup> GgCO<sub>2</sub>e (giga gram of equivalent carbon dioxide) – mass unit that corresponds to thousand tons of equivalent carbon dioxide

## 2. Results

### 2.1. Greenhouse Gas Emissions from 2003 to 2009

#### Emissions by sector

The Municipality of São Paulo Greenhouse Gas Emissions (GHG) Inventory covers years 2003 to 2009 and is presented in Table 2 by sectors, according to IPCC (2006) methodology.

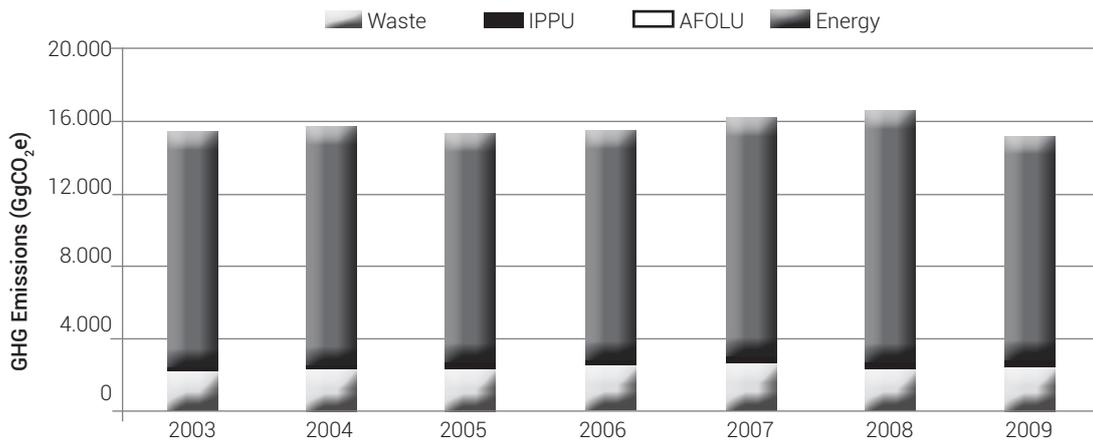
**Table 2 – Municipality of São Paulo GHG emissions summary by sector (2003 - 2009)**

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO <sub>2</sub> e)						
Waste	2,199	2,260	2,335	2,474	2,658	2,307	2,363
AFOLU	10	10	9	10	10	9	8
Energy	12,911	13,065	12,689	12,544	13,114	13,860	12,384
IPPU	206	224	251	268	301	350	359
<b>Total</b>	<b>15,326</b>	<b>15,558</b>	<b>15,285</b>	<b>15,295</b>	<b>16,083</b>	<b>16,526</b>	<b>15,115</b>

NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

The Municipality of São Paulo GHG emissions development by sector is shown in Figure 1. The variation of GHG emissions by sector is not significant in the period from 2003 to 2009.

**Figure 1 – Annual GHG emissions by sector in the Municipality of São Paulo (2003 - 2009)**

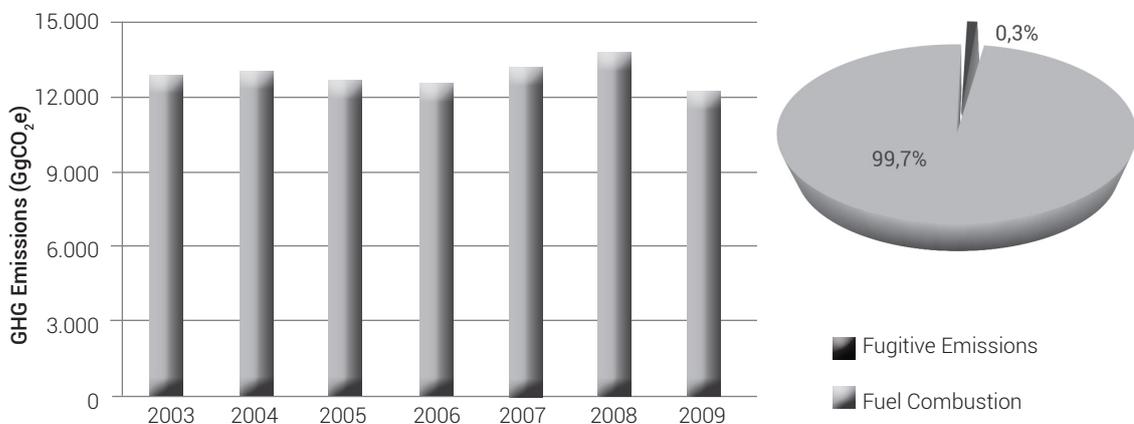


NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

Emissions considered in the Energy sector are those generated by fuel combustion and by occasional fugitive emissions of natural gas distribution. Energy is the most representative sector, accounting for 82% of São Paulo emissions in 2009, followed by the Waste sector, that accounts 16% of GHG emissions in the same year. Both these sectors amount to 98% of the Municipality of São Paulo emissions.

The Energy sector and subsectors emissions are presented in Figure 2. The fuel combustion in mobile sources (in means of transport) and stationary sources (boilers, stoves, etc.) correspond to almost the totality of emissions in the Energy sector.

**Figure 2 – Annual GHG emissions in Energy sector of the Municipality of São Paulo by subsector (2003 - 2009)**

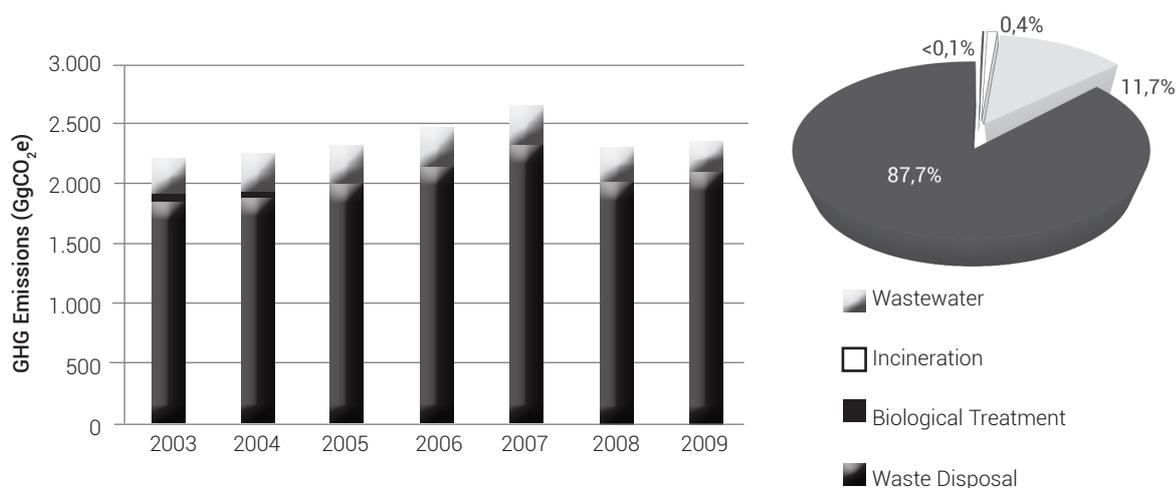


NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

The Waste sector is the second in the Municipality of São Paulo GHG emissions. This sector considers emissions from disposal of solid waste and wastewater treatment that are generated in São Paulo.

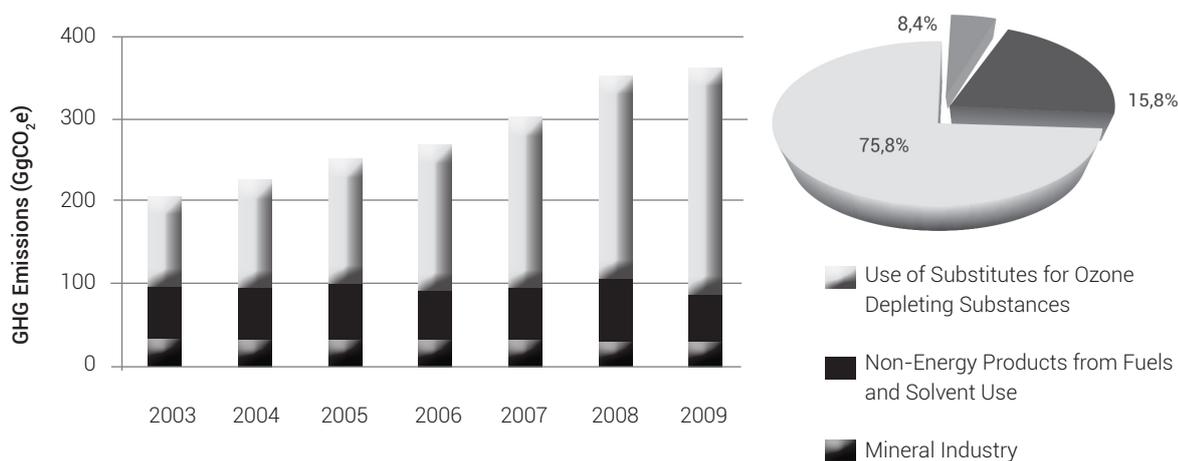
Figure 3 presents the Waste sector emissions by subsector. The most representative subsector is Solid Waste Disposal, that accounts approximately 88% of sector's emissions in the period between 2003 and 2009. The second one, accounting for 12% of the sector presents emissions is the Wastewater subsector. The identified emissions are from wastewater treatment in sewage treatment plants, pits and latrines, and from discharge of treated and untreated wastewater in rivers and lakes. The other two subsectors, biological treatment and incineration, represent less than 1% of sector emissions. The biological treatment of solid waste in the Municipality of São Paulo was the composting, which operated only in 2003 and 2004. Incineration of solid waste is applied only to chemical clinical waste.

**Figure 3 – Annual GHG emissions in the Waste sector of the Municipality of São Paulo by subsector (2003 - 2009)**



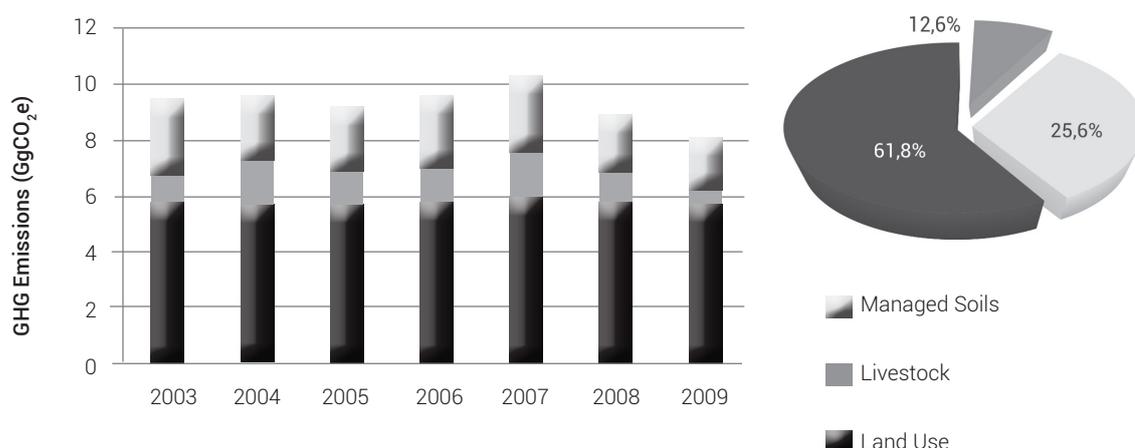
The IPPU sector considers emissions released from non-energy uses of fossil fuel carbon, from use of substances with global warming potential that are substitutes for Ozone Depleting Substances (ODS) and from industrial process. Its emissions are presented in Figure 4 by subsector. The Uses of Substitutes for Ozone Depleting Substances subsector is the most representative in the period, accounting for approximately 76% of the sector's emissions. An increase over time is observed, but a elimination is expected due to the gradual replacement of ODS until its complete banishment as determined in the Brazilian programs of CFCs and HCFCs elimination. The Non-Energy Products from Fuel and Solvent Use subsector includes emissions from non-energy use of lubricants and paraffin in the Municipality of São Paulo. In industrial processes within the Municipality boundaries, only GHG emissions from glass production were identified, which means only the Mineral Industry subsector.

**Figure 4 – Annual GHG emissions in the IPPU sector of the Municipality of São Paulo by subsector (2003 - 2009)**



The AFOLU sector counts emissions from livestock, from agricultural practices and from land use of the Municipality territory, presented in Figure 5. The most representative subsector observed in the period from 2003 to 2009 was the Land Use, which comprises the GHG emissions and removals related to land use changes in São Paulo Municipality, i.e. emissions mainly caused by deforestation and removals related to reforestation, accounting for 62% of sector emissions. Emissions accounted in the Managed Soils subsector are related to the application of lime and urea in soil. In the Livestock subsector the emissions accounted are derived from enteric fermentation and livestock manure management.

**Figure 5 – Annual GHG emissions in the AFOLU sector of the Municipality of São Paulo by subsector (2003 - 2009)**



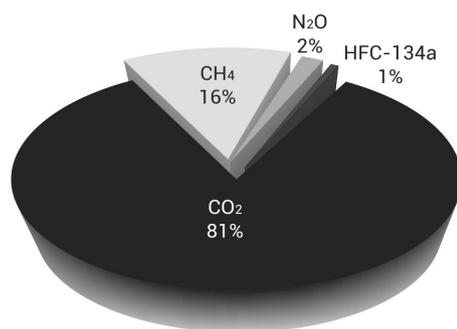
**Emissions by GHG released** • The predominance of Energy and Waste sectors in the Inventory reflects the Municipality of São Paulo economic profile, as commerce and service activities currently prevail over others. The industry slowly moved to other municipalities or states for environmental reasons and there is very little agriculture in the Municipality. Table 3 presents the Municipality's emissions by GHG type. The gases with most relevant emissions in the inventoried period were CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> gases, which are mainly emitted by the Energy and Waste sectors, respectively. SF<sub>6</sub> and PFCs gas emissions were not identified due to the difficult access to information, as industries are controlled in the state and federal level, and also because industrial processes that use those substances are likely situated in other municipalities.

**Table 3 - Annual GHG emissions by gas (2003 - 2009)**

GHG	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO <sub>2</sub> e)						
CO <sub>2</sub>	12,665	12,859	12,474	12,266	12,788	13,430	11,994
CH <sub>4</sub>	2,262	2,276	2,369	2,539	2,720	2,469	2,461
N <sub>2</sub> O	286	292	290	313	366	382	388
SF <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	-	-
PFCs	-	-	-	-	-	-	-
HFC-134a	112	131	152	178	209	245	272
<b>Total</b>	<b>15,326</b>	<b>15,558</b>	<b>15,285</b>	<b>15,295</b>	<b>16,083</b>	<b>16,526</b>	<b>15,115</b>

The Municipality of São Paulo GHG emissions profile by gas is presented in Figure 6.

Figure 6 – Municipality of São Paulo emissions profile by GHG (2003 - 2009)



**Emissions reported but not accounted** • In the Municipality of São Paulo, an important part of CO<sub>2</sub> emissions is from biogenic origin, which integrates into the carbon cycle in the environment in a short time period. In accordance with the adopted methodology, these emissions shall not be accounted in the total Municipality's emissions but reported as additional information. The CO<sub>2</sub> emissions of biogenic origin in Energy sector of the Municipality of São Paulo, generated by biofuel combustion such as ethanol and biodiesel utilized in vehicles, and by landfill gas utilized in electric energy generation, are presented in Table 4.

Table 4 – Biogenic CO<sub>2</sub> emissions

Category	Source	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		(GgCO <sub>2</sub> e)						
Transport	Anhydrous Ethanol	792	846	873	719	840	855	805
Transport	Hydrated Ethanol	448	672	752	1,351	2,090	2,596	3,216
Transport	Biodiesel	-	-	-	-	-	100	136
Energy Generation	Landfill gas	-	47	60	87	81	119	145
<b>Total biogenic CO<sub>2</sub></b>		<b>1,240</b>	<b>1,565</b>	<b>1,685</b>	<b>2,158</b>	<b>3,011</b>	<b>3,669</b>	<b>4,302</b>

As shown in Table 4, biogenic CO<sub>2</sub> emissions between 2003 and 2009 show a sharp increase, reflecting the greatest biofuels consumption in the reporting period. Since the introduction of flex fuel vehicles in 2003, the hydrated ethanol consumption is growing. The available option between fossil fuel and biofuels avoided an increase of 30% in São Paulo Municipality's GHG emissions in 2009.

CFCs and HFCs emissions were quantified and reported separately in this Inventory according to IPCC (2006) guidelines, as they are substances controlled by Montreal Protocol. These emissions were accounted from substances used in the IPPU sector such as cooling fluid in air conditioning systems and refrigerators, propellants in aerosols and as expansion agents in foam production. The use of these substances is foreseen to be gradually eliminated because they are Ozone Depleting Substances (ODS). In Table 5, GHG emissions controlled by Montreal Protocol are presented by each identified substance.

**Table 5 – Montreal Protocol GHG emissions**

GHG	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(GgCO <sub>2</sub> 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
<b>Total</b>	<b>775</b>	<b>829</b>	<b>808</b>	<b>864</b>	<b>910</b>	<b>870</b>	<b>805</b>

## 2.2. GHG Emissions Update for 2010 and 2011

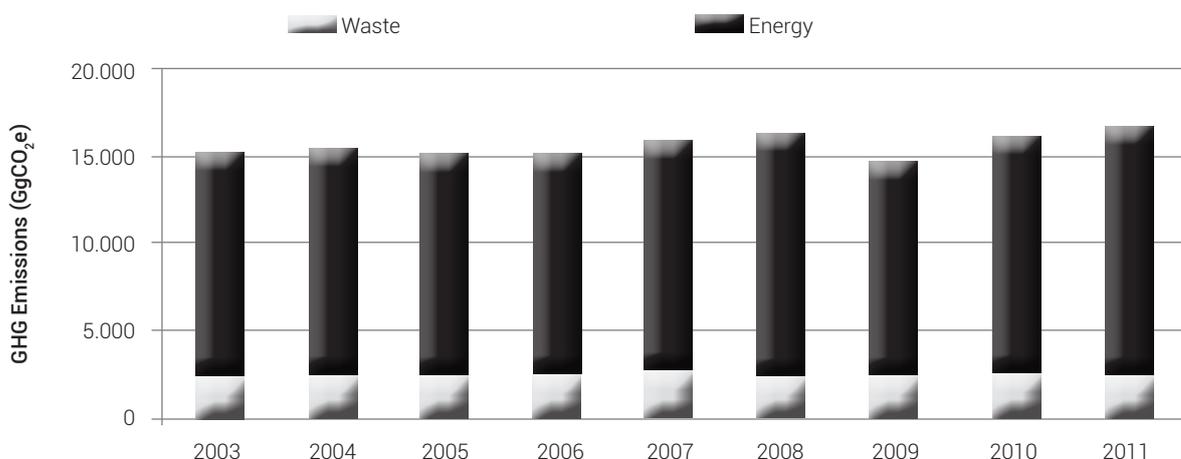
The São Paulo Municipality's GHG emissions update for the years 2010 and 2011 was performed for the Energy and Waste sectors based on its representativeness, which respond for more than 95% of Municipality's emissions in the period from 2003 to 2009. The consolidated results are shown in Table 6.

**Table 6 – Total GHG emissions from 2003 to 2011**

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	(GgCO <sub>2</sub> e)								
Energy	12,911	13,065	12,689	12,544	13,114	13,860	12,384	13,642	13,990
Waste	2,199	2,260	2,335	2,474	2,658	2,307	2,363	2,445	2,440
<b>Total</b>	<b>15,110</b>	<b>15,325</b>	<b>15,025</b>	<b>15,018</b>	<b>15,772</b>	<b>16,167</b>	<b>14,748</b>	<b>16,087</b>	<b>16,430</b>

The Energy and Waste GHG emissions from 2003 to 2011 are presented in Figure 7 below. In 2008, 2010 and 2011 the emissions reach higher values, which are mainly influenced by the Energy sector. The Waste sector did not present a significant variation in the inventoried period.

**Figure 7 – Energy and Waste sectors emissions development**



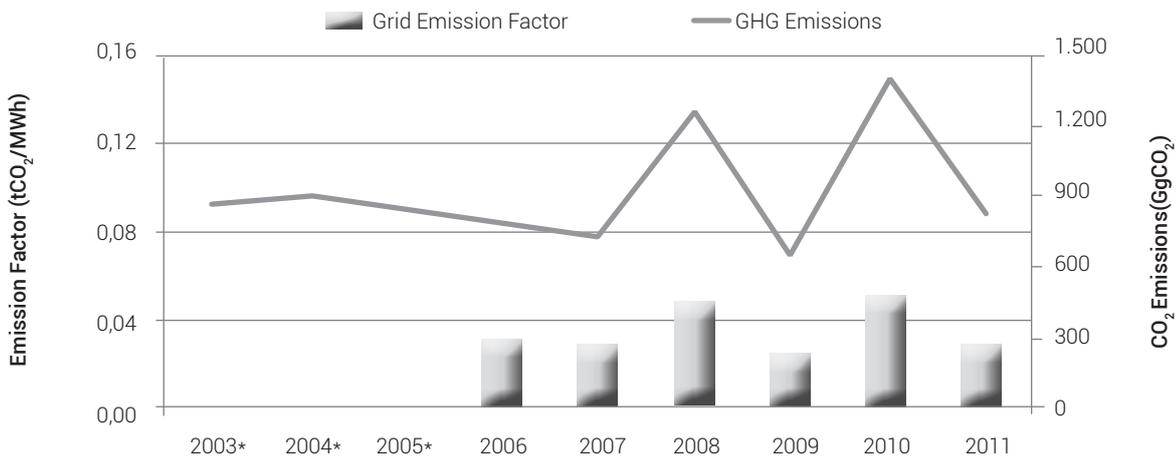
NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

In 2007, an increase can also be observed in the Municipality of São Paulo GHG emissions. In this case, there is a contribution from both Energy and Waste sectors. The increase in the Waste sector is related to the sale of carbon credits from Clean Development Mechanism (CDM) project in municipal waste disposal sites.

By this sale, the rights of emission reduction obtained in these projects were transferred for the institution that bought the carbon credits. In the Energy sector, the emissions increment is mainly related to an increase in diesel and natural gas consumption by vehicles in the Municipality.

The peaks in 2008 and 2010 emissions were mostly influenced by national grid emission factors rising as presented in Figure 8. This rise is related to the primary sources used for electric energy generation in the Country and reflects the start in operating fossil fuel thermoelectric plants to supply the momentary demand for electricity in these years.

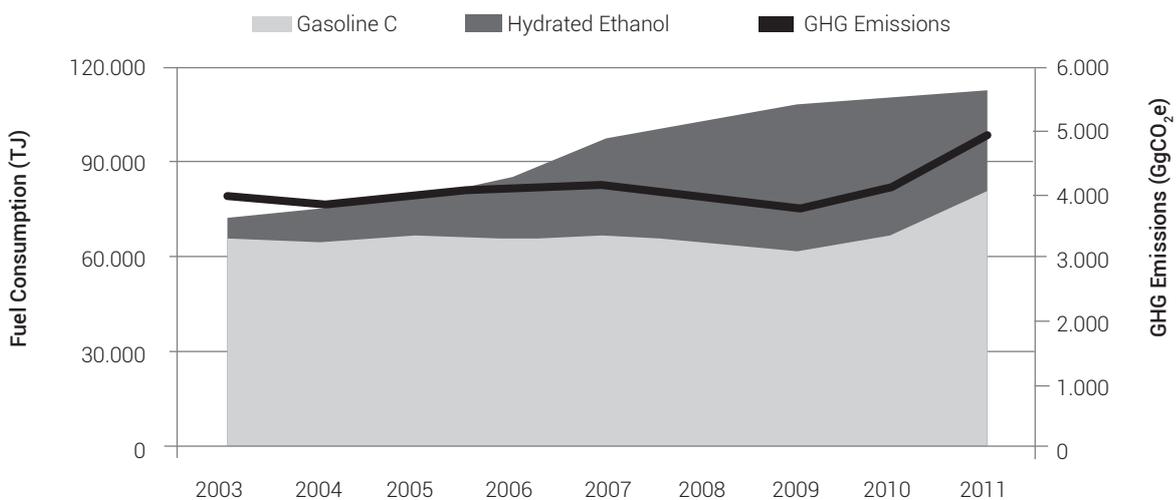
**Figure 8 – Factors and emissions in generation of the electricity consumed in the Municipality of São Paulo**



\* GRID EMISSION FACTOR NOT AVAILABLE  
NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

In 2011, the situation was different. The national grid emission factor had regressed close to the usual level. However, total GHG emissions remained high near to the 2010 level. It is caused essentially by a change in the fuel consumption profile in the Municipality of São Paulo, shown in Figure 9. The change in the consumption trend observed up to 2009 is related to the gasoline and ethanol prices, when the ethanol price became unattractive to the consumers after 2010.

**Figure 9 – Gasoline and ethanol consumption versus GHG emissions**

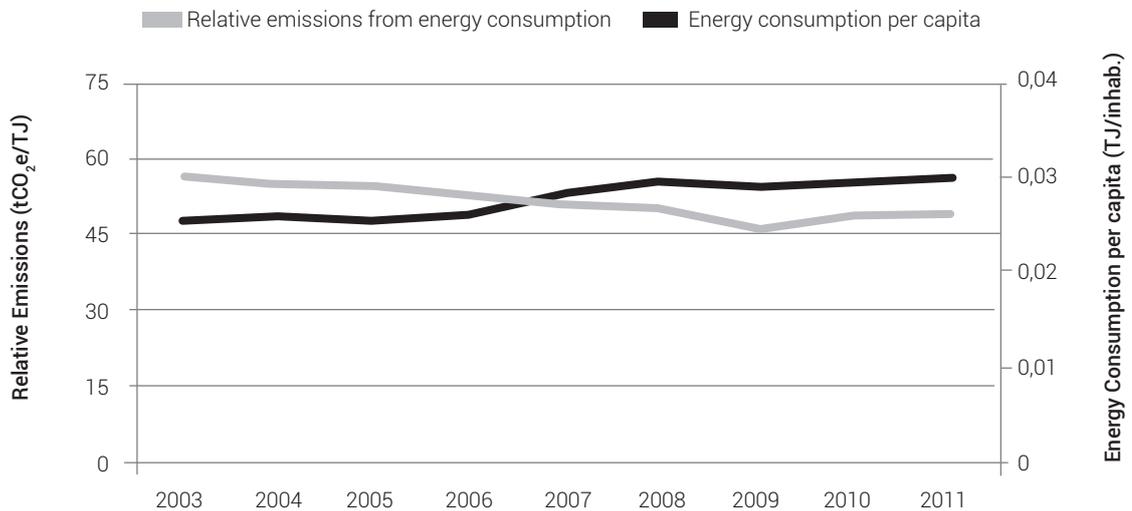


NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

The indicators related to energy consumption (electricity and fuels) for the Municipality of São Paulo are

presented in Figure 10. In the period between 2003 and 2011, the energy consumption per capita shows an increasing tendency while the relative Municipality emissions from energy consumption present a reduction trend between 2003 and 2009. An opposite response of GHG emissions to the energy consumption observed from 2003 to 2009 is mainly due to the participation of ethanol consumption, as presented previously in Figure 9.

**Figure 10 – GHG emissions versus energetic consumption**



### 2.3. GHG Emission Scenarios

The formulation of GHG emission scenarios intend to build an image of future emissions in a determined time, aiming to assist the preparation of public policies. The GHG emissions accounting for the period from 2003 to 2011 begins an historic assessment which permits a trend analysis related to the emissions of the Municipality of São Paulo.

To establish the scenarios the time frame adopted was 2040 because it is the base year of the SP 2040 Plan, which was developed by a participative group including the Municipal Administration, universities, professional institutions and civil society organizations. To this time frame was drawn three emission scenarios: inertial, pessimistic and optimistic.

The development perspectives of the Municipality of São Paulo and its future GHG emission profile is a complex assignment, of hard prediction, depending on assumptions not always completely agreed upon. However, as a result of the predominance of the Energy and Waste sectors in total Municipality's emission, it is certain that any emission scenario must give priority to these sectors.

To find a minimal consensus about some of the assumptions to develop the emission scenarios, one open seminary and two workshops with invited entities were held to deal specifically with the Energy and Waste sectors of the Municipality of São Paulo.

The Inertial Scenario was defined as the maintenance of current conditions, a continuity trend, particularly population and economic growth. Presupposing the continuity of current guidelines and technologies in waste and energy management, specially on electricity and fuel consumption. Meaningful changes were not considered in the Land Use sector. The adopted guidelines for the IPPU sector were from the Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (Brazilian Ozone Depleting Substances Elimination Program), which implies an increase in IPPU emissions.

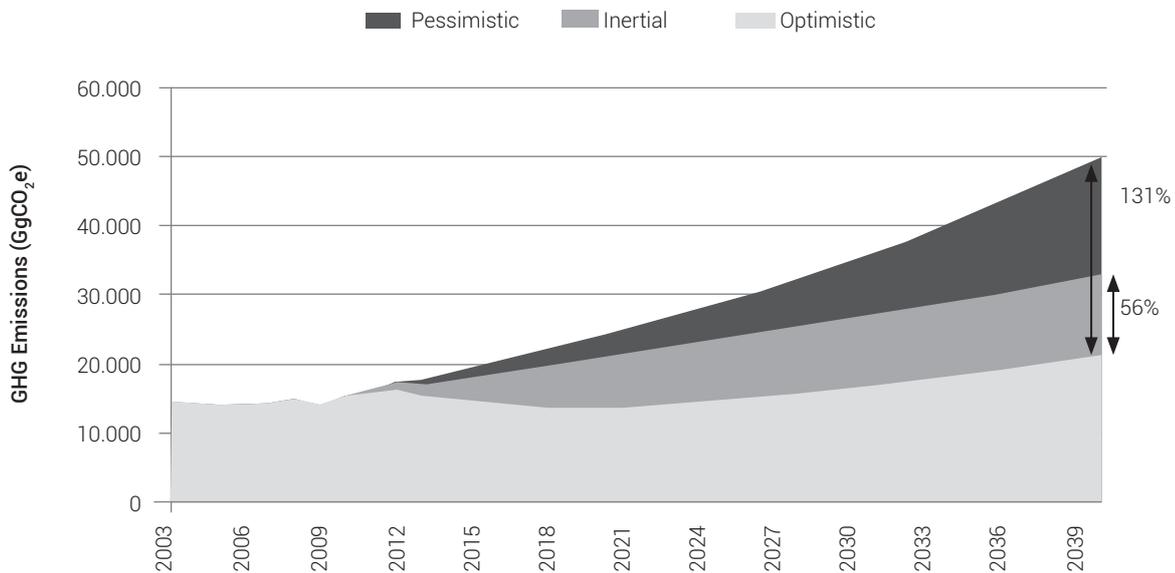
The Pessimistic Scenario considers actions against the emissions mitigation, leading to conditions of high-

er GHG emissions, based on a more consumerist and less environmentally engaged society. For the Waste sector, it considered that the conversion of landfill methane to carbon dioxide for energy purposes would end. In the Energy sector, the electric energy generation will be more carbon intensive than nowadays. Thus, it is considered the dispatched energy to the National Interconnected System (SIN<sup>3</sup>) will have a higher contribution of fossil fuel thermoelectric plants. It also considered a low investment in public transport and the consequent increase in fuel consumption for individual transport. The scenario for the AFOLU sector takes into account a fixed rate of deforestation in the Municipality of São Paulo. The IPPU sector considers a GHG emissions increase due to greater consumption of products which use GHG.

The Optimistic Scenario forecasts an implementation of actions intending to reduce the Municipality emissions, as established in the SP 2040 Plan. The Waste sector considers a gradual increase in the amount of solid waste treated by composting and recycling, reducing the solid waste amount sent to landfills. It also considers a scenario of 100% collection and treatment of the wastewater. The Energy sector considered there will be a progress in electricity generation by renewable sources, which results in a reduction of SIN emission factors; also accounts an increase in electricity consumption related to the expansion of sewage treatment plants and subway, monorail and train lines. The fuel consumption emissions would reduce based on actions established in the SP 2040 Plan, as in the replacement of diesel in public transport for biodiesel, the reduction of trips made by individual modes of transportation and the choice for using ethanol instead of gasoline. The AFOLU sector considers a scenario of carbon absorption because of an increase in green areas in the Municipality, in accordance with the SP 2040. For the IPPU sector, the perspective is an emissions increase until 2019 associated to the total replacement of ODS, followed by a reduction due to new technologies that may allow an alternative to replace or reduce HFCs uses.

The GHG emissions projection for the three prepared scenarios is presented in Figure 11. Depending on the parameters adopted by the municipal management in the next decades, the difference between GHG emissions of the Optimistic Scenario and the Pessimistic Scenario can reach approximately 130%. It is important to highlight that emission reduction can be more efficient with well structured public policies and a management engaged with these environmental issues.

**Figure 11 – Emissions scenarios for São Paulo Municipality**



NOTE: 1 GG EQUALS A THOUSAND TONS

<sup>3</sup> Initials of *Sistema Interligado Nacional*, in portuguese.

## 2.4. Examples of Action Plans from Other Cities

As worldwide examples of public policies focused to GHG emission reduction, the study presents the main actions of the reduction plans of four big cities: Buenos Aires, Mexico City, London and New York.

In these cities, the major part of the expected reduction – in some cases its totality – is from actions in the Energy sector focused on energy efficiency improvements, especially related to climate conditions, i.e. cold or warm weather, and investments in energy generation from renewable sources, such as photovoltaic solar energy.

Information about the chosen cities is summed up in Table 7. For comparison purposes, São Paulo Municipality's emissions are also presented.

**Table 7 – Comparison between São Paulo City and the other four chosen cities**

	São Paulo <sup>1</sup>	Mexico City <sup>2</sup>	Buenos Aires <sup>3</sup>	New York <sup>4</sup>	London <sup>5</sup>
Inventoried year	2009	2008	2008	2009	2008
Coverage	São Paulo City	Mexico City + 59 cities	Buenos Aires City	New York City	London + 32 cities
Population	11 million	20 million	3 million	8 million	7 million
Area	1,525 km <sup>2</sup>	7,732 km <sup>2</sup>	203 km <sup>2</sup>	784 km <sup>2</sup>	1,604 km <sup>2</sup>
Demographic density	7,213 inhab./km <sup>2</sup>	2,586 inhab./km <sup>2</sup>	14,778 inhab./km <sup>2</sup>	10,204 inhab./km <sup>2</sup>	4,364 inhab./km <sup>2</sup>
GHG emissions per capita	1.4 tCO <sub>2</sub> e/inhab.	2.6 tCO <sub>2</sub> e/inhab.	5.2 tCO <sub>2</sub> e/inhab.	6.2 tCO <sub>2</sub> e/inhab.	6.4 tCO <sub>2</sub> e/inhab.
GHG emissions - Energy	81.9%	62.6%	94.1%	98.1%	100%
GHG emissions - Waste	15.6%	15.5%	5.9%	0.6%	-
GHG emissions - IPPU	2.4%	21.9%	-	1.3%	-
GHG emissions - AFOLU	0.1%	<0.1%	-	-	-
<b>Total GHG emissions</b>	<b>15,115 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>51,493 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>15,683 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>49,302 GgCO<sub>2</sub>e</b>	<b>45,005 GgCO<sub>2</sub>e</b>

NOTE: 1 GG EQUALS THOUSAND TONS

SOURCES:

<sup>1</sup> IBGE, 2013 E GEOKLOCK, 2012

<sup>2</sup> MEXICO, 2008; MEXICO CITY, 2010

<sup>3</sup> BUENOS AIRES GOVERNMENT, 2009

<sup>4</sup> NOVA YORK, 2008 E 2011; UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2013

<sup>5</sup> GREATER LONDON AUTHORITY, 2010A E 2010B.

The climate action plan of Buenos Aires, published in 2009, establishes an emissions reduction target of 30% by 2030 based on the 2008 emissions. The main proposed projects were the reduction in energy consumption by the thermal insulation of buildings (average temperature in Buenos Aires varies between 7°C to 15°C in winter, and between 20°C to 30°C in summer), better energy efficient equipment or appliances in public and private sectors, replacement of fossil fuels with alternative fuels in transport, incentives to use public or non motorized transport, methane destruction in landfills, waste recycling and use of renewable energy.

The main actions of Mexico City to reduce the GHG emissions are part of the "Programa de Acción Climática 2008-2012". The reduction target is 7,000 GgCO<sub>2</sub>e in the period between 2008 and 2012, with 26 mitigation initiatives focused on waste and transport. The main initiatives are: incentives in the use of public or non motorized modes of transportation, use of renewable fuel in transport, vehicle restriction circulation in Mexico City, energy exploitation of Bordo Poniente landfill gas, waste recycling, rational water use, improvements in sewage treatment processes, energy efficiency improvements in building and in subway facilities, incentives for solar

energy use, preservation and recovery of conservation areas by reforestation. In the period between 2008 and 2012, Mexico City's emission reduction was about 7,700 GgCO<sub>2</sub>e achieving the target established in 2008 for this period.

The reduction target of the London metropolitan area is 60% in GHG emissions by 2025 based on 1990 levels. The strategies to reduce emissions consist in focused actions for buildings, transport and green economy. Those actions are listed in the "Mayor's Transport Strategy" and "The London Plan", published, respectively, in 2010 and 2011. The main actions presented by London Metropolitan Area to reduce its GHG emissions are: exploitation of waste energy, development of low carbon energy generation technologies, improvements in operational efficiency of transport focused on reduction of unnecessary GHG emissions, support in the development and use of low carbon vehicles, technologies and energy, investments in low carbon modes of transportation including walking mobility incentives, cycling and public transport. It also intends to promote goods transportation by railways or waterways. According to the "Mayor's Transport Strategy" projections, the reduction in GHG emissions may reach around 6,500 GgCO<sub>2</sub>e by 2025 comparing to emissions that should happen if no action was taken until the same year. This demonstrates the importance of actions in London transport to accomplish the GHG emissions reduction target.

The New York City target is to reduce 30% of GHG emissions by 2017 based on the 2006 level. To reach the target, four fronts of actions are proposed: efficient building; clean energy supply; sustainable transport; and solid waste, wastewater and fugitive emissions. Following are the main actions: sustainable building regulations, improvements in the energy efficiency of buildings (average temperatures in New York City varies between -3°C to 4°C in winter, and between 20°C to 30°C in summer); encouraging the development of renewable energy generation; expansion and improvement of public transportation; promote the use of bicycles, electric vehicle and car pooling; waste reuse and recycling. For this ambitious target, New York City annually elaborates its GHG emissions inventory to verify the emissions trends and the efficiency of the reduction actions taken.

A common practice identified in the studied cities is the annual monitoring emissions report – or the expectation of its elaboration in coming years – highlighting the importance of monitoring the GHG emissions related to the actions adopted in the period for an effective management of the reduction plan.

## 2.5. Main Water Bodies Emissions of the Municipality of São Paulo

In this Inventory, a measurement campaign of GHG emissions of the main water bodies of the Municipality of São Paulo was performed. Samples were collected from Billings and Guarapiranga reservoirs and from Pinheiros, Tamanduatei and Tietê rivers at previously selected points in order to cover the spatial variability of these water resources. The adopted methodology was the proposed by the International Hydropower Association (IHA) and UNESCO.

These measurements were carried out experimentally, not being computed in this Inventory since the emissions mainly originate from the wastewater discharged in water bodies are already accounted in the Waste sector. The objective of measurement was to investigate the emissions profile of the sewage discharge in São Paulo's rivers and reservoirs, as well as to compare the measured emissions with the calculated emissions using the IPCC (2006) methodology. It is important to note that these measurements contain lots of uncertainties, which are associated to the very complex reservoir dynamics. However, it brings an estimative of the wastewater emissions representativeness for the Municipality of São Paulo.

In the measurement analysis, a huge variability in GHG emission values appeared not only throughout the same water body but also at the same sampling point. This fact shows the existence of complex dynamics in the reservoirs and rivers sampled and the influence of external conditions such as temperature, wind speed, precipitation, luminosity, etc. The measurement results have shown emissions of about 55 thousand tons of methane a year (diffusive and ebullitive emissions). Indeed, emissions from the main water bodies deserves special attention, requesting a detailed and higher frequency monitoring to reach a better understanding of the water bodies emissions contribution.





 **PREFEITURA DE  
SÃO PAULO**  
VERDE E MEIO AMBIENTE

**ANIP**

