

INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO EM 2012 E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO MUNICIPAL PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES

Resumo Técnico

Prefeito da Cidade do Rio de Janeiro

Eduardo Paes

Secretário Municipal de Meio Ambiente

Carlos Alberto Muniz

Subsecretário Municipal de Meio Ambiente

Altamirando Fernandes de Moraes

Equipe da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro

Nelson Moreira Franco – Coordenação

Equipe técnica

Cláudia Fróes Ferreira

Rodrigo Rosa

Luiz Paulo Gerbassi

José Henrique Penido

Sergio Besserman

Luiz Roberto Arueira da Silva

Felipe Cerbella Mandarino

Marcio Moura Motta

Marcelo Hudson

Marcelo Abelheira

Elaine Martins Barbosa

Equipe Centro Clima/COPPE/UFRJ

Prof. Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc – Coordenador Geral

Flavia B. Carloni, D.Sc. – Coordenadora Executiva

Equipe técnica

Gabriela Nadaud, M.Sc PPE – Pesquisadora

Gustavo Malaguti, M. Sc. – Pesquisador e doutorando PPE

Patrícia Turano de Carvalho, M.Sc PPE – Pesquisadora

Raymundo Aragão, M.Sc – Pesquisador e doutorando PPE

Renzo Solari, M.Sc PPE – Pesquisador

Saulo Loureiro, M.Sc – Pesquisador e doutorando PPE

Tomás Bredariol – Pesquisador e Mestrando IE/UFRJ

Estagiários

Gabriel Pitta – Graduando Poli/UFRJ

Kárys Prado – Graduanda Poli/UFRJ

Vitor de Oliveira Carvalho – Graduando Poli/UFRJ

Camila Neves – Graduanda Poli/UFRJ

Yasmini Dopico – Graduanda Poli/UFRJ

Priscilla Sarpa – Graduanda UFF

Felipe Treistman – Graduando Poli/UFRJ

Seiti Ogawa – Graduando Poli/UFRJ

Nathalia Bastos – Graduanda Poli/UFRJ

Apoio Administrativo

Carmen Brandão Reis – Secretária Executiva

Elza Ramos – Diagramação

Dezembro de 2013

(Revisado após verificação por Parte Independente em Fevereiro de 2015)

Mensagem

O mundo vem acompanhando os acontecimentos e realizações que estão ocorrendo no Rio de Janeiro. A conjunção de fatores econômicos, sociais e históricos reuniu elementos para um período de grandes mudanças. Essa oportunidade deve ser aproveitada para a construção do futuro, que passa pela sustentabilidade, questão prioritária para o planeta e a civilização.

A história do Rio está intimamente ligada ao meio ambiente. Na cidade nasceu a consciência internacional sobre a preservação do ambiente, quando a Rio 1992 reuniu as principais lideranças políticas do mundo para discutir o desenvolvimento sustentável que foi retomada durante a Conferência da Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, a Rio + 20, em 2012. Os recentes fenômenos climáticos por que passa o planeta reforçam a importância da preservação da natureza como condicionante de nossa evolução e nos convoca a repensar o modelo de desenvolvimento a ser adotado.

Nesses últimos quatro anos, a cidade do Rio de Janeiro, através de ações firmes da Prefeitura, tem se destacado no enfrentamento às mudanças climáticas, considerando além da dimensão ambiental, tecnológica e econômica, a dimensão cultural e política, que vai exigir a participação de todos os segmentos da sociedade carioca. O Rio de Janeiro foi uma das primeiras cidades do país a definir uma Política Municipal de Mudança Climática e Desenvolvimento Sustentável, iniciativa essa que consagrou o esforço conjunto do poder executivo com a Câmara de Vereadores do município. Criou também seu Fórum Carioca de Mudança Climática e Desenvolvimento Sustentável, composto por representativos segmentos do setor público, iniciativa privada e sociedade civil, cujo objetivo é contribuir na busca de soluções viáveis para adoção de políticas públicas nessa área.

Novamente, a cidade é pioneira em matéria ambiental. Ao elaborar seu terceiro Inventário de emissões de gases do Efeito Estufa, a cidade se torna uma das primeiras do mundo a testar o novo padrão mundial de inventário, instituído pelo WRI, Banco Mundial, C-40 e ICLEI, ou seja, com dados mais consistentes, confiáveis e comparáveis, reconhecidos internacionalmente. Nesta publicação o estudo é mais do que uma radiografia das emissões de dióxido de carbono no perímetro urbano e representa um material inestimável para orientar a política de desenvolvimento da cidade.

Além disso, o mapa do caminho ganha características mais claras. A Prefeitura e a COPPE/UFRJ traçaram um plano de ação que contempla as medidas que estão sendo realizadas pelo governo municipal visando atingir as metas de redução de gases do efeito estufa, previamente estabelecidas pela política climática da cidade, tais como a duplicação da malha cicloviária, a expansão do programa de reflorestamento, a instalação do Centro de Tratamento de Resíduos, a queima de Biogás, a racionalização dos transportes coletivos com a implementação dos corredores exclusivos de ônibus (Transcarioca, Transolímpica, Transoeste e Transbrasil), entre outras.

Há aspectos no horizonte que terão impacto ambiental significativo, como a operação do Complexo Siderúrgico da Zona Oeste cujas emissões foram incorporadas neste Inventário. Não devemos temer esses desafios, que irão gerar empregos e renda à região mais carente da cidade. Devemos administrá-los com lucidez e transparência em nome do interesse coletivo. O importante é internalizar e difundir a consciência da sustentabilidade, para que ela se torne premissa de nosso viver e engrandeça o legado das futuras gerações.

Carlos Alberto Muniz

Secretário de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro

Sumário

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO – ANO DE 2012 4

Organização do Inventário de GEE do Município do Rio de Janeiro 5

1. Energia	8
1.1. Caracterização do Setor no Município	8
1.2. Abordagem Metodológica	8
1.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012	12
1.3.1. Emissões Setoriais	13
1.3.2. Perdas da Distribuição de Eletricidade	14
1.3.3. Emissões Fugitivas	15
1.4. Bunkers	16
1.5. Resultados Consolidados do Setor de Energia	16
2. Processos Industriais e Uso de Produtos (Industrial Processes and Product Use – IPPU)	19
2.1. Caracterização do Setor no Município	19
2.2. Abordagem Metodológica	20
2.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012	21
2.4. Resultados Consolidados	21
3. Agricultura, Floresta e Outros Usos do Solo (Agriculture, Forestry and Other Land Use – AFOLU)	23
3.1. Caracterização do Setor no Município	23
3.2. Abordagem Metodológica	24
3.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012	24
4. Resíduos	26
4.1. Caracterização do Setor no Município	26
4.2. Abordagem Metodológica	27
4.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012	28
5. Análise Consolidada dos Resultados	30
5.1. Resultados Consolidados das Emissões do Município do Rio de Janeiro em 2012	30
5.2. Emissões por Escopos	35
5.3. Comparação com o Ano-Base 2005	37
5.4. Análise de Indicadores	39
6. Avaliação das Incertezas	40

ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO 42

1. Introdução	43
2. Energia	43
2.1. <i>Reduções Estimadas</i>	47
3. AFOLU	49
3.1. <i>Reduções Estimadas</i>	50
4. Resíduos	52
4.1. <i>Reduções Estimadas</i>	52
5. Consolidação das Estimativas	54

BIBLIOGRAFIA 56

Referências Bibliográficas	57
Instituições Colaboradoras	59
Lista de Siglas	61

Apresentação

As emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) de uma cidade, região ou país são resultantes da queima de combustíveis fósseis (derivados de petróleo, gás natural e carvão mineral), do tratamento de resíduos, de processos industriais e da variação da cobertura vegetal, dentre outras fontes. Praticamente todos os setores de atividade da sociedade moderna (indústria, serviços, transportes, agropecuária, edificações) produzem emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), os principais GEE, em maior ou menor escala. A estimativa das emissões de GEE possui uma incerteza intrínseca, devido à dificuldade de levantamento dos dados sobre todas essas atividades e os fatores de emissão. Isto se torna ainda mais significativo quando se trata de municípios, onde a delimitação das fronteiras das atividades é mais complexa. Entretanto, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro foi uma das cidades pioneiras na realização de um inventário de emissões de GEE em escala municipal. Em 2000, a Prefeitura apresentou o inventário das emissões dos três principais GEE da cidade do Rio de Janeiro para os anos de 1990, 1996 e 1998 e em 2010 o fez para o ano de 2005, além de um estudo de Cenários e de um Plano de Ação para mitigação de suas emissões de GEE. A Prefeitura apresenta agora seu terceiro inventário das emissões desses GEE da cidade do Rio de Janeiro, que chegaram a 23,6 milhões de toneladas equivalentes de CO_2 ($\text{Mt CO}_2\text{e}$) no ano de 2012, além da revisão das estimativas para 2005 (11,4 $\text{Mt CO}_2\text{e}$), sempre com o apoio técnico da COPPE/UFRJ.

A redução de emissões de GEE no Rio de Janeiro é um dos projetos estabelecidos como estratégicos pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Metas de redução de emissões foram definidas e consolidadas pela Lei Municipal de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável, publicada em janeiro de 2011. As metas foram fixadas tendo como referência as emissões totais verificadas em 2005. Os objetivos de redução foram assim definidos: evitar 8% das emissões de 2005 em 2012 (0,91 $\text{Mt CO}_2\text{e}$), 16% em 2016 (1,82 $\text{Mt CO}_2\text{e}$) e 20% (2,28 $\text{Mt CO}_2\text{e}$) em 2020.

As metas foram estabelecidas quando muitos projetos da Prefeitura para redução de emissões estavam em fase de definição e detalhamento. Obras e intervenções de porte como a inauguração do Centro de Tratamento dos Resíduos (CTR) em Seropédica e a operação dos grandes corredores de ônibus expressos de alta capacidade (BRTs) propiciam redução significativa das emissões de GEE.

Por outro lado, é importante ressaltar porque as emissões de GEE evitadas pela ação da Prefeitura não foram suficientes para garantir uma redução do nível total de emissões de GEE da cidade, que quase dobraram de 2005 a 2012. O crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico da cidade induzem um aumento de emissões de GEE. Se a população municipal vem aumentando muito lentamente nos últimos anos (crescimento de 3,6% entre 2005 e 2012), a dinâmica da economia se acelerou a partir de novembro de 2009, quando o Rio de Janeiro foi escolhido como cidade-sede dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016 (35,1% de aumento do PIB municipal entre 2005 e 2012). Também o início da operação dentro dos limites do município a partir do final de 2010 de uma usina siderúrgica a coque de carvão mineral de grande porte, a Companhia Siderúrgica do Atlântico – TKCSA, naturalmente contribuiu para uma elevação das emissões de GEE da cidade: as 8,8 Mt CO₂e de emissão bruta no sítio da usina (escopo 1), ainda que atenuadas por um esforço significativo da TKCSA, representaram emissões líquidas de GEE estimadas pela empresa em 6,3 Mt CO₂e em 2012. Enfim, alterações na política energética do país, através de decisões tomadas fora da alçada da administração municipal, como o aumento do uso de centrais térmicas na geração elétrica, o aumento do uso de gasolina devido aos subsídios a seu preço da gasolina e ao crescimento das frotas de carros individuais, além da crise da produção de etanol, também influenciaram na elevação das emissões de GEE da cidade do Rio de Janeiro de 2005 a 2012.

A Prefeitura do Rio de Janeiro decidiu, então, direcionar as políticas públicas a um desenvolvimento urbano de baixo carbono. Os investimentos e intervenções devem ter a componente climática entre suas prioridades, sinalizando aos agentes econômicos e à sociedade civil de que se trata de uma prioridade. Ademais, a premissa do Plano Estratégico da Cidade tem como eixo central o desenvolvimento sustentável. A opção do Poder Executivo Municipal, em conjunto com a Câmara Municipal, foi adotar metas realistas e transparentes, de acordo com as políticas públicas de alcance da Prefeitura.

Esse posicionamento permitiu à cidade do Rio de Janeiro liderar em conjunto com a cidade de Nova York a reunião das cidades participantes do C40 Climate Leadership Group, entidade que reúne 58 megacidades do Planeta durante a Rio+20. Os prefeitos do C40 assumiram o compromisso de reduzir as emissões globais de gases do efeito estufa em 1,3 bilhão de toneladas até 2030, segundo as políticas em implementação em suas respectivas cidades. O compromisso representou um contraste com a dificuldade de consenso no âmbito multilateral e com a ausência do

debate sobre as mudanças climáticas durante a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, promovida pelos governos nacionais. Em que pese a liderança e autonomia das cidades, as perspectivas e metas dos governos nacionais, regionais e locais, incluindo a cidade do Rio de Janeiro, também sofrem reflexo direto dessas negociações.

Neste contexto, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro apresenta no presente relatório o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da cidade no ano de 2012 e a atualização do Plano de Ação Municipal para Redução das Emissões.

***Inventário de
Emissões de Gases de
Efeito Estufa da Cidade
do Rio de Janeiro – ano
de 2012***

Organização do Inventário de GEE do Município do Rio de Janeiro

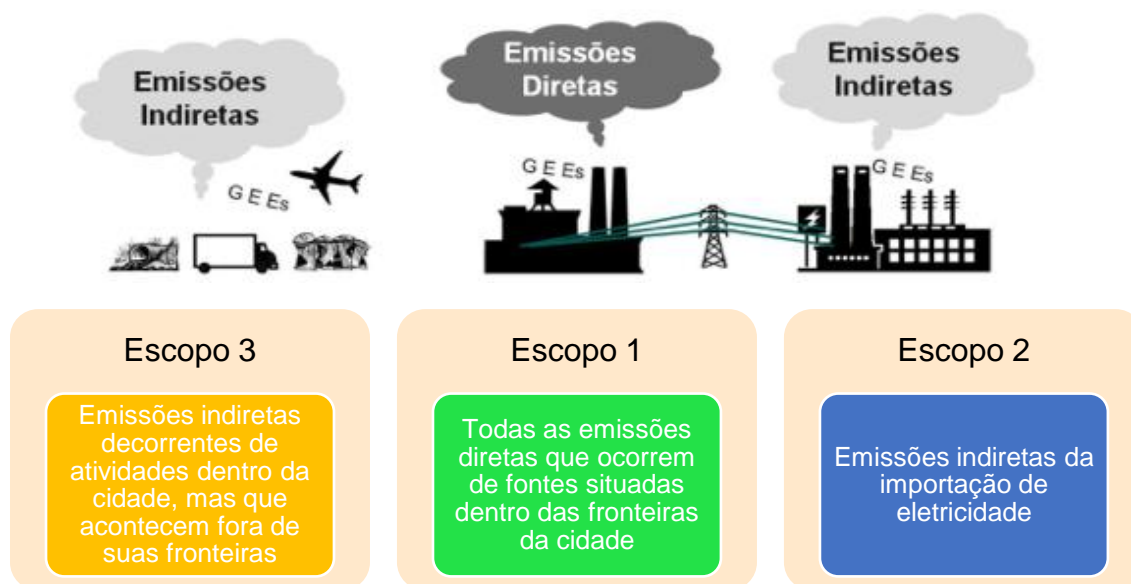
Várias cidades pelo mundo, incluindo o Rio de Janeiro, têm utilizado o Guia IPCC-2006 (IPCC, 2006) para realizar seus inventários de GEE. Porém, ao utilizar uma metodologia originalmente concebida para países em um contexto local, a adequação da transposição tem de ser cuidadosamente verificada, na medida em que são necessárias adaptações. Como os inventários nacionais são uma ferramenta para auxiliar os países em seu compromisso assumido no âmbito da CQNUMC, a metodologia visa padronizar a informação a fim de permitir a comparação entre os inventários de diferentes países. No caso de estados e cidades, o objetivo da realização de inventários é subsidiar o planejamento, mas a possibilidade de comparação entre estados ou cidades também é interessante para a análise e validação internacional dos resultados. Sendo assim, cuidados devem ser tomados para que as adaptações metodológicas necessárias sejam muito bem abordadas e fiquem bem esclarecidas.

No inventário de emissões de GEE do Município do Rio de Janeiro, apresentado a seguir, a metodologia utilizada foi desenvolvida pelo Centro Clima/COPPE/UFRJ, a partir das diretrizes do Guia IPCC-2006 e considerando as adaptações já realizadas pelas comunicações nacionais do Brasil (BRASIL, 2004; 2010). Além disso, de modo a se alinhar com as melhores práticas internacionais em relação à clara definição das fronteiras e responsabilidades sobre as emissões do Município, também foi utilizado o Global Protocol for Community-scale Greenhouse Gas Emissions (community protocol ou protocolo de comunidade – GPC). Esta nova iniciativa conjunta capitaneada pelo WRI/ICLEI/C40 visa desenvolver um protocolo global para contabilização e divulgação de emissões de GEE de cidades. O texto integral do protocolo foi disponibilizado no fim de março de 2012 para consulta pública e formalmente lançado no segundo semestre de 2012 para teste de sua aplicação. O Rio de Janeiro é uma das 30 cidades selecionadas para participar deste teste-piloto do protocolo.

Os setores objeto de inventários nacionais de acordo com o Guia IPCC-2006 e que são utilizados na estruturação do inventário do Município do Rio de Janeiro são os seguintes:

- Energia
- Processos Industriais e Uso de Produto (IPPU, sigla em inglês)
- Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU, sigla em inglês)
- Resíduos

Estes setores foram subdivididos conforme a recomendação do GPC e detalhados em relação às fontes de emissões abordadas, métodos de definição das fronteiras/responsabilidades e cálculos e fatores de emissões utilizados. Também conforme recomenda o GPC, as emissões foram quantificadas considerando a classificação por Escopos (Figura 1): escopos 1 e 2 em sua totalidade e a maior parte possível das fontes de escopo 3, de acordo com os dados disponíveis. Foram computados os valores estimados de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) emitidos pelo Município no ano de 2012.



Fonte: Adaptado de WRI (2011).

Figura 1 – Classificação das emissões de GEE por escopos

No que se referem às *tiers*¹ utilizadas, estas dependeram da disponibilidade de dados para cada fonte de emissão avaliada. O mesmo se aplica aos fatores de emissão que, sempre que possível, foram obtidos localmente. Na ausência de fatores de emissão locais, a prioridade de utilização desta informação foi feita da seguinte forma: utilizou-se os valores nacionais, fornecidos pelas comunicações nacionais do Brasil (BRASIL, 2004; 2010); na ausência destes, aplicou-se valores obtidos da literatura referente ao Brasil; e, em último caso, foram utilizados os fatores padrão (default) do Guia IPCC-2006.

Quanto ao potencial de aquecimento global (Global Warming Potential – GWP²), foram utilizados os valores estabelecidos no quarto relatório do IPCC (AR-4) (IPCC, 2007): 21 para CH₄ e 310 para N₂O.

¹ Uma tier representa um nível de complexidade metodológica. Geralmente são oferecidas três tiers. A tier 1 é o método básico, a tier 2 o método intermediário e a tier 3 aquele que demanda mais em termos de complexidade e necessidade de dados. As tiers 2 e 3 são os métodos considerados mais acurados.

² O GWP é uma métrica útil para comparar o potencial de impacto climático das emissões de diferentes gases de efeito estufa. Potenciais de aquecimento global comparam a forçante radiativa integrada durante um determinado período (por exemplo, 100 anos) a partir de uma emissão de um pulso de unidade de massa e são uma maneira de comparar o potencial de mudança climática associado às emissões de diferentes gases de efeito estufa.

1. Energia

1.1. Caracterização do Setor no Município

Ao analisar o uso de energia pelos setores econômicos do município do Rio de Janeiro em 2012, excluindo-se os setores de transformação de energia e as perdas elétricas na distribuição, nota-se grande relevância na participação da eletricidade (27,0% do consumo total), do querosene (19,4%), e do gás natural (17,3%), seguidos do óleo diesel³ (14,9%) e da gasolina A⁴ (12,0%). Na geração de energia elétrica, o gás de alto-forno (BFg) corresponde a 64,2% do total dos combustíveis usados, além do gás natural (34,8%) e óleo combustível, com cerca de 1% do total. Por ser uma cidade com uma grande demanda por eletricidade, com destaque para os setores residencial, representando 32,2% da demanda total, e comercial/serviços, 35,2%, o município do Rio de Janeiro importa aproximadamente 84,8% da eletricidade que consome.

Em relação a *bunkers*⁵, a demanda por combustível é referente ao querosene de aviação, cerca de 92,6% e, em menor escala, ao óleo diesel com cerca de 7,4%.

Importante mencionar também a importação do etanol e do coque para o emprego, respectivamente, nos setores de transporte e da indústria, assim como do biodiesel que é misturado ao óleo diesel, já que não há, dentro do município do Rio de Janeiro, minas de carvão mineral, plantação de cana-de-açúcar e de oleaginosas e produção de etanol e biodiesel. Com isso, deve-se calcular as emissões ocasionadas pela demanda por esses combustíveis pelo município do Rio de Janeiro no escopo 3, tanto o balanço das emissões com o ciclo da cana-de-açúcar e a cadeia produtiva do biodiesel como as emissões fugitivas das minas de carvão importado.

1.2. Abordagem Metodológica

As emissões de GEE do Município do Rio de Janeiro foram calculadas levando-se em consideração a estrutura proposta pelo guia IPCC-2006, conforme mostra a Tabela 1, abaixo.

³ Óleo diesel B5, (5% biodiesel).

⁴ Gasolina A é a gasolina rodoviária sem mistura de etanol anidro.

⁵ Combustíveis queimados nas viagens de avião e navio, chamados "bunker fuels".

Tabela 1 – Estrutura simplificada do inventário do uso de energia e dados necessários para cálculo das emissões do Município do Rio de Janeiro

1) Uso da Energia	Dados utilizados
1.A) Uso de combustível	
1.A.1) Indústria de Energia	
1.A.1.a) Produção de eletricidade e perdas na distribuição de energia elétrica	Consumo e perdas de eletricidade e combustíveis
1.A.1.b) Refino do petróleo	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.1.c) Fabricação de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	Consumo de carvão mineral
1.A.2) Indústria (valores agregados para todo o setor)	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.3) Transportes	
1.A.3.a) Aviação civil	Consumo de combustíveis
1.A.3.b) Transporte rodoviário	Consumo de combustíveis
1.A.3.c) Ferroviário	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.3.d) Navegação	Consumo de combustíveis
1.A.4) Outros setores	
1.A.4.a) Comercial/serviços	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.4.b) Público	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.4.c) Residencial	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.4.d) Agropecuário	Consumo de eletricidade e combustíveis
1.A.5) Emissões Fugitivas	Perdas técnicas de gás natural (em m ³), quantidade refinada de petróleo (em mil m ³ /ano) e quantidade de carvão importado (em toneladas)

n.a. – não se aplica

Fonte: Autores, com base em IPCC (2006)

De modo conservador, foi admitido que o volume de vendas dos combustíveis corresponderia a seu consumo total, desprezando-se possíveis variações em estoque por ser extremamente difícil obter este tipo de informação.

Para facilitar o entendimento dos métodos de cálculos utilizados no inventário do Rio de Janeiro para a abordagem *bottom-up*, a Tabela 2 abaixo apresenta as metodologias utilizadas em cada setor:

Tabela 2 – Nível metodológico em cada setor – atividade

Abordagem <i>Bottom-up</i>	Nível Adotado
1.A.1) Indústria de energia	<i>Tier 2</i> para CO ₂ e <i>tier 1</i> para CH ₄ e N ₂ O
1.A.2) Indústria de manufatura e construção	<i>Tier 2</i> para CO ₂ e <i>tier 1</i> para CH ₄ e N ₂ O
1.A.3) Transportes	<i>Tier 2</i> para CO ₂ e <i>tier 1</i> para CH ₄ e N ₂ O
1.A.4) Outros setores	<i>Tier 2</i> para CO ₂ e <i>tier 1</i> para CH ₄ e N ₂ O

Fonte: Autores

Estes níveis de detalhamento foram utilizados considerando a disponibilidade de informações. De forma geral, para se poder aperfeiçoar o cálculo, seria necessário saber detalhes das tecnologias de combustão utilizadas – o que dependeria de pesquisa mais aprofundada junto aos consumidores de energia.

Uma das principais questões metodológicas que se enfrenta ao realizar inventários municipais é a delimitação da abrangência das atividades socioeconômicas que reflita de forma adequada a responsabilidade do município do Rio de Janeiro no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. O primeiro critério a ser utilizado são os limites socioeconômicos do município, ou seja, contabilizar as emissões realizadas no interior de suas fronteiras geográficas. Esta opção por si só, no entanto, não é suficiente, pois deixa de considerar importantes fontes de emissão induzidas pelo município como as emissões fugitivas com carvão mineral ou a demanda por etanol. Sendo assim, de forma a avaliar e contabilizar as emissões sob responsabilidade do Rio de Janeiro os seguintes passos foram considerados:

- De acordo com o IPCC (2006), devem ser contabilizadas as emissões de GEE pelo uso de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica (categoria 1.A.1). No entanto o município do Rio de Janeiro não é autossuficiente em eletricidade e importa cerca de 85% do total consumido. Portanto, além das emissões de GEE pela queima de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade dentro do município, estão consideradas também as emissões relativas à eletricidade importada, as quais estão calculadas pelo fator de emissão da rede do Sistema Interligado Nacional, conforme metodologia da UNFCCC ACM 0002, e que, em 2012, tinha como fator de emissão da rede Sul, Sudeste e Centro-Oeste o valor de 0,0653 tCO₂/MWh. As emissões da eletricidade importada estão contabilizadas em “escopo 2”.
- No que diz respeito ao consumo de etanol, por ser renovável, suas emissões de CO₂ anulam-se com o sequestro do carbono durante o crescimento da cana e por isso não são incluídas no total, sendo reportadas separadamente. O mesmo não ocorre com CH₄, cuja emissão impacta no clima e é contabilizada como as demais provenientes de fontes fósseis no escopo 1. O município do Rio de Janeiro não tem produção de etanol e nem plantação de cana-de-açúcar dentro de suas

fronteiras, portanto não há emissões nem sequestro referentes a essa atividade ocorrendo dentro das fronteiras do município. Assim, no escopo 3, são calculadas as emissões da cadeia de produção do etanol, utilizando-se o fator de emissão médio obtido em Macedo *et al.* (2008)⁶. O fator de emissão de Macedo *et al.* (*op. cit.*) considera: (1) as emissões devidas ao uso de energia fóssil (os combustíveis consumidos ou energia elétrica adquirida, ou seja, os insumos energéticos diretos); e (2) as emissões de outras fontes não reabsorvidas pela fotossíntese no crescimento da cana (gases não CO₂ na queima da palha, decomposição de fertilizantes etc).

- No ano de 2012, 5% do óleo diesel consumido continha biodiesel, que por conta de sua origem renovável, as emissões de CO₂ da sua queima não devem ser contabilizadas, contabilizando-se apenas as emissões de CH₄ e N₂O, como descrito acima para o etanol. Elas estão reportadas separadamente, junto com as emissões de CO₂ da queima do etanol. Não existia planta autorizada para comercialização de biodiesel no município do Rio de Janeiro, tampouco plantio de soja e outras oleaginosas. Assumiu-se assim que todo o biodiesel misturado ao óleo diesel é proveniente de outros municípios e estados. No escopo 3, são contabilizadas as emissões da cadeia de produção do biodiesel, pois estas são de responsabilidade do biodiesel consumido no município. São calculadas utilizando-se os fatores de emissão da cadeia do biodiesel de soja, palma, e de gordura animal propostos por Nogueira (2011)⁷, resultando em um fator médio de 1,11 Gg CO₂e/ mil tep.

⁶ 436 kgCO₂e/ m³ para etanol anidro e 417 kgCO₂e/ m³ para etanol hidratado, resultando em um fator médio, ponderado pelo consumo dos dois combustíveis no município, igual a 0,817 Gg CO₂e/ mil tep.

⁷ Foi calculado um fator de emissão através da média ponderada dos três fatores propostos por Nogueira (2011) com os diferentes tipos de biodiesel comercializados em 2012: 1.111,3 g CO₂e/kg de biodiesel de soja, 512,0 g CO₂e/kg de biodiesel de sebo animal e 868,0 g CO₂e/kg de biodiesel de palma. Para a quantidade de biodiesel fabricada com outras oleaginosas não citadas, aplicou-se o mesmo fator da soja. Para o biodiesel de óleo residual, aplicou-se o mesmo fator do biodiesel de gordura animal.

Os fatores de emissão são advindos sobretudo do IPCC (2006), com as adaptações introduzidas no Segundo Inventário Nacional (BRASIL, 2010), e da EPE (2013), como descrito anteriormente, para cálculo tanto do *bottom-up* quanto do *top-down*, com exceção dos fatores de emissão do etanol e do biodiesel no escopo 3 e do fator de emissão da eletricidade importada, utilizados como descrito no parágrafo acima.

Excepcionalmente, para o cálculo do fator de emissão da eletricidade gerada dentro do município do Rio de Janeiro, o fator de emissão do gás de alto-forno (BFg), aproveitado para geração de parte da energia elétrica na cidade, foi retirado de uma publicação da *International Energy Agency* (IEA, 2005).

No caso do cálculo desse fator de emissão da eletricidade gerada dentro do município do Rio de Janeiro, o mesmo foi calculado a partir da matriz energética existente dentro do Município. Nesse caso, utilizamos dados da única central elétrica de serviço público, a Termelétrica de Santa Cruz, e de duas centrais elétricas autoprodutoras escolhidas. Estas centrais juntas geraram cerca de 2.696 GWh (231,8 mil tep) de eletricidade (19,8% correspondente ao serviço público e 80,2% correspondente às autoprodutoras). Essa geração é feita a partir de cinco combustíveis, sendo os de maior destaque o BFg (64,2%) e gás natural seco (34,8%). Considerando estes combustíveis, em 2012, o fator de emissão com a geração de eletricidade foi de 14,0 Gg CO₂/mil tep, 77,16 kg CH₄/mil tep e 75,89 kg N₂O/mil tep.

No município do Rio de Janeiro, a demanda por eletricidade em 2012 foi de 1.525,35 mil tep, sendo que 84,8% desse total foi importada, ou seja, correspondeu à eletricidade advinda do grid nacional. Para o cálculo das emissões da energia importada pelo município, foi utilizado o fator médio anual do Sistema Interligado Nacional para aplicação em inventários, obtido do MCTI (2013)⁸. Em 2012, o valor dado foi de 0,0653 tCO₂/MWh. Esse valor foi convertido para GgCO₂/mil tep (considerando que 1 tep = 11,63 MWh), resultando num valor de 0,76 GgCO₂/MWh.

1.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012

A seguir são apresentados os resultados encontrados para as emissões de GEE consequentes do consumo de energia. Destaca-se cinco sub-setores, a saber:

⁸ <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764.html>

Indústria da Energia, Indústria, Transportes, Outros Setores (Residencial, Comercial/Serviços, Público e Agropecuário) e Emissões Fugitivas.

Também é apresentada uma seção especial sobre as perdas técnicas e não técnicas associadas à distribuição de eletricidade, apenas a título de informação.

1.3.1. Emissões Setoriais

A Tabela 3 e a Figura 2 apresentam as emissões por gás e em CO₂e calculadas para o Município do Rio de Janeiro. Verifica-se que o setor de transportes é o que tem a participação mais importante, respondendo por 43% das emissões dos setores socioeconômicos do Município⁹. Dentro de transportes, o modal rodoviário é o mais emissor.

Tabela 3 – Emissões dos subsetores do uso de energia do Município do Rio de Janeiro em 2012 (Gg)

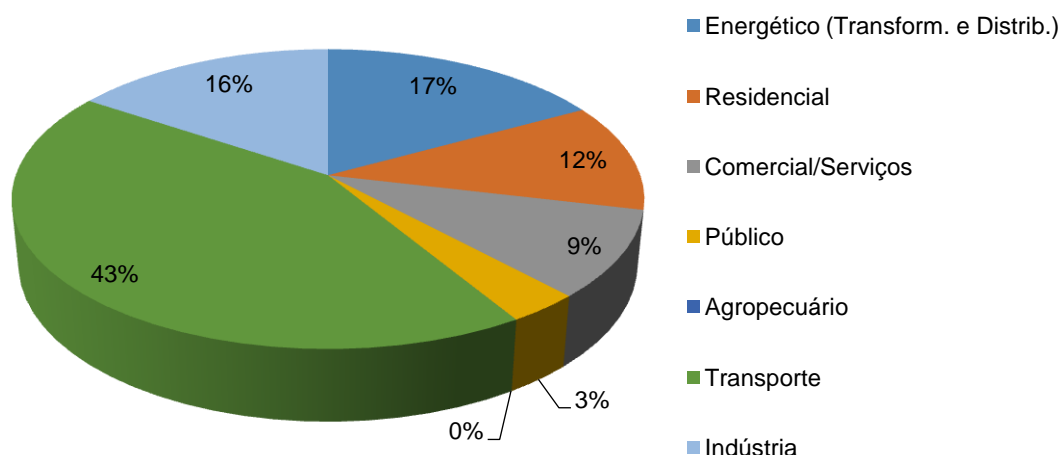
Gg	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Energético (Transform. e Distrib.)	2.874,19	0,92	0,01	2.896,08
Produção de Coque	1.085,20	0,00	0,00	1.085,20
Refino	248,57	0,91	0,00	268,35
Outros consumos Setor Energético	47,11	0,00	0,00	47,16
Perdas de distribuição eletricidade	1.493,31	0,01	0,01	1.495,37
Residencial	1.981,71	0,02	0,01	1.984,12
Comercial/Serviços	1.593,05	0,01	0,01	1.595,26
Público	549,17	0,00	0,00	549,96
Agropecuário	0,66	0,00	0,00	0,66
Transporte	7.127,14	2,78	0,45	7.324,59
Rodoviário	5.374,37	2,73	0,40	5.555,76
Ferroviário	90,31	0,00	0,00	90,85
Aéreo	1.650,38	0,05	0,05	1.665,80
Hidroviário	12,07	0,00	0,00	12,18
Indústria	2.664,58	0,02	0,00	2.666,32
Extração e tratamento de minerais	2,08	0,00	0,00	2,08
Minerais não metálicos	21,04	0,00	0,00	21,07
Metalúrgico	1.457,46	0,01	0,00	1.457,75
Papel e celulose	0,02	0,00	0,00	0,02
Química	122,95	0,00	0,00	123,06
Têxtil	0,78	0,00	0,00	0,78
Produtos alimentícios	4,35	0,00	0,00	4,36

⁹ O total não inclui as emissões fugitivas e nem as emissões por *bunker*.

Gg	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Bebidas	67,36	0,00	0,00	67,42
Outras indústrias	22,42	0,00	0,00	22,48
Sem especificação/não identificadas*	966,12	0,01	0,00	967,29
TOTAL	16.790,51	3,74	0,48	17.016,99

*Todo consumo de eletricidade do setor industrial foi alocado nesta linha pois não foi possível desagregar por tipologia, assim como parte do consumo de gás natural.

Fonte: Autores



Fonte: Autores.

Figura 2 – Participação dos subsetores no total de emissões do setor de uso de energia do Município do Rio de Janeiro em 2012

1.3.2. Perdas da Distribuição de Eletricidade

A partir de informações da LIGHT ¹⁰, estimou-se 6.264,28 GWh de perdas técnicas e não-técnicas com a distribuição de eletricidade para a cidade do Rio de Janeiro em 2012. Estas perdas geraram um total das emissões de 1.495,37 GgCO₂e (Tabela 4).

¹⁰ Conforme informações da Light em ri.light.com.br/ptb/3372/Call4T12.pptx, houve 8.536 GWh de perdas com a distribuição de eletricidade no ano de 2012 para toda a região do Estado atendida pela empresa: 2.529 GWh de perdas técnicas e 6.007 GWh de perdas não técnicas. Visto que 73,4% do consumo faturado naquele ano foi consumido pelo município do Rio de Janeiro, este mesmo percentual foi aplicado aos valores de perdas mencionados acima, resultando em 1.855,95 GWh de perdas técnicas e 4.408,33 GWh de perdas não técnicas.

Tabela 4 – Emissões com perdas da distribuição de energia elétrica por escopo, para cada GEE – 2012

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Escopo 1	1.146,36	0,01	0,01	1.148,42
Técnicas	339,64	0,00	0,00	340,25
Não-técnicas	806,72	0,00	0,00	808,17
Escopo 2	346,95	0,00	0,00	346,95
Técnicas	102,79	0,00	0,00	102,79
Não-técnicas	244,16	0,00	0,00	244,16
TOTAL	1.493,31	0,01	0,01	1.495,37

Fonte: Autores

1.3.3. Emissões Fugitivas

A partir dos dados disponíveis, as emissões fugitivas incluídas neste inventário compreendem emissões relacionadas à rede de distribuição de gás natural, emissões oriundas da única refinaria que opera dentro de seus limites, e emissões da atividade siderúrgica e também da mineração do carvão consumido no Município. As emissões fugitivas ocorridas fora do município (escopo 3) associadas à cadeia de produção, refino e transporte do petróleo e gás natural para suprimento da demanda de derivados de petróleo e gás no município não puderam ser incluídas por falta de dados.

O Rio de Janeiro importa carvão mineral para uso em sua indústria siderúrgica, carvão este que é explorado fora das suas fronteiras. Segundo o IPCC, a exploração de carvão também acarreta emissões fugitivas. Sendo assim, considerando o princípio da responsabilidade sobre as emissões, as emissões fugitivas correspondentes à exploração da quantidade de carvão importada pelo Município foram incluídas e alocadas no escopo 3.

Tabela 5 – Emissões fugitivas por GEE – Município do Rio de Janeiro – 2012

Emissões fugitivas	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Refino	39,95	0,05	0,00	41,00
Siderurgia/mineração do carvão	921,41	38,36	0,00	1.727,03
Distribuição de gás natural	0,00	3,82	0,00	80,12
Total	961,36	42,23	0,00	1.848,16

Fonte: Autores

1.4. Bunkers

É importante observar que o IPCC recomenda que se contabilize o consumo de combustíveis de *Bunker* internacional (transportes aéreos e marítimos internacionais) em separado, apenas para fins informativos, pois esse valor não faz parte das emissões nacionais. Seguindo o mesmo princípio para o caso do município do Rio de Janeiro, em todos os cálculos de emissões feitos até aqui com base no consumo de combustíveis excluiu-se o consumo de querosene de aviação em vôos internacionais, e de óleo diesel para navegação internacional de longo curso, cujas emissões são apresentadas em separado no presente item (Tabela 6).

Tabela 6 – Emissões de bunkers por tipo de GEE (em Gg) por combustível consumido (em mil tep) – Município do Rio de Janeiro – 2012

Tipo de combustível	mil tep	Gg CO ₂	Gg CH ₄	Gg N ₂ O	GgCO ₂ e
Querosene de Aviação	503,81	1.493,18	0,01	0,04	1.506,48
Óleo Diesel Marítimo	40,44	118,33	0,01	0,00	119,63
Total	544,25	1.611,50	0,02	0,05	1.626,10

Fonte: ANP (consumo de combustível) e autores(emissões)

1.5. Resultados Consolidados do Setor de Energia

A Tabela 7 sintetiza os valores de emissões resultantes do setor de energia. Ressalta-se que o Município do Rio de Janeiro tem como principal setor consumidor de energia o transporte. Os motivos para tal decorrem da predominância do modal rodoviário como meio de transporte e do elevado grau de saturação das vias da cidade.

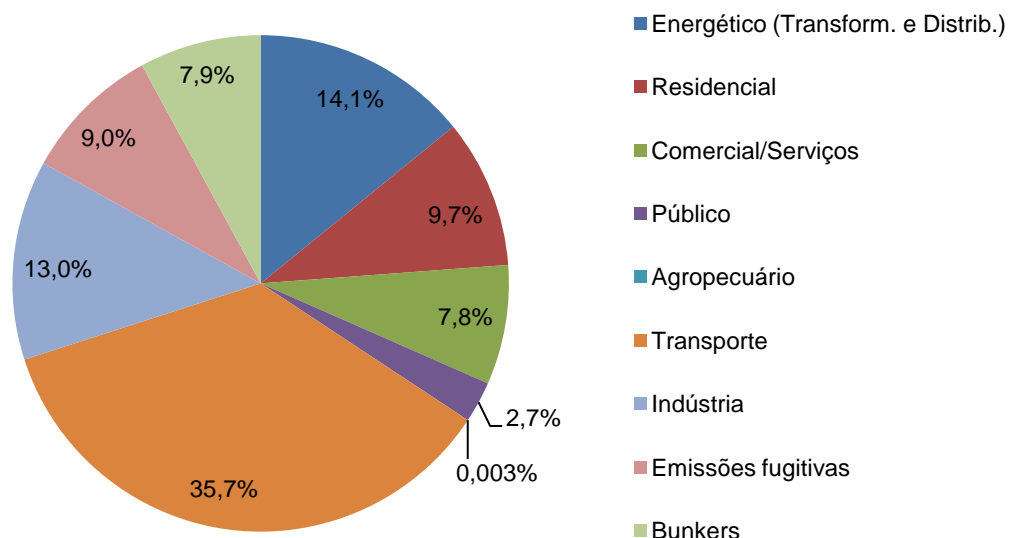
Tabela 7 – Emissões totais de GEE do setor de energia do Município do Rio de Janeiro em Gg CO₂e (por Escopos) – 2012

Gg CO ₂ e	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
Energético (Transform. e Distrib.)	2.544,98	351,10	0,00	2.896,08
Produção de Coque	1.085,20	0,00	0,00	1.085,20
Refino	268,35	0,00	0,00	268,35
Outros consumos Setor Energético	43,01	4,14	0,00	47,16
Perdas	1.148,42	346,95	0,00	1.495,37
Residencial	1.667,50	316,62	0,00	1.984,12
Comercial	1.249,23	345,65	0,37	1.595,26
Público	425,81	124,11	0,03	549,96
Agropecuário	0,52	0,14	0,00	0,66

Gg CO ₂ e	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
Transporte - Total	7.082,66	20,21	221,73	7.324,59
Rodoviário	5.336,33	0,00	219,43	5.555,76
Ferroviário	70,59	20,21	0,06	90,85
Aéreo	1.665,80	0,00	0,00	1.665,80
Hidroviário	9,94	0,00	2,24	12,18
Indústria - Total	2.526,33	139,59	0,41	2.666,32
Extração e tratamento de minerais	2,05	0,00	0,04	2,08
Minerais não metálicos	21,05	0,00	0,02	21,07
Metalúrgico	1.457,73	0,00	0,02	1.457,75
Papel e celulose	0,02	0,00	0,00	0,02
Química	123,06	0,00	0,01	123,06
Têxtil	0,78	0,00	0,01	0,78
Produtos alimentícios	4,33	0,00	0,03	4,36
Bebidas	67,41	0,00	0,01	67,42
Outras indústrias	22,20	0,00	0,28	22,48
Sem especificação/não identificadas	827,70	139,59	0,00	967,29
Emissões fugitivas - Total	1.042,54	0,00	805,62	1.848,16
Refino	41,00	0,00	0,00	41,00
Siderurgia/ mineração carvão	921,41	0,00	805,62	1.727,03
Distribuição de gás natural	80,12	0,00	0,00	80,12
Total	16.539,57	1.297,42	1.028,16	18.865,15
<i>Bunkers</i>	1.626,10	0,00	0,00	1.626,10
Total com bunkers	18.165,67	1.297,42	1.028,16	20.491,25
CO ₂ Biogênico (Etanol e Biodiesel)		602,25		

Fonte: Autores

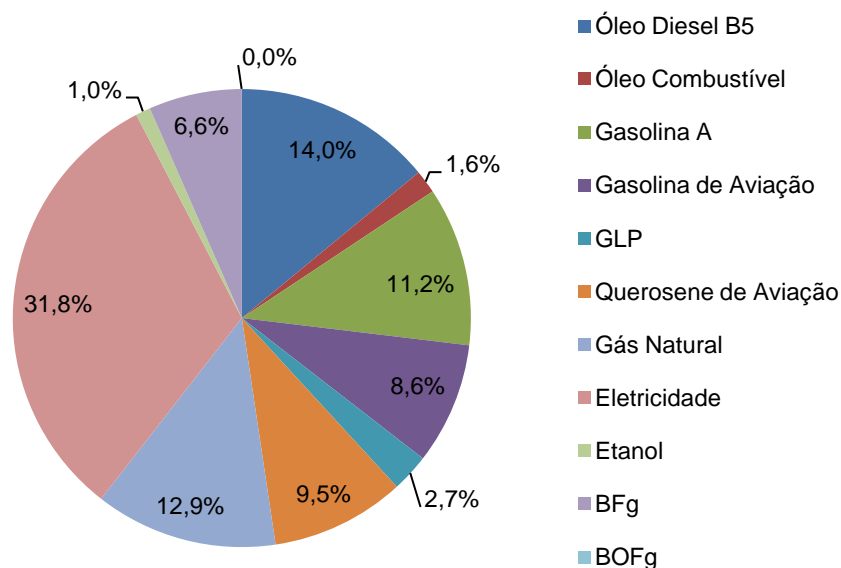
A Figura 3 ilustra a responsabilidade dos setores no montante final de emissões de GEE. O principal setor responsável pelas emissões, totalizando todos os escopos e incluindo as emissões de *bunkers* na comparação, é o de transporte, correspondendo a 35,7% das emissões totais, seguido do consumo do setor energético com 14,1% das emissões totais. Em contrapartida, os setores com menor participação nas emissões são agropecuário com 0,003% e o público, 2,7%. As emissões fugitivas, com 9,0%, somam as emissões fugitivas do refino, da siderurgia, tanto escopo 1 quanto escopo 3 (mineração do carvão), e da distribuição do gás natural.



Fonte: Autores.

Figura 3 – Percentual de emissões de GEE por subsetores do setor de uso de energia do Município do Rio de Janeiro em Gg. CO₂ e – 2012

No que se refere às emissões pela ótica dos energéticos, o uso de eletricidade tem a maior participação, com 31,8%, seguida do uso do óleo diesel, com 14,0% e do gás natural, com 12,9% (Figura 4).



Fonte: Autores.

Figura 4 – Participação dos energéticos nas emissões totais do Município do Rio de Janeiro (%) – 2012

2. Processos Industriais e Uso de Produtos (Industrial Processes and Product Use – IPPU)

2.1. Caracterização do Setor no Município

Dentre as tipologias industriais mencionadas no guia IPCC-2006, para o Município do Rio de Janeiro foram identificadas as seguintes:

- Indústria de vidro: conforme dados da FIRJAN e ABIVIDRO, estão instaladas no Município duas indústrias produtoras de vidro.
- Produção de metanol: conforme dados da FIRJAN e ABIQUIM, há uma indústria produtora no Município.
- Indústria siderúrgica: conforme dados da FIRJAN e INSTITUTO AÇO BRASIL, há duas indústrias siderúrgicas em operação no Município em 2012, sendo uma delas com processo integrado – ou seja, a unidade produz ferro gusa e aço, além de coque metalúrgico. Esta usina integrada iniciou sua produção em 2010, com carga reduzida, tendo em 2011 atingido valores operacionais efetivos (ainda abaixo da máxima capacidade).
- Lubrificantes – graxas e óleos – são utilizados em praticamente todos os setores da economia carioca, desde veículos particulares de passeio a maquinário industrial. As emissões de seu uso são decorrentes de sua oxidação, ao longo da vida operacional.
- Parafinas, especialmente na forma de ceras, são utilizadas em diferentes produtos, especialmente como combustíveis em velas.
- O óxido nitroso (N_2O) é um gás de efeito estufa direto. De acordo com o IPCC, seu uso inclui: finalidades médicas (anestésico, analgésico e veterinário); propelente em aerossóis, na indústria de alimentos; agente oxidante e cáustico, na fabricação de semicondutores; agente oxidante utilizado com acetileno em espectrometria atômica por absorção; produção de azida sódica (NaN_3); oxidante de combustíveis em corridas de automóveis e maçaricos de uso específico. No caso do Município do Rio, as aplicações médicas e como propelente em aerossóis são as maiores fontes emissoras.

O Município conta com uma planta para produção de alumínio primário, cujas emissões em 2005 foram inventariadas em 150,4 GgCO₂. Segundo informações disponíveis no sítio da ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, a unidade interrompeu suas operações em 2009, não sendo então consideradas emissões para 2012.

As emissões associadas à produção de cal ocorrem na etapa de calcinação do calcário, quando ocorre a liberação de CO₂. O Município conta com uma unidade industrial, responsável pela produção de cal hidratada. Durante o levantamento de dados para elaboração deste Inventário, a indústria foi arguida sobre o processo de calcinação, sendo respondido que o mesmo ocorre em outra unidade do grupo industrial, localizada em outra cidade. Por este motivo, o presente Inventário não considera emissões associadas à produção de cal.

Em seguida passamos à análise das emissões de GEE decorrentes das atividades consideradas para o Município do Rio de Janeiro no ano de 2012, de acordo com cada tipologia mencionada.

2.2. Abordagem Metodológica

Há diferentes processos de fabricação de vidro. Normalmente, há liberação de CO₂ na etapa de fundição, decorrente da transformação de carbonatos (com calcário, dolomita ou barrilha). A contabilização das emissões de processos de fabricação de vidro leva em conta a fração de produtos reciclados (recuperados internamente ou obtidos junto ao mercado) incorporados à produção, pela redução da necessidade de utilização de carbonatos nesta etapa de fundição.

A produção de metanol é realizada, normalmente, a partir da reforma de gás natural, com produção de “gás de síntese” – dióxido de carbono (considerado neste inventário), monóxido de carbono e hidrogênio. O processo também é emissor de metano, decorrente de vazamentos em equipamentos e tubulações, além da liberação (“ventagem”) resultante de combustão incompleta.

O processo siderúrgico é emissor em diferentes etapas do processo produtivo, desde a conversão primária do minério até a fase final de refino, em que o aço – propriamente – adquire propriedades finais. Por questões metodológicas, o IPCC aborda as emissões de gases de efeito estufa nas seguintes etapas: produção de coque metalúrgico; produção de sinter; produção de ferro gusa; produção de aço. As emissões relativas à produção de coque, mesmo em siderúrgicas integradas, devem

ser contabilizadas no setor energético. O mesmo procedimento deve ser realizado para geração de eletricidade, quando realizada em unidade siderúrgica.

Os dados utilizados para cálculo das emissões de uso de produto foram fornecidos pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, e são relativos às vendas no Município. Os dados são desagregados em apenas duas categorias. No presente inventário, será considerado que o volume dos produtos vendidos no Município corresponde ao de fato utilizado. No caso do óxido nitroso, os dados utilizados foram obtidos junto a fornecedores de N_2O no Município.

2.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012

A emissão total associada à produção de vidro é a soma das emissões estimadas para cada indústria, igual a 4,35 GgCO₂.

A emissão total associada à produção de metanol foi de 18,58 GgCO₂ e 0,18 GgCH₄ (22,31GgCO₂e).

As emissões totais para o setor siderúrgico no Município do Rio de Janeiro, relativas a 2012, são, então, sumarizadas abaixo:

Produção de síter: 1.071,31 GgCO₂

Produção de gusa: 879,91 GgCO₂

Produção de aço: 326,37 GgCO₂

Total: 2.277,60 GgCO₂

As emissões totais do uso de lubrificantes e graxas totalizam 29,07 GgCO₂ em 2012. As emissões de uso de parafina foram de 0,14 GgCO₂.

As emissões de N_2O são consideradas iguais ao volume comercializado, tendo em vista consideração anterior sobre fator de emissão. Embora a fórmula apresentada pelo IPCC considere a média do ano inventariado e do ano anterior, pela limitação de dados será considerado o valor correspondente à comercialização informada em 2012. Assim, as emissões para 2012 são iguais a 0,21 Gg N_2O (64,86 Gg CO₂e).

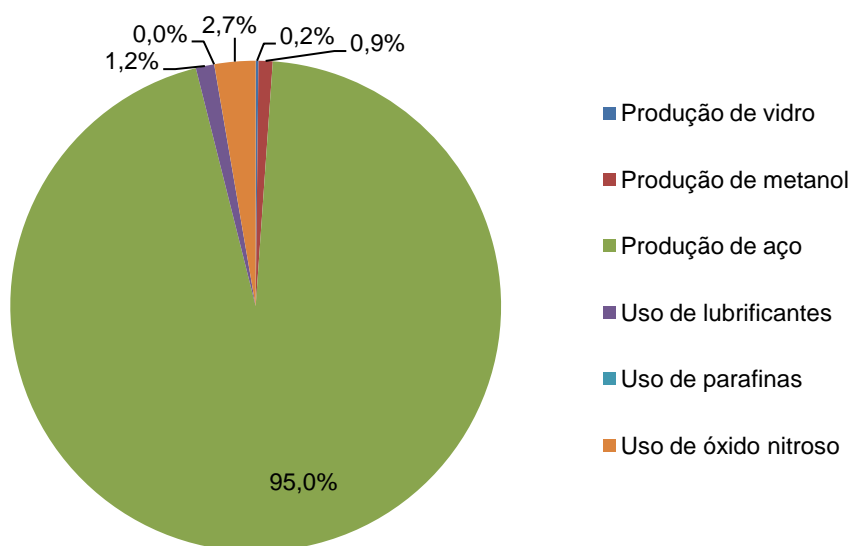
2.4. Resultados Consolidados

As emissões de GEE no setor de IPPU, para 2012, encontram-se resumidas na Tabela 8 e na Figura 5:

Tabela 8 – Resultados das emissões de GEE do setor IPPU em 2012

	Emissões			
	Gg CO ₂	Gg CH ₄	Gg N ₂ O	Gg CO ₂ e
Processos industriais	2.300,52	0,18	0,00	2.304,25
Produção de vidro	4,35			4,35
Produção de metanol	18,58	0,18		22,30
Produção de aço	2.277,60			2.277,60
Uso de produtos	29,21		0,21	94,08
Uso de lubrificantes	29,07			29,07
Uso de parafinas	0,14			0,14
Uso de óxido nitroso			0,21	64,86
Total	2.329,74	0,18	0,21	2.398,33

Fonte: Autores



Fonte: Autores.

Figura 5 – Participação (%) das tipologias industriais e de uso de produtos no total de emissões do setor de IPPU em 2012

Todas as emissões de IPPU são diretas, isto é, de escopo 1.

3. Agricultura, Floresta e Outros Usos do Solo (Agriculture, Forestry and Other Land Use – AFOLU)

3.1. Caracterização do Setor no Município

Em relação ao uso e cobertura do solo no Município do Rio, a SMAC desenvolveu um mapeamento com imagens de 2010, o qual divide o Município em três grandes classes de uso e ocupação do solo: Áreas de Vegetação de Mata Atlântica; Áreas Urbanas e Antropizadas; e Outras Classes. Na Tabela 9 são apresentados os resultados do mapeamento.

Tabela 9 – Classes de uso e cobertura do solo no Município de Rio de Janeiro em 2010

Superfície (ha)	
Áreas de Vegetação de Mata Atlântica	
Floresta Ombrófila Densa Montana	882
Floresta Ombrófila Densa Submontana	347
Vegetação Secundária – Estágio Inicial	3.096
Vegetação Secundária – Estágio Médio	6.117
Vegetação Secundária – Estágio Avançado	16.500
Restinga	1.959
Mangue	3.399
Apicum	1.323
Brejo	1.666
Áreas Urbanas e Antropizadas	
Área Urbana	53.117
Agricultura	5.249
Vegetação Arbóreo-arbustiva	8.662
Vegetação Gramíneo-lenhosa	13.593
Áreas de Extração Mineral	347
Solo Exposto	68
Outras classes	
Afloramento Rochoso	759
Corpo d'água continental	2.131
Praia	653
Reflorestamento	2.158

Fonte: adaptado de SMAC, 2011. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?article-id=2367969>

Em relação às atividades agropecuárias do Rio de Janeiro, pode-se dizer que são pouco expressivas, encontrando-se concentradas, principalmente, na zona oeste do Município. Segundo dados da Secretaria Estadual de Agricultura, as áreas agrícolas do Município do Rio de Janeiro somam, aproximadamente, 2.570 hectares, sendo na sua maioria culturas anuais. Em relação aos rebanhos, em 2011, o efetivo chegaria a 74,5 mil animais, sendo 57 mil aves (galinhas, frangos, codornas, etc.), 6,8 mil cabeças de gado e um rebanho suíno de 2,6 mil animais (IBGE, 2013).

3.2. Abordagem Metodológica

Os principais gases de efeito estufa relacionados ao setor AFOLU são o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4). Os fluxos de carbono entre a atmosfera e os ecossistemas são, primordialmente, controlados por absorção através da fotossíntese das plantas e emitidos pela respiração e deposição e combustão da matéria orgânica. O N_2O é, principalmente, emitido pelos ecossistemas como um subproduto da nitrificação e da denitrificação, enquanto que o CH_4 é emitido pela metanogênese sob condições anaeróbicas em solos, pelo acondicionamento de estrume, pela fermentação entérica e durante a combustão incompleta quando há queima de matéria orgânica.

Neste setor, as emissões e remoções de GEE são definidas como aquelas que ocorrem em terras manejadas, ou seja, terras onde há intervenção humana com práticas que tenham função social, ecológica e de produção.

O inventário do setor AFOLU foi realizado com base na metodologia de elaboração de inventários de emissões de GEE do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), tendo sido, entretanto, adaptada à realidade do Município do Rio de Janeiro e aos dados disponibilizados.

No caso das atividades agropecuárias, a origem das emissões de GEE são as mesmas que o IPCC determina. Somente o cultivo de arroz, a queima de biomassa e as emissões dos produtos madeireiros não foram quantificadas no presente trabalho de inventário, por não ocorrerem dentro dos limites do Município do Rio.

3.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012

O setor de AFOLU foi responsável pela emissão de 8,6 mil toneladas de CO_2e no Município do Rio de Janeiro, em 2012. O principal gás emitido foi o CO_2 , seguido

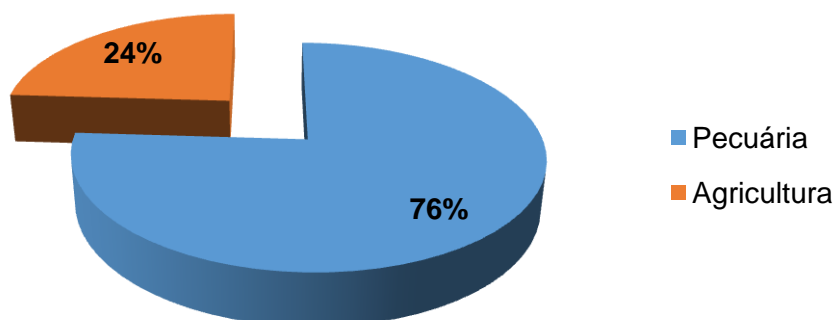
do CH₄ e N₂O. Uma síntese das fontes de emissão e os respectivos valores podem ser observados na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 – Emissões de GEE do Setor AFOLU no Município do Rio de Janeiro em 2012.

Atividade	Tipo de gás emitido	Emissões (Gg CO ₂ e)
Cobertura e Uso do Solo	(emissões de CO ₂)	-11,64
Fermentação Entérica	(emissões de CH ₄)	10,11
Manejo Dejetos	(emissões de CH ₄)	0,66
	(emissões dir. e ind. N ₂ O)	4,59
Uso Fertilizantes Nitrog.	(emissões dir. e ind. N ₂ O)	3,06
Uso de Calcário	(emissões de CO ₂)	1,79
Uso de Ureia	(emissões de CO ₂)	0,02
Total		8,59

Fonte: Autores.

Segundo as estimativas consolidadas, observa-se que as emissões da fermentação entérica e manejo de dejetos (criação de animais) apresentam os maiores valores no setor de AFOLU. O uso de corretivos agrícolas aparece como a segunda fonte mais relevante para as emissões de GEE dentro do Município (Figura 6).



Fonte: Autores.

Figura 6 – Participação das fontes no total das emissões de AFOLU (%) no Município do Rio de Janeiro em 2012

Em relação à mudança do uso e cobertura do solo, cabe salientar que a quantidade de remoções de carbono por parte do reflorestamento e arborização urbana conseguiu abater ou compensar mais de 100% do total das emissões pelo

desmatamento no Município do Rio em 2012, chegando, assim, a provocar uma emissão negativa, ou seja, uma remoção líquida de carbono pelo crescimento das árvores. Isto se explica pela diminuição nas taxas de desmatamento, principalmente, da cobertura florestal, associada ao aumento das áreas reflorestadas para recuperação ambiental e para arborização urbana (plantios de árvores em ruas e praças).

4. Resíduos

4.1. Caracterização do Setor no Município

No Município do Rio de Janeiro, a limpeza urbana é de responsabilidade da Comlurb (Companhia Municipal de Limpeza Urbana), subordinada à Secretaria de Meio Ambiente, que, além da limpeza das ruas, gerencia e executa a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos. Os resíduos industriais classe II-A são coletados por empresas terceirizadas e encaminhados às estações de transferência de resíduos (ETRs) gerenciadas pela Comlurb, para então serem encaminhados para aterramento. Como os resíduos industriais passam pelas ETRs, a Comlurb possui os dados estatísticos de sua produção no Município do Rio de Janeiro. Até o final de 2012, o biogás produzido nos processos de tratamento era apenas capturado e queimado em flares em alguns aterros, não tendo aproveitamento para fins energéticos.

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE-RJ é a empresa responsável pela coleta e tratamento do esgoto doméstico e comercial do Município do Rio de Janeiro e atende, aproximadamente, 80% da população. A empresa presta serviços de abastecimento de água (captação, adução, tratamento e distribuição) e esgotamento sanitário (coleta, transporte, tratamento e disposição final). De todo esgoto coletado e tratado em ETE, apenas 2,3% é da competência da Foz Águas 5. O restante é coletado e tratado pela CEDAE.

Segundo informações da CEDAE, da Foz Águas 5 – responsável pelo saneamento de parte da zona oeste do Município – e da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (IBGE, 2012), a população atendida por algum tipo de esgotamento sanitário no Município do Rio de Janeiro é de 5.089.239 habitantes, da população total de 6.390.290 habitantes. Não foram encontradas informações sobre a quantidade de habitantes ou domicílios utilizando tratamento por fossas. Segundo a

CEDAE, a parcela do esgoto coletado que recebe tratamento atualmente não é tratada por sistemas anaeróbios, somente o lodo resultante passa por este sistema de tratamento, antes de ser enviado aos aterros. Segundo a última Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2011, do IBGE, a região metropolitana do Rio de Janeiro trata em ETEs 70,6% dos esgotos. Dos 19,4% do esgoto restante, 6,5% não possuem nenhuma forma de tratamento, ou seja, são despejados em corpos d'água *in natura*, enquanto o restante é tratado em fossas.

Quanto ao lodo produzido nos tratamentos, no Município do Rio de Janeiro, parte do lodo é destinada a aterros.

4.2. Abordagem Metodológica

A metodologia adotada para os cálculos foi baseada no guia 2006 do IPCC. Segundo este guia, as meias-vidas de diferentes tipos de resíduos variam de poucos anos a muitas décadas. O método de decaimento de primeira ordem, FOD (First Order Decay), requer que dados de depósitos de lixo sejam coletados ou estimados historicamente por um período de tempo superior a 3 – 5 meias-vidas, a fim de se obter resultados precisos e aceitáveis. Isto quer dizer que é necessário que os dados de emissão de GEE de um determinado ano seja o somatório das influências das curvas de emissões de metano para um período de 50 anos anteriores. Se um padrão de tempo menor é escolhido, estes dados devem demonstrar que não há nenhuma subestimativa. Como não existe uma série de dados tão extensa e consistente de geração de resíduos e seus locais de disposição para o Município do Rio de Janeiro, foi adotado o período de 30 anos, que diminui de forma aceitável os riscos de subestimar as emissões. No último inventário, com ano-base de 2005, foram obtidos dados de disposição de resíduos do período de 1975 a 2004. Para o presente inventário, manteve-se o período do inventário passado e acrescentou-se dados do período de 2005 a 2011 para aterramento (tanto para RSU quanto para RSI) e de 2012 para os tratamentos térmico e biológico.

Para os fatores de emissão e outros parâmetros utilizados na metodologia, foram adotados valores padrão para o Brasil, obtidos nas comunicações nacionais à Convenção do Clima. Na ausência destas informações, utilizou-se valores padrão do guia IPCC.

Os esgotos ou efluentes líquidos são fonte de emissão de CH₄ quando tratados ou dispostos anaerobicamente. Podem também ser fontes de emissão de N₂O, quando este gás é produzido pela decomposição de compostos nitrogenados

presentes nos efluentes encaminhados aos corpos d'água. As emissões de CO₂, embora existam, não são calculadas por serem de origem biogênica, seguindo o mesmo raciocínio explicado para as emissões de resíduos sólidos.

Tanto o tratamento dos esgotos quanto do lodo produzido, sob condições anaeróbias, resulta na produção de metano, sendo que a quantidade de gás produzida dependerá das características do esgoto/efluente, da temperatura e do tipo de tratamento empregado. O principal fator determinante da geração de metano é a quantidade de matéria orgânica degradável encontrada, quantidade medida através da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO). Quanto maior a DBO ou DQO, maior a produção de metano. Em relação à temperatura, a produção do metano aumenta proporcionalmente ao aumento desta, principalmente em climas quentes e em sistemas sem o controle adequado deste parâmetro.

O óxido nitroso está associado à degradação dos componentes nitrogenados presentes no esgoto/efluente (ureia, nitrato e proteínas) e aos processos que envolvem o tratamento, principalmente nos sistemas terciários, que são capazes de remover estes compostos nitrogenados. Emissões diretas de N₂O são geradas tanto nos processos de nitrificação (processo aeróbio que converte amônia e outros compostos nitrogenados em nitrato – NO₃) e denitrificação (processo anaeróbio em que o nitrato é convertido em nitrogênio gasoso – N₂), pois são um produto intermediário de ambos os processos. As emissões de N₂O podem ocorrer tanto nas plantas de tratamento quanto no corpo d'água receptor deste esgoto/efluente.

4.3. Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Ano de 2012

Aplicando-se a metodologia para as diversas formas de tratamento de resíduos, conforme detalhado nos itens anteriores, obteve-se as emissões líquidas de metano e óxido nitroso de cada destino, em tCO₂, tCH₄, tN₂O e GgCO₂e. Os resultados são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Emissões líquidas de GEE dos resíduos sólidos e efluentes líquidos do Município do Rio de Janeiro – 2012

Destino Final	Emissões de dióxido de carbono (t CO ₂)	Emissões totais de metano (t CH ₄)	Emissões líquidas de metano (t CH ₄)	Emissões de óxido nitroso (t N ₂ O)	Emissões totais líquidas (Gg CO ₂ e)
Resíduos Sólidos	443,40	92.439,14	81.226,11	1,26	1.706,58
Resíduos Sólidos Urbanos		89.656,57	78.443,54	1,24	1.647,70
Aterro Controlado		81.337,93	70.513,22		1.480,78
Aterro Sanitário		8.302,11	7.913,79		166,19
Compostagem		16,53	16,53	1,24	0,73
Resíduos de Saúde		301,62	301,62		6,33
Incineração	443,40			0,02	0,45
Resíduos Industriais		2.480,95	2.480,95		52,10
Esgotos e Efluentes		25.498,80	24.933,30	324,70	624,26
Esgotos Res + Com		21.635,40	21.069,90	272,60	526,97
ETE		15.453,70	14.888,20	217,10	379,95
Fossa Séptica		5.803,80	5.803,80	41,90	134,87
Lançado <i>in natura</i>		377,90	377,90	13,60	12,15
Efluentes Industriais		3.863,40	3.863,40	52,10	97,28
TOTAL RESÍDUOS	443,40	117.937,94	106.159,41	325,96	2.330,84

Fonte: Autores.

A tabela acima apresenta as emissões líquidas, pois considera a captura de metano. Considerando o peso específico do metano, de 0,716 kg/m³, a massa de metano recuperado e queimado foi de 388.328,3 kg em Seropédica e de 11.196.760,7 kg em Gramacho, num total de 11,6 mil toneladas de metano em 2012. Na ETE Alegria, obteve-se a recuperação de 565,5 toneladas de CH₄ (12,0 GgCO₂e).

Consolidando todos os resultados, o setor de resíduos foi responsável pela emissão de mais de 2,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes em 2012. O principal gás emitido foi o CH₄, seguido pelo N₂O e, por último, o CO₂. A síntese das emissões por fonte e escopo é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 – Emissões líquidas por fonte do setor resíduos no Município do Rio de Janeiro em 2012

Fonte	Emissões (GgCO ₂ e)		
	Escopo 1	Escopo 3	Soma (1 + 3)
Aterro Sanitário	-	166,19	166,19
Aterro Controlado	463,00	1.017,80	1.480,80
Compostagem	0,73	-	0,73
Incineração	0,45	-	0,45
Resíduos Industriais	-	52,10	52,10

Fonte	Emissões (GgCO ₂ e)		
	Escopo 1	Escopo 3	Soma (1 + 3)
Serviços de Saúde	-	6,33	6,33
Resíduos Sólidos	464,17	1.242,42	1.706,58
Esgotos Res+Com	526,97	-	526,97
Efluentes Industriais	97,28	-	97,28
Efluentes	624,26	0,00	624,26
TOTAL	1.088,43	1.242,42	2.330,84

Fonte: Autores

No caso do subsetor de resíduos sólidos não ocorrem emissões do escopo 2. As emissões dos tratamentos térmico e biológico são ambas no escopo 1. Já para aterramento, há emissões no escopo 3, pois os aterros de Gramacho, Seropédica e Nova Iguaçu situam-se fora dos limites do município do Rio de Janeiro.

É evidente que o aterramento, seja controlado ou sanitário, é a maior fonte de emissões de gás de efeito estufa de todo o setor de resíduos, respondendo por cerca de 70% das emissões, seguido dos tratamentos dos esgotos domésticos e comerciais (ETEs e fossas). Como os resíduos sólidos industriais considerados correspondem à fração classe II-A que vai para aterro, as demais formas de tratamento de resíduos – incineração, compostagem e térmico – somadas, não correspondem nem a 1% do total das emissões, o que mostra o quanto o setor precisa evoluir em termos de tecnologia empregada ao tratamento de resíduos, não somente pelo incremento da recuperação do biogás para queima ou aproveitamento do metano, mas também pela ampliação das usinas para geração de energia e aproveitamento do metano para fins veiculares.

5. Análise Consolidada dos Resultados

5.1. Resultados Consolidados das Emissões do Município do Rio de Janeiro em 2012

Na Tabela 13, a seguir, encontram-se os valores totais obtidos no Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro. Os valores estão contabilizados por fontes de emissão e por cada gás, sendo que o somatório encontra-se em dióxido de carbono equivalente.

Tabela 13 – Emissões totais do Município do Rio de Janeiro, em 2012, por GEE (Gg)

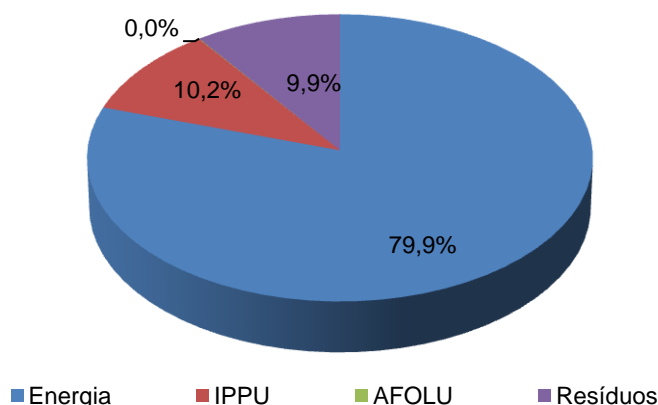
Gg	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
ENERGIA	17.751,87	45,97	0,48	18.865,15
Energético (Transform. e Distrib.)	2.874,19	0,92	0,01	2.896,08
Produção de Coque	1.085,20	0,00	0,00	1.085,20
Refino	248,57	0,91	0,00	268,35
Outros consumos Setor Energético	47,11	0,00	0,00	47,16
Perdas de distribuição eletricidade	1.493,31	0,01	0,01	1.495,37
Residencial	1.981,71	0,02	0,01	1.984,12
Comercial/Serviços	1.593,05	0,01	0,01	1.595,26
Público	549,17	0,00	0,00	549,96
Agropecuário	0,66	0,00	0,00	0,66
Transporte	7.127,14	2,78	0,45	7.324,59
Rodoviário	5.374,37	2,73	0,40	5.555,76
Ferroviário	90,31	0,00	0,00	90,85
Aéreo	1.650,38	0,05	0,05	1.665,80
Hidroviário	12,07	0,00	0,00	12,18
Indústria	2.664,58	0,02	0,00	2.666,32
Extração e tratamento de minerais	2,08	0,00	0,00	2,08
Minerais não metálicos	21,04	0,00	0,00	21,07
Metalúrgico	1.457,46	0,01	0,00	1.457,75
Papel e celulose	0,02	0,00	0,00	0,02
Química	122,95	0,00	0,00	123,06
Têxtil	0,78	0,00	0,00	0,78
Produtos alimentícios	4,35	0,00	0,00	4,36
Bebidas	67,36	0,00	0,00	67,42
Outras indústrias	22,42	0,00	0,00	22,48
Sem especificação/não identificadas	966,12	0,01	0,00	967,29
Emissões fugitivas	961,36	42,23	0,00	1.848,16
Emissões fugitivas Refino	39,95	0,05	0,00	41,00
Emissões fugitivas Siderurgia	921,41	38,36	0,00	1.727,03
Emissões fugitivas Distribuição de gás natural	0,00	3,82	0,00	80,12
IPPU	2.329,74	0,18	0,21	2.398,33
Processos industriais	2.300,52	0,18		2.304,25
Produção de vidro	4,35			4,35
Produção de metanol	18,58	0,18		22,30
Produção de aço	2.277,60			2.277,60
Uso de produtos	29,21		0,21	94,08
Uso de lubrificantes	29,07			29,07
Uso de parafinas	0,14			0,14
Uso de óxido nitroso			0,21	64,86
AFOLU	-9,83	0,51	0,02	8,59
Mudança do Uso do Solo	-11,64			-11,64
Agricultura	1,81		0,01	4,86
Correção de solos agrícolas	1,81		0,01	4,86

Gg	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Pecuária	0,00	0,51	0,01	15,36
Fermentação Entérica		0,48		10,11
Manejo de Dejetos		0,03	0,01	5,25
RESÍDUOS	0,44	106,16	0,33	2.330,84
Resíduos Sólidos	0,44	81,23	0,00	1.706,58
Resíduos Sólidos Urbanos		78,44	0,00	1.647,70
Resíduos de Saúde		0,30		6,33
Incineração	0,44		0,00	0,45
Resíduos Industriais		2,48		52,10
Esgotos e Efluentes	0,00	24,93	0,32	624,26
Esgotos Res + Com		21,07	0,27	526,97
Efluentes Industriais		3,86	0,05	97,28
TOTAL	20.072,22	152,82	1,04	23.602,90
Bunkers	1.611,50	0,02	0,05	1.626,10
Total com Bunkers	21.683,72	152,84	1,08	25.229,00
CO₂ Biogênico (Etanol e Biodiesel)	602,25			

Nota: zeros significam valores marginais. Inexatidão deve-se a arredondamentos.

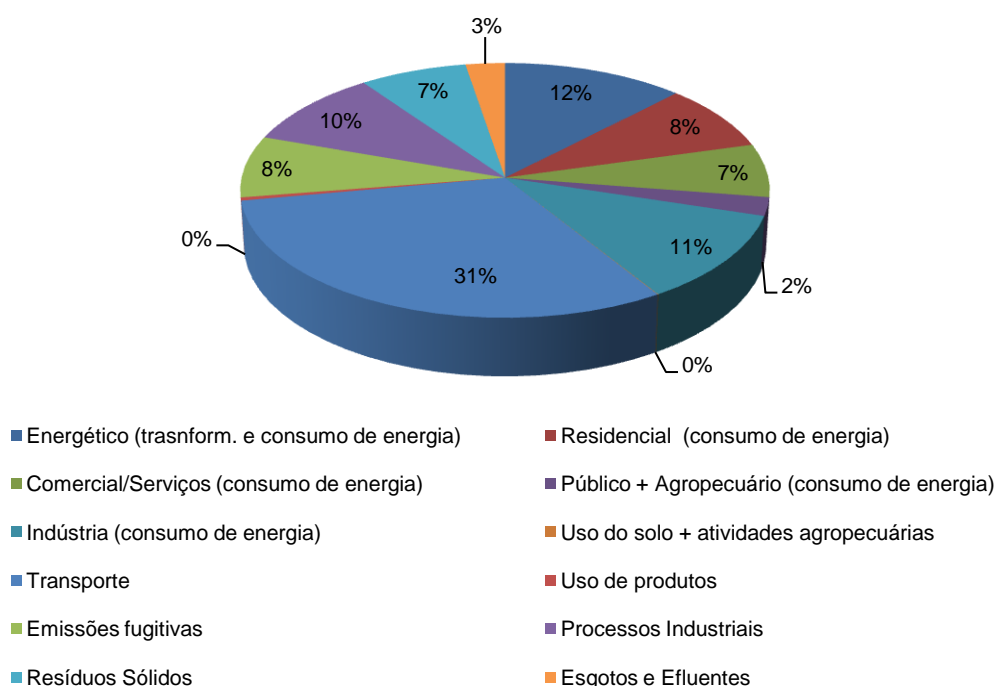
Fonte: Autores

A Figura 7 e a Figura 8 mostram a participação percentual dos setores nas emissões totais do Município do Rio de Janeiro. Percebe-se que o setor de Energia continua sendo o setor mais importante, responsável por quase 80% das emissões. Considerando os setores de maneira mais detalhada, transportes é o setor mais emissor, respondendo por 31% das emissões, seguido pelo consumo do setor energético (12%) e consumo de energia na indústria (11%).



Fonte: Autores.

Figura 7 – Participação (%) dos grandes setores nas emissões de GEE totais do Município do Rio de Janeiro em 2012



Fonte: Autores.

Figura 8 – Participação dos subsetores nas emissões de GEE totais do Município do Rio de Janeiro em 2012

As Emissões de GEE da TKCSA

Siderúrgicas, principalmente da rota integrada, são indústrias intensivas em energia e no uso de materiais carbonosos como agentes redutores. A transformação por oxirredução do minério de ferro em ferro metálico é feita através de processos físico-químicos que, necessariamente, liberam CO₂. Dada a natureza do empreendimento e a baixa industrialização do Município, um aumento nas emissões de GEE da cidade devido à instalação da TKCSA – ThyssenKrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico já era, portanto, esperado.

Uma parte significativa das emissões de carbono da TKCSA está associada à geração de eletricidade em sua unidade termelétrica (UTE), realizada a partir do reaproveitamento do conteúdo energético do gás residual gerado nos altos fornos. O reaproveitamento do conjunto dos gases residuais do processo, juntamente com a recuperação e aproveitamento do vapor da coqueria, permitem que a TKCSA seja totalmente autossuficiente em energia elétrica e ainda exportadora do excedente para outras indústrias localizadas em sua planta e para o Sistema Interligado Nacional (SIN). A energia disponibilizada ao SIN é suficiente para abastecer cerca de dois milhões de residências. No inventário de 2012 da TKCSA, as emissões relacionadas à venda de

eletricidade para terceiros representaram cerca de 2,2 milhões de toneladas de CO₂e.

Além de coprodutos reaproveitados internamente, a TKCSA também destina resíduos carbonosos e não carbonosos para terceiros, que os utilizam como matéria-prima. Isso evita indiretamente emissões desses terceiros – o que, em inventários corporativos, pode ser considerado como abatimento de emissões. Destaca-se o caso da destinação da escória de alto-forno da TKCSA a uma indústria de cimento localizada dentro do complexo siderúrgico, para ser usada em substituição ao clínquer, que em 2012 evitou a emissão de 516 mil toneladas de CO₂e (conforme estimativa da TKCSA através de metodologia da WSA – World Steel Association).

Pelas suas características, a TKCSA apresenta a tecnologia mais atual de recuperação e reuso de energia, o que a projeta como a siderúrgica integrada de menor geração de GEE por tonelada de aço produzida. Em paralelo, a empresa possui ainda projeto de reflorestamento em área de 264 hectares do Parque Estadual da Pedra Branca, com objetivo de compensação parcial das emissões de GEE. Esse reflorestamento corresponde a mais do dobro do realizado na Floresta da Tijuca no século XIX.

No inventário das emissões de GEE da Cidade do Rio de Janeiro, as emissões de GEE da TKCSA foram contabilizadas da seguinte forma:

- As emissões da fabricação do coque (a partir do carvão metalúrgico) e as da geração de energia elétrica foram alocadas no Setor Energético (centros de transformação da energia), conforme as diretrizes do IPCC;
- As emissões da fabricação de sinter, do ferro gusa e do aço, na sinterização, nos altos-fornos e na aciaria, foram alocadas no setor de Processos Industriais e no de consumo energético (queima de combustíveis fósseis) da indústria metalúrgica.

O sequestro de carbono referente ao reflorestamento promovido pela TKCSA está computado no cálculo das emissões de AFOLU, conforme as diretrizes do IPCC: as emissões negativas do reflorestamento são descontadas das emissões positivas decorrentes do desmatamento e outras mudanças no uso do solo.

As emissões de GEE evitadas pelas demais medidas anteriormente mencionadas não aparecem diretamente no inventário da Cidade, devido à diferença de metodologia da apropriação das emissões de uma cidade e de um inventário corporativo. Porém, elas contribuíram para reduzir as emissões de GEE contabilizadas para fabricação de cimento e aço, pois processos mais emissores seriam utilizados no atendimento à demanda do mercado.

As emissões brutas de GEE da TKCSA em 2012 foram de 8,8 Mt CO₂e no sítio da usina (escopo 1), enquanto as emissões líquidas, obtidas pela diferença entre as emissões brutas e as evitadas, foram estimadas em 6,3 milhões de toneladas de CO₂e, para um nível de produção de 3,5 milhões de toneladas de aço bruto (aço líquido total produzido), no inventário corporativo entregue pela TKCSA ao INEA.

5.2. Emissões por Escopos

Em relação aos escopos, as emissões do Município do Rio de Janeiro podem ser categorizadas conforme a Tabela 14 abaixo. As emissões de escopo 2 correspondem à eletricidade importada da rede (sistema interligado nacional). As emissões de escopo 3 correspondem ao balanço nas emissões da cadeia de produção de etanol e de biodiesel; às emissões fugitivas do carvão mineral consumido pelo Município, mas que é explorado fora de suas fronteiras; e dos resíduos gerados pelo Município, mas levados para disposição em aterros fora de suas fronteiras.

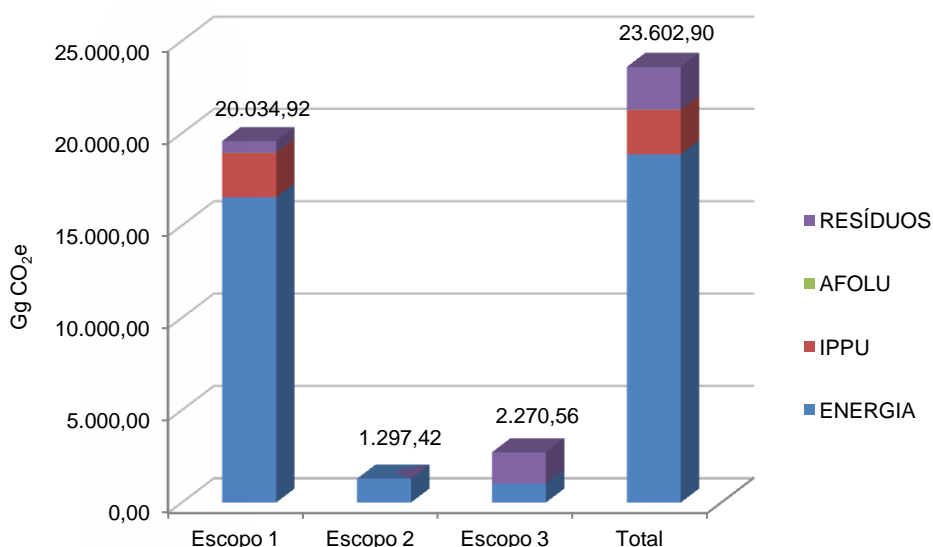
Tabela 14 – Emissões totais de GEE do Município do Rio de Janeiro em 2012 por escopo (Gg CO₂e).

Gg CO ₂ e	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
ENERGIA	16.539,57	1.297,42	1.028,16	18.865,15
Energético (Transform. e Distrib.)	2.544,98	351,10	0,00	2.896,08
Produção de Coque	1.085,20			1.085,20
Refino	268,35	0,00		268,35
Outros consumos Setor Energético	43,01	4,14	0,00	47,16
Perdas de distribuição eletricidade	1.148,42	346,95		1.495,37
Residencial	1.667,50	316,62		1.984,12
Comercial/Serviços	1.249,23	345,65	0,37	1.595,26
Público	425,81	124,11	0,03	549,96
Agropecuário	0,52	0,14	0,00	0,66
Transporte	7.082,66	20,21	221,73	7.324,59
Rodoviário	5.336,33		219,43	5.555,76
Ferroviário	70,59	20,21	0,06	90,85
Aéreo	1.665,80			1.665,80
Hidroviário	9,94		2,24	12,18
Indústria	2.526,33	139,59	0,41	2.666,32
Emissões fugitivas	1.042,54	0,00	805,62	1.848,16
IPPU	2.398,33	0,00	0,00	2.398,33
Processos industriais	2.304,25			2.304,25
Produção de vidro	4,35			4,35
Produção de metanol	22,30			22,30
Produção de aço	2.277,60			2.277,60
Uso de produtos	94,08			94,08
Uso de lubrificantes	29,07			29,07
Uso de parafinas	0,14			0,14
Uso de óxido nitroso	64,86			64,86
AFOLU	8,59	0,00	0,00	8,59
Mudança do Uso do Solo	-11,64			-11,64
Agricultura	4,86			4,86

Gg CO ₂ e	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
Correção de solos agrícolas	4,86			4,86
Pecuária	15,36			15,36
Fermentação Entérica	10,11			10,11
Manejo de Dejetos	5,25			5,25
RESÍDUOS	1.088,44	0,00	1.242,40	2.330,84
Resíduos Sólidos	464,18		1.242,40	1.706,58
Resíduos Urbanos (incluindo de saúde e incineração)	464,18		1.190,30	1.654,48
Resíduos Industriais			52,10	52,10
Esgotos e Efluentes	624,26			624,26
Esgotos Res + Com	526,97			526,97
Efluentes Industriais	97,28			97,28
TOTAL	20.034,92	1.297,42	2.270,56	23.602,90
Bunkers	1.626,10	0,00	0,00	1.626,10
Total com Bunkers	21.661,02	1.297,42	2.270,56	25.229,00
CO₂ Biogênico (Etanol e Biodiesel)		602,25		

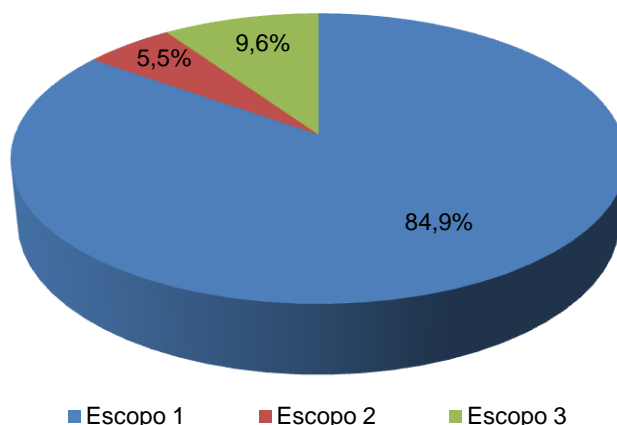
Fonte: Autores.

Percebe-se pela Figura 9 e pela Figura 10, que a maior parte das emissões do Município do Rio de Janeiro são emissões diretas, isto é, de escopo 1. No escopo 2 estão incluídas as emissões indiretas da importação de eletricidade da rede. No escopo 3 destaca-se o setor de resíduos, já que o Município envia a maior parte de seus resíduos sólidos para ser tratado em aterros localizados em outros municípios.



Fonte: Autores.

Figura 9 – Emissões de GEE do Município do Rio de Janeiro, em 2012, por escopos (Gg CO₂e)



Fonte: Autores.

Figura 10 – Distribuição das Emissões Entre os Escopos.

5.3. Comparação com o Ano-Base 2005

Conforme já mencionado nas discussões de cada setor, para alguns foi possível revisar e atualizar os valores de 2005 de acordo com novos dados mais confiáveis conseguidos ou por mudanças metodológicas. A Tabela 15 abaixo apresenta os valores de 2005, originais e revisados, e os resultados atuais do inventário de 2012. As variações se referem ao aumento em 2012 em relação aos valores revisados de 2005.

Tabela 15 – Emissões totais de GEE comparadas de 2005 e 2012 (Gg CO₂e)

	2005	2005-rev	2012	Variação 2012/2005 (%)
ENERGIA	8.348,90	8.544,67	18.865,15	121%
Consumo do setor energético		195,05	2.896,08	1385%
Produção de coque*			1.085,20	
Refino			268,35	
Outros consumos			47,16	
Perdas na distribuição de eletricidade		195,05	1.495,37	667%
Residencial	795,60	795,60	1.984,12	149%
Comercial/serviços	319,20	319,20	1.595,26	400%
Público e outros (agropecuário)	210,90	210,90	550,62	161%
Transporte	5.478,20	5.478,20	7.324,59	34%
Indústria	1.416,40	1.416,40	2.666,32	88%
Emissões fugitivas – total	128,60	129,32	1.848,16	1329%

	2005	2005-rev	2012	Variação 2012/2005 (%)
Emissões fugitivas Refino	75,00	25,50	41,00	61%
Emissões fugitivas Siderurgia*			1.727,03	
Emissões fugitivas Distribuição de GN	53,60	103,82	80,12	-23%
IPPU	409,79	409,79	2.398,33	485%
Processos industriais	393,02	393,02	2.304,25	486%
Produção de vidro	13,87	13,87	4,35	-69%
Produção de metanol	98,15	98,15	22,30	-77%
Produção de aço	130,60	130,60	2.277,60	1644%
Produção de alumínio**	150,40	150,40	-	
Uso de produtos	16,77	16,77	94,08	461%
Uso de lubrificantes	16,70	16,70	29,07	74%
Uso de parafina	0,07	0,07	0,14	105%
Uso de óxido nitroso			64,86	
AFOLU	220,60	220,60	8,59	-96%
Mudança do Uso do Solo	203,40	203,40	-11,64	-106%
Desmatamento	254,90	254,90	24,74	-90%
Reflorestamento	-51,50	-51,50	-36,38	-29%
Pecuária	14,70	14,70	15,36	5%
Fermentação Entérica	10,80	10,80	10,11	-6%
Manejo de Dejetos	3,90	3,90	5,25	35%
Agricultura	2,50	2,50	4,86	95%
Correção de solos agrícolas	2,50	2,50	4,86	95%
RESÍDUOS	2.372,50	2.227,12	2.330,84	5%
Resíduos sólidos	1.604,60	1.604,60	1.706,58	6%
Resíduos urbanos (inclui de saúde e incineração)	1.580,30	1.580,30	1.654,48	5%
Resíduo industrial	24,30	24,30	52,10	114%
Esgotos e Efluentes	767,90	622,52	624,26	0%
Esgoto doméstico e comercial	659,10	536,60	526,97	-2%
Efluente industrial	108,80	85,92	97,28	13%
TOTAL	11.351,79	11.402,18	23.602,90	107%
Bunker	531,10	531,10	1.626,10	206%
TOTAL com bunker	11.882,89	11.933,28	25.229,00	111%

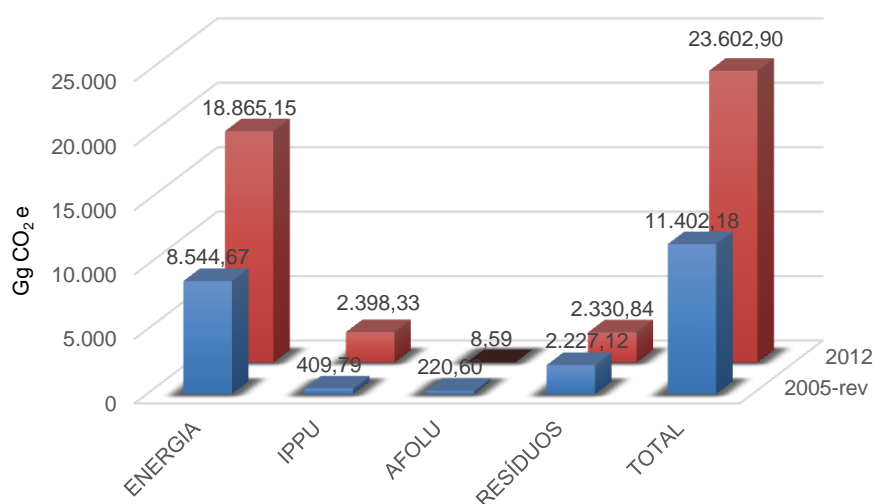
* A atividade não existia no Município em 2005.

** A atividade não existe mais no Município atualmente.

Fonte: Autores.

Através da Figura 11 é possível visualizar o quanto as emissões dos grandes setores variaram entre os anos estudados. O principal responsável pelo aumento nas emissões é o uso de energia, devido ao crescimento do PIB, ao aumento do uso de centrais térmicas na geração elétrica, ao aumento do consumo de gasolina devido aos subsídios ao preço da gasolina e ao crescimento das frotas de carros individuais, além crise da produção de etanol. Os processos industriais e o uso de energia na indústria também causaram um aumento relevante nas emissões, devido à instalação de uma

usina siderúrgica de grande porte no município. Já no uso do solo (AFOLU) houve uma redução nas emissões, graças aos esforços de redução de desmatamento e ao programa de reflorestamento da Prefeitura.



Fonte: Autores.

Figura 11 – Comparação entre as emissões recalculadas de 2005 e os resultados de 2012 (Gg CO₂e)

5.4. Análise de Indicadores

No que se refere ao conteúdo de carbono do PIB do Município do Rio de Janeiro, observa-se um aumento neste indicador, assim como na emissão per capita, conforme mostra a Tabela 16. Mas como a população do Município não cresceu significativamente, a emissão per capita quase duplicou. Entretanto, o crescimento econômico do Município de 2005 a 2012 se deu em atividades mais intensivas no uso de energia e em emissões de GEE e a intensidade de emissões por unidade de PIB aumentou 53,2% no período.

Tabela 16 – Emissões de GEE, PIB e população no Município do Rio de Janeiro, 2005 e 2012

	2005	2012	Variação 2005/2012 (%)
Emissões totais (milhões de toneladas de CO ₂ e)	11,40	23,60	107,0%
PIB (bilhões de reais a preços de 2012)*	167,00	225,67	35,1%
População (milhões de habitantes)	6,10	6,32	3,6%
Emissões totais/PIB (tCO ₂ e/ milhões de reais de 2012)	68,28	104,59	53,2%
Emissões totais per capita (tCO ₂ e/ habitante)	1,87	3,73	99,8%

*Valor estimado com base no valor de 2010.

Fonte: Autores, com dados de PIB e População do IPP (2013).

6. Avaliação das Incertezas

Todo inventário encerra um grau de incerteza tendo em vista tratar-se de estimativas e não de medições. Portanto, os valores encontrados para as emissões do Município do Rio de Janeiro estão sujeitas a incertezas seja pela imprecisão dos dados básicos, seja no que se refere aos fatores de emissão.

A própria análise da imprecisão das estimativas é pouco objetiva tendo em vista que para torná-la precisa, para cada item analisado seria necessário fazer uma avaliação tão pormenorizada que acabaria por reduzir todas as incertezas. Isto não é viável a curto prazo, nem relevante em toda a extensão dos itens analisados na medida em que o inventário é um instrumento de planejamento que visa identificar as atividades econômicas que merecem um estudo mais detalhado.

Para este propósito, as incertezas associadas a cada valor encontrado são meramente uma indicação de onde pode haver uma oportunidade de se investir em base de dados e aumento do conhecimento dos processos que originam as emissões de GEE e remoções de dióxido de carbono.

De forma geral, esta avaliação foi guiada pelos parâmetros de classificação qualitativa presentes na versão piloto do Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions (FONG *et al*, 2012), em que são apresentados critérios para classificação dos dados utilizados em inventários:

- Dados de alta qualidade: fatores de emissão locais e dados de atividades detalhados;
- Dados de qualidade média: fatores de emissão nacionais e dados de atividades genéricos;
- Dados de baixa qualidade: fatores de emissão *default* e dados de atividades genéricos.

Como avaliou-se o nível de incertezas, atribuiu-se alta incerteza aos dados de baixa qualidade e fatores *default*, e baixa incerteza aos dados de alta qualidade e fatores mais específicos. No entanto, esses princípios foram seguidos apenas com um guia, e premissas mais específicas foram adotados em cada setor.

Tabela 17 – Avaliação das incertezas nas estimativas do inventário de emissões de GEE do Município do Rio de Janeiro, em 2012

Setores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
ENERGIA			
<i>Setor energético</i>	Média	Média	Média
<i>Residencial</i>	Média	Média	Média
<i>Comercial</i>	Média	Média	Média
<i>Público</i>	Média	Média	Média
<i>Agropecuário</i>	Média	Média	Média
<i>Transporte</i>	Média	Média	Média
<i>Indústria</i>	Média	Média	Média
<i>Emissões fugitivas</i>			
<i>Refino</i>	Média	Média	Média
<i>Siderurgia</i>	Baixa	Alta	-
<i>Distribuição de gás natural</i>	-	Média	-
IPPU			
<i>Produção de vidro</i>	Alta	-	-
<i>Produção de metanol</i>	Baixa	Média	-
<i>Produção de aço</i>	Baixa	-	-
<i>Uso de lubrificantes</i>	Alta	-	-
<i>Uso de parafinas</i>	Alta	-	-
<i>Uso de óxido nitroso</i>	-	-	Média
AFOLU			
<i>Uso do solo</i>	Baixa	-	-
<i>Agropecuária</i>	Média	Média	Média
RESÍDUOS			
<i>Resíduos sólidos urbanos</i>	-	Média	-
<i>Compostagem</i>	-	Baixa	Baixa
<i>Incineração</i>	Baixa	-	Baixa
<i>Efluentes</i>	-	Alta	Alta
Bunkers (não contabilizado no total)	Média	Alta	Alta

Fonte: Autores.

Atualização do Plano de Ação para Redução de Emissões do Município do Rio de Janeiro

1. Introdução

Com o início da atual gestão municipal, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (CRJ) estabeleceu como uma das prioridades a elaboração de um Plano Municipal de Mudanças Climáticas, de forma a introduzir a questão do aquecimento global no âmbito do planejamento e apresentar e coordenar as diversas ações e medidas, já em projeto, que tinham potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Neste contexto, em 2010, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC, através de sua Gerencia de Mudanças Climáticas, promoveu a atualização do Inventário de Emissões da Cidade do Rio de Janeiro para o ano de 2005 de forma a conhecer o nível de emissões da Cidade e suas principais fontes. Junto com este estudo, foi elaborado um estudo de Cenário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, de forma a identificar e quantificar o potencial de redução das ações planejadas pela Prefeitura, além de outras possíveis de serem implementadas e também um Plano de Ação que contemplou as medidas necessárias a serem realizadas pelo governo municipal para o atingimento das metas de redução de emissões de gases de efeito estufa.

O presente estudo tem por objetivo estimar se o Município do Rio de Janeiro alcançou as reduções de emissões estimadas à época para 2012 e atualizar as estimativas para os anos de 2016, 2010 e 2025.

2. Energia

No contexto urbano da Cidade do Rio de Janeiro, o setor de energia é o principal responsável pelas emissões de GEE – como demonstra o inventário do ano de 2012. Dentre os subsetores que constituem as emissões referentes ao uso de energia, destaca-se o de transportes. Também são dignos de nota o uso industrial, o residencial e comercial, sobretudo devido ao consumo de energia elétrica gerada a partir de fontes fósseis.

Fontes Fixas

O Plano Estratégico 2009-2012 (RIO DE JANEIRO, 2011) previu duas iniciativas estratégicas que têm impactos sobre estas fontes: o Choque de Ordem de Conservação que, dentre outras coisas, promoveu medidas de conservação da iluminação pública; e a realização do projeto Bairro Maravilha que leva a

requalificação urbana a bairros degradados, incluindo melhorias de iluminação. Estas iniciativas tem o potencial de resultar em progressos em termos de eficiência no uso de energia elétrica. Todavia, é difícil avaliar o quanto foi obtido neste sentido.

O Plano Estratégico 2013-2016 (RIO DE JANEIRO, 2013), por sua vez, também possui metas e iniciativas relevantes ao uso da energia – a saber: a continuação do projeto Bairro Maravilha; a manutenção de um índice de apagamento dentro dos padrões internacionais (inferior a 2%); a reformulação da iluminação em vias principais com substituição de tecnologia (LED/Energia Solar/Eólica); a implementação do projeto Morar Carioca que pretende realizar a urbanização com componentes de infraestrutura e equipamento urbano (água, tratamento de esgoto, drenagem, iluminação pública, coleta de lixo, contenção, pavimentação e equipamentos públicos) de 584 unidades urbanizáveis – constituindo 156 mil domicílios até 2016 – e pretende se incorporar ao Programa Minha Casa, Minha Vida de modo a prover habitação para 100 mil famílias; e a construção do Parque Olímpico que deve ser um legado ambiental, arquitetônico, cultural e econômico sustentável das Olimpíadas de 2016. Cabe notar que a maior parte destas medidas não são especificamente voltadas para o setor de energia, mas importam devido às suas características. Para efeito de cálculo, destaca-se que a iniciativa de uso de LED já atingiu 32.000 pontos de luz.

Percebe-se que o plano estratégico mais atual se mostra mais ousado em suas metas e iniciativas no que se refere às fontes fixas de emissões relacionadas com o uso de energia. As ações que promovem urbanização têm um impacto importante, mas de difícil contabilização – já a reformulação da iluminação em vias principais possibilita uma redução de emissões de aproximadamente 0,6 Gg CO₂e.

Fontes Móveis

Para este conjunto são previstas mais iniciativas e metas – isto se mostra positivo, visto que compreende fontes emissoras expressivas e importantes oportunidades de redução.

O Plano Estratégico 2009-2012 (RIO DE JANEIRO, 2011) indica as seguintes metas e iniciativas estratégicas: Rio Capital da Bicicleta – consiste na manutenção de 150 km de ciclovias existentes e implantação de 150 km de novas ciclovias, novos bicicletários e de novas estações públicas de guarda de bicicletas, integrando toda a malha cicloviária à rede de transportes públicos; recuperar 300 km de vias públicas na zona Norte até o final de 2012; reduzir o tempo médio de viagem dos 20 principais

percursos da cidade em, pelo menos, 10% entre 2009 e 2012; implantar o trecho Barra/Madureira do TransCarioca e o trecho Barra/Santa Cruz do TransOeste até o final de 2012; racionalização e integração físico-tarifária da rede de transportes de ônibus, compreendendo a criação do Bilhete Único, a redefinição das linhas para torná-las mais eficientes – eliminando a superposição de linhas – e integrando-as ao transporte de massa (metrô e trem); TransCarioca – consiste na criação de um corredor de ônibus expresso, em faixa dedicada, ligando a Barra da Tijuca à Penha; Ligação C – consiste em uma ligação transversal entre Bangu e Jacarepaguá (BRT); TransOeste – Túnel da Grota Funda – implantação de sistema BRT entre Santa Cruz e a Barra da Tijuca e construção de um túnel ligando Barra de Guaratiba ao Recreio dos Bandeirantes.

O Plano Estratégico 2013-2016 (RIO DE JANEIRO, 2013), por sua vez, indica as seguintes metas e iniciativas estratégicas relacionadas direta ou indiretamente com potenciais reduções de emissões de GEE de fontes móveis:

- Recapear 1,7 mil km de vias primárias (asfalto liso) e 1,0 mil km de vias secundárias da cidade entre 2009 e 2016.
- Reduzir pela metade o tempo médio de deslocamento dos ônibus nos principais percursos da cidade em sistemas Ligeirão – via racionalização dos ônibus regulares, regularização das vans, integração tarifária, transporte complementar (“Cabritinho”) – e em pelo menos 20% em sistemas BRS no ano de inauguração de cada sistema, mantendo a redução nos anos subsequentes.
- Integrar todos os meios de transporte público ao sistema tarifário do Bilhete Único Carioca, até 2016.
- Alcançar 60% dos usuários de transporte público no município do Rio de Janeiro que usam pelo menos um meio de transporte de alta capacidade (trem, metrô ou Ligeirão) até 2016.
- Concluir as obras e iniciar as operações da TransOeste, TransCarioca, TransOlímpica e TransBrasil.
- Modernizar 100% da frota de ônibus até 2016, adotando ônibus modernos com ar-condicionado, motor traseiro, combustível verde e recursos de acessibilidade.
- VLT do Centro – implementação de um sistema de veículos leves sobre trilhos (VLT) que integrará os diversos modais de transporte (metrô, trem,

barcas) e pontos estratégicos (Rodoviária, Praça Mauá, Avenidas Rio Branco e Presidente Vargas, Praça XV, Aeroporto Santos Dumont).

- Projeto de Transporte Aquaviário – análise de viabilidade do complexo de lagoas receber um modal aquaviário na região da Barra como alternativa ao transporte rodoviário, a fim de ajudar a reduzir o trânsito nas principais vias e contribuir para a exploração do potencial turístico da região.
- Plano de Mobilidade Sustentável – consiste na elaboração de um Plano de Mobilidade Sustentável, incluindo a definição de políticas e do modelo de estacionamento em áreas públicas da cidade.
- Rio Verde – Transformação da Rio Branco – revitalização com espaços arborizados, iluminação moderna, coleta de lixo a vácuo e moderna infraestrutura. Fechamento completo da via, organização do sistema de transporte em um anel periférico à região conectado a diferentes modais de transporte (metrô, barcas e VLTs).
- Alcançar 450 km de malha cicloviária entre 2009 e 2016, integrando-a aos modais da cidade.

Os projetos listados implicam em modificações com reduções de emissões de difícil estimativa. O aumento de ciclovias, por exemplo, implica em redução de uso de transporte motorizado, contudo, seria necessário realizar um estudo para calcular mais precisamente, no contexto da Cidade do Rio de Janeiro, em que monta isto ocorre. Há também iniciativas ainda com baixo nível de detalhamento – como o Plano de Mobilidade Sustentável – ou ainda sem perspectiva concreta de realização, como o Projeto de Transporte Aquaviário. Assim, este trabalho se limita a buscar uma aproximação das emissões evitadas das medidas em que há uma previsão mais robusta de operacionalização e que implicam em reduções para as quais há informação básica que viabilize o cálculo. Neste sentido, destacam-se os corredores BRT. Atualmente, nas condições relatadas neste documento no Cenário B de operação, estima-se em 2012 uma redução de 29,2 Gg CO₂e. ao ano para as ações indicadas nos planos estratégicos. Para o ano de 2016, o total sobe para 241,2 Gg CO₂e.

Ressalta-se que há outros projetos – tanto de outras esferas do governo, como a expansão da rede metroviária – quanto da própria Prefeitura, a exemplo da expansão do sistema BRS que pretende abranger muitos dos principais trechos de trânsito do Rio de Janeiro, que devem resultar em redução de emissões de GEE.

Entretanto, seria necessário aprofundar a pesquisa em aspectos operacionais destas iniciativas para se chegar a um número representativo. De todo modo, o valor evitado é significativo e, considerando outras medidas que não são de responsabilidade do Município, deve chegar às cifras previstas anteriormente para o setor de energia (523,3 Gg de CO₂e em 2025) no Plano de Ação para a Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro (CENTRO CLIMA, 2011).

2.1. Reduções Estimadas

As estimativas de redução de emissões deste trabalho sofrem uma série de limitações, pois, por carecem de dados específicos, baseam-se em referências disponíveis, muitas destas de outros contextos urbanos. Ademais, devido ao caráter das ações contempladas, nem sempre é possível definir exatamente o impacto resultante em termos de emissões de GEE. Para os cálculos efetivados, seguiu-se a metodologia adotada no setor de energia do Plano de Ação elaborado em 2011 (CENTRO CLIMA, 2011) – apenas atualizando as informações que se tornaram disponíveis desde então.

É a partir desta perspectiva que se deve entender o propósito deste esforço. Não se pretende prever o que vai ocorrer nos próximos anos e nem estimar precisamente o impacto de cada medida aqui descrita. O objetivo está muito mais próximo de se proporcionar uma base para a definição de políticas públicas no campo das mudanças climáticas e energia – possibilitando uma percepção do potencial de redução de emissões que cada tipo de ação contemplada possui.

Visto isso, calculou-se o valor dos abatimentos do Cenário B em relação ao Cenário A com as devidas atualizações – bem como as reduções referentes às iniciativas estratégicas divulgadas pela prefeitura (RIO DE JANEIRO, 2011; 2013). A Tabela 18 resume os resultados encontrados.

Tabela 18 – Reduções de emissões de GEE estimadas (Gg CO₂ e) – Cenário B

	2012	2016	2020	2025
Emissões Reduzidas/Energia – Fontes Fixas	0,69	0,74	0,74	0,74
Instalação de LEDs em semáforos (32.000 unid)	0,64	0,64	0,64	0,64
Projeto Minha Casa, Minha Vida (1.000 unid)	0,05	0,10	0,10	0,10
Emissões Reduzidas/Energia – Emissões Fugitivas	5,70	17,00	11,40	11,40
Substituição da rede de distribuição de gás (CEG)	5,70	17,00	11,40	11,40
Emissões Reduzidas/Transportes – Fontes Móveis	79,60	525,00	529,70	530,40

	2012	2016	2020	2025
BRT – TransOeste (150 mil pass/dia)	7,70	15,50	19,20	19,30
BRT – TransCarioca (380 mil pass/dia)	0,00	48,20	48,70	48,90
BRT – 2a Fase TransCarioca (150.000 pass/dia)	0,00	19,00	19,20	19,30
BRT – TransOlímpica (100 mil pass/dia)	0,00	12,70	12,80	12,90
BRT – Transbrasil (900 mil pass/dia)	0,00	115,70	115,90	116,10
BRS Copacabana	17,60	17,60	17,60	17,60
Metrô Jardim Oceânico (230 mil pass/dia)	0,00	85,50	85,50	85,50
Metrô – compra de novos carros dobra o nº de passageiros (+550 mil pass/dia)	51,10	204,40	204,40	204,40
Expansão rede de ciclovias (300km)	3,20	6,40	6,40	6,40
Total	85,99	542,74	541,84	542,54

Fonte: Autores

No que se refere às reduções relacionadas com as medidas definidas pelos planos estratégicos, a Tabela 19 resume os resultados encontrados:

Tabela 19 – Resumo das reduções de emissões de GEE estimadas (Gg CO₂e)

	2012	2016	2020	2025
Planos Estratégicos	29,2	235,8	240,5	241,2

Fonte: Autores

Nota-se que, em ambas as tabelas, a partir do ano 2016 as emissões evitadas praticamente estagnam. Isso acontece por não haver ainda ações previstas para estes anos, todavia, é de se esperar que novas iniciativas surjam modificando estas estimativas. Além disso, as medidas previstas nos planos estratégicos não possuem impacto tão elevado, já que o município não tem capacidade nem atribuição de intervir em aspectos importantes do cenário energético, como, por exemplo, o transporte ferroviário.

Em suma, as emissões do setor de energia são as mais expressivas e, dentre elas, o subsetor de transporte concentra grande parte do potencial de redução de emissões. Nesse sentido, a Prefeitura do Rio de Janeiro tem se mostrado proativa, buscando explorar oportunidades neste campo. Assim, desenvolve iniciativas como o BRS e o BRT que implicam em impactos positivos importantes para as emissões desta cidade. Inclusive, é relevante destacar que existem projetos que não foram contemplados nos cálculos deste estudo e que, certamente, impactam as emissões de

GEE – como a expansão do sistema de BRS para o Centro, Ipanema/Leblon e ainda possivelmente para trechos na Tijuca e em Botafogo.

Entretanto, há ainda muito que pode ser feito. No que se refere às fontes fixas, o inventário de ano base 2012 demonstra que o controle de autoprodutores poderia render abatimentos expressivos. Além disso, poder-se-ia investir em programas de aumento da eficiência energética ou mesmo proporcionar incentivos para geração distribuída de eletricidade por fontes renováveis. Para as fontes móveis, o projeto de transporte aquaviário descrito pode render bons frutos, visto que este modal é pouco intensivo em energia – sendo interessante explorar as oportunidades existentes graças ao contexto hidrográfico do Município do Rio de Janeiro – onde vias hídricas são abundantes. Em um futuro próximo, pode-se considerar também o incentivo à veículos híbridos/elétricos, tanto privados quanto do sistema de transporte público.

Naturalmente, tudo isto depende de organização e recursos financeiros que nem sempre estão ao alcance de uma prefeitura. Deve-se atentar ainda às prováveis sinergias e dependências que estas iniciativas compartilham, conforme se discute na literatura de desenvolvimento econômico (MURPHY K., SHLEIFER A., VISHNY R. W., 1989) – a título de exemplo se menciona os vínculos existentes entre a disseminação: da geração de energia elétrica distribuída; dos veículos híbridos/elétricos; e de um *smart-grid*. Enfim, a Prefeitura está seguindo um rumo positivo mesmo diante de uma série de restrições, entretanto, ainda há espaço para novos projetos que podem, inclusive, fazer sentido econômico.

3. AFOLU

No que se refere aos planos estratégicos para a cidade do Rio de Janeiro, especificamente, na área de Uso do Solo e Florestas, o município vem se comprometendo em varias iniciativas. Destas, as que têm relação com emissões/remoções de GEE são duas. A primeira iniciativa é a continuidade do programa Rio Capital Verde, onde serão realizadas atividades de reflorestamento até 2016, envolvendo a consolidação de 2.000 hectares de áreas já reflorestadas, com a implantação de corredores verdes, iniciando-se na região de Marapendi, Chico Mendes e Prainha. A segunda inclui a reforma de mais de 170 mil m² de praças e parques e a elaboração de 15 planos de manejo para a arborização urbana da cidade, no âmbito do projeto 15 Minutos Verdes.

Estas iniciativas apresentam as seguintes metas:

- Reflorestar 1.700 hectares em novas áreas entre 2009 e 2016, garantindo o manejo das áreas já reflorestadas.
- Plantar 500 mil novas árvores em parques, praças ou unidades de conservação até 2016.

Até o ano de 2012, parte destas iniciativas já vinham sendo executadas no município do Rio de Janeiro. Na Tabela 20 são apresentados os resultados do inventário de emissões de GEE de 2012, considerando as ações já realizadas e as estimativas referentes às ações do Plano Estratégico da cidade, com sua projeção para 2016.

Tabela 20 – Ações do plano estratégico e suas remoções de C (Gg CO₂e)

Ações	2012	2016	2020	2025
Projeto Rio Capital Verde + Mutirão do Reflorestamento.	-33,5	-39,9	–	–
Reflorestamento de praças e parques.	-2,8	-9,8	–	–
Total das remoções	-36,3	-49,7		

*Os valores negativos representam absorção de carbono.

3.1. Reduções Estimadas

Com o objetivo de mensurar o alcance dos esforços de mitigação das emissões de GEE, no que se refere às ações propostas e realizadas no município do Rio de Janeiro, foi realizada uma comparação entre os resultados dos cenários de reflorestamento propostos com as ações de mitigação do Plano Estratégico. Sendo assim, na Tabela 21 é possível observar o comportamento das emissões/remoções de GEE no horizonte de análise.

Tabela 21 – Comparativo das remoções de carbono das ações de reflorestamento para o Município do Rio de Janeiro (Gg CO₂e)

AFOLU	2012	2016	2020	2025
Cenário B	-44,9	-48,1	-50,7	-51,2
Cenário C	-52,9	-66,8	-91,6	-120,0
Ações do Plano Estratégico	-36,3	-49,7	–	–

*Os valores negativos representam absorção de carbono.

Como pode ser observado, as ações do Plano Estratégico previstas para 2012 não alcançaram as reduções de emissões estimadas nos cenários B e C. Isto pode ter se dado em função da Prefeitura do Rio não ter realizado exatamente todo o esforço que foi proposto no estudo dos cenários, visto que este se baseou em informações preliminares, já que Plano Estratégico do município ainda não tinha sido finalizado à época. No entanto, para 2016, percebe-se que as ações propostas no Plano têm potencial de superar as reduções estimadas para o cenário B do mesmo ano, podendo chegar a 1,6 Gg de CO₂eq acima do valor estimado. Vale lembrar que nos totais estimados para o cenário C está incluído o reflorestamento do Parque Estadual da Pedra Branca, região de jurisdição do Estado do Rio e que, por isso, não consta como ação do Plano Estratégico do município.

Analisando as emissões calculadas para o ano de 2012, em comparação com o que foi projetado no estudo de cenários realizado em 2010, é possível observar que a meta estimada para o Cenário “C”, para o ano de 2012, foi superada amplamente (Tabela 6). Isto pode ser explicado pela baixa taxa de desmatamento observada atualmente nas áreas florestais e pela absorção de gases promovida pelos reflorestamentos e manutenção e plantio de arborização urbana realizados até o ano de 2012.

Tabela 22 – Comparativo das emissões/remoções de C para o Município do Rio de Janeiro (Gg CO₂e)

AFOLU	2012	2016	2020	2025
Cenário A	210,66	207,36	204,76	203,66
Cenário B	97,40	39,80	-17,20	-17,80
Cenário C	65,36	-16,64	-109,64	-138,14
3º Inventário de Emissões de GEE	8,77	–	–	–

Em vista dos resultados, pode-se concluir que as ações do Plano Estratégico no setor de florestas e uso do solo do município do Rio se apresentam como importantes medidas de mitigação das emissões, já que contribuem na absorção de carbono da atmosfera, ajudando assim a compensar as emissões de GEE do desmatamento e das atividades agropecuárias.

4. Resíduos

No que se refere aos planos estratégicos para a cidade do Rio de Janeiro, especificamente, na área de Resíduos, o município vem se comprometendo em varias iniciativas, tais como:

- Metas de habitação urbana:
 - Levar urbanização – água, tratamento de esgoto, drenagem, iluminação pública, coleta de lixo, contenção e pavimentação – a 156 mil domicílios até 2016, no âmbito da iniciativa Morar Carioca.
- Metas de meio ambiente e sustentabilidade:
 - Aumentar para 55% a taxa de cobertura da rede coletora de esgoto com tratamento na AP 5 até 2016.
 - Coletar 25% de todo o lixo reciclável produzido na cidade até 2016.

Entretanto, nenhuma destas ações têm relação direta com emissões/remoções de GEE. Conforme já mencionado, tanto para resíduos sólidos quanto para esgotos, a principal ação de mitigação das emissões é a captura e queima ou aproveitamento do biogás de aterro. Os aterros de Gramacho, Seropédica, Nova Iguaçu e a ETE Alegria, que recebem resíduos e esgotos do Município do Rio de Janeiro realizam a captura e queima deste gás, o que contribuiu para a redução de emissões, conforme mostra a tabela a seguir .

Tabela 23 – Resumo das reduções de emissões de GEE estimadas (Gg CO₂e)

Ações	2012	2016	2020	2025
Emissões reduzidas /Resíduos Sólidos Urbanos	243,80	1.240,00	-	-
Captura e queima de biogás em Gramacho	235,10	329,00	-	-
Captura e queima de biogás em Seropédica	8,70	911,00	-	-
Emissões reduzidas/Efluentes Líquidos	11,90	-	-	-
Total das remoções	255,70	1.240,00		

4.1. Reduções Estimadas

Com o objetivo de mensurar o alcance dos esforços de mitigação das emissões de GEE, no que se refere às ações propostas e realizadas no município do Rio de Janeiro, foi realizada uma comparação entre os resultados dos cenários de

mitigação propostos com as ações de mitigação planejadas. Sendo assim, na Tabela 21 é possível observar o comportamento das emissões/remoções de GEE no horizonte de análise.

Tabela 24 – Comparativo das remoções de carbono das ações de resíduos para o Município do Rio de Janeiro (Gg CO₂e)

	2012	2016	2020	2025
Cenário B	824,20	1.278,50	1.335,60	1.402,50
Resíduos sólidos	974,30	1.486,10	1.543,10	1.609,90
Efluentes	-150,10	-207,60	-207,50	-207,40
Cenário C	1.175,90	1.684,70	1.762,50	1.860,20
Resíduos sólidos	1.064,20	1.630,90	1.708,70	1.806,40
Efluentes	111,70	53,80	53,80	53,80
Ações estimadas	255,70	1.240,00	–	–
Resíduos sólidos	243,80	1.240,00	–	–
Efluentes	11,90	–	–	–

*Os valores negativos representam aumento nas emissões.

Ainda que tenham ocorrido recuperações de metano nos aterros de Gramacho, Seropédica, Nova Iguaçu e na ETE Alegria, essas recuperações não foram suficientes para que as emissões em 2012 fossem reduzidas como previsto no estudo de cenários. Entre outras razões, um dos principais motivos para o não atingimento das reduções foi uma mudança no cronograma de implementação da queima do biogás para uso industrial (biogás purificado como combustível para REDUC). As incertezas regulatórias e o impacto sobre o mercado de carbono provavelmente influenciaram na decisão dos atores privados (no caso, a Petrobras).

O gasoduto que liga a unidade de purificação à REDUC entrou em operação em julho de 2013. Ao fim de 2013, a captura e queima de biogás no CTR de Seropédica iniciada em novembro de 2012 deverá ser bem superior à previsão inicial. O biogás, queimado em flare a partir de junho de 2009 atingirá a projeção inicial de 12.000 m³/h até o final de 2013. Justifica-se também a utilização dessa tecnologia por ser mais sustentável do que a simples queima do biogás, embora de mais complexa implementação. A alteração no cronograma impediu o Município de atingir as metas de 2012, mas o deixa mais próximo de atingi-las ao fim de 2013, conforme mostra a Tabela 25, abaixo.

Tabela 25 – Redução verificada de emissões em 2012 e estimada em 2013

Medidas de Redução GEE – RJ	2012	2013
Captura e queima de biogás no Aterro de Gramacho	237	413
Captura e queima de biogás no CTR de Seropédica	18	425
Total (mil toneladas CO₂ eq):	255	838

Uma vez que a tendência é de ampliação do saneamento da cidade, e todo resíduo deverá ser destinado a aterros 100% sanitários, que produzem mais gases estufa em função de sua condição anaeróbica, é de se esperar que as emissões continuem aumentando, caso não sejam empregados mais esforços para aumentar a recuperação do biogás gerado ou adotadas tecnologias menos geradoras de gases estufa, como usinas de compostagem de orgânicos, usinas térmicas para geração de eletricidade ou mesmo uso veicular do metano recuperado e o incremento da reciclagem.

5. Consolidação das Estimativas

Segundo a atualização dos resultados do inventário de 2005, as emissões totais da cidade em 2005 somaram 11.402 mil toneladas de CO₂e. Sendo assim, as metas de redução de emissões previstas em lei correspondem a 912 mil toneladas CO₂e (8% das emissões de 2005) em 2012. Para 2016, os 16% significariam 1.824 mil toneladas de CO₂e.

Devido aos motivos já detalhados nos setores, as estimativas do presente estudo mostram que as ações realizadas pela Prefeitura até 2012 não foram suficientes para o alcance da meta de 8%. Entretanto, para 2016, as ações previstas, se realmente implantadas, chegarão bem próximas de atingir a meta de 16%, conforme mostra a Tabela 26.

Vale ressaltar que a cidade está em pleno crescimento e é preciso considerar que o Complexo Siderúrgico do Atlântico, que ainda não está operando a plena carga, deve atingi-la até 2016. Considerando que para um nível de produção de 3,5 milhões de toneladas de aço bruto, as emissões brutas do complexo chegaram a 8,8 milhões de toneladas de CO₂e, e as emissões líquidas a 6,3, em 2012, a plena carga de 5 M t de aço bruto, estas emissões serão maiores e provavelmente superarão as reduções previstas pelas ações de mitigação do Município.

Tabela 26 – Reduções de emissões estimadas para 2012 e para o período do plano estratégico (2013-2016) do Município do Rio de Janeiro

Emissões Reduzidas (mil toneladas de CO₂e)	2012	2016
Energia – Fontes Fixas	0,70	0,70
Energia – Emissões Fugitivas- Substituição da rede de distribuição de gás (CEG)	5,70	17,00
Energia – Transportes	79,60	525,00
BRTs (1 em 2012, 4 em 2016)	7,70	211,10
BRS Copacabana	17,60	17,60
Expansão do Metrô	51,10	289,90
Expansão da rede de ciclovias (300km)	3,20	6,40
Agricultura, Florestas e Uso do Solo – AFOLU	36,30	49,70
Resíduos Sólidos Urbanos	243,80	1.240,00
Captura e queima de biogás em Gramacho	235,10	329,00
Captura e queima de biogás em Seropédica	8,70	911,00
Efluentes Líquidos	11,90	-
Total Emissões Reduzidas	378,00	1.832,40
Metas da Política Municipal de Mudanças Climáticas	912,17	1.824,35

Bibliografia

Referências Bibliográficas

- BRASIL, 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima*. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília.
- _____, 2010. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima*. Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasília.
- CENTRO CLIMA, 2011. *Plano de Ação para a Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro*. Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas/ COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro: CENTRO CLIMA.
- EPE, 2013. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). *Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro.
- IEA, 2005. *Energy Statistics Manual*. International Energy Agency. Paris: OCDE/IEA.
- IBGE, 2012. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2011*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/>>.
Acesso em: 16 maio 2013.
- _____, 2013. *Pesquisa Pecuária Municipal – PPM 2011*. Disponível em:
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PP&z=t&o=4>>. Acesso em:
23 agosto 2013.
- IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. National Greenhouse Gas Inventories Programme/IGES. Intergovernmental Panel on Climate Change. Japan.
- _____, 2007. *Annex I (glossary) to the fourth assessment report*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- IPP, 2013. *PIB Municipal: Conceituação, metodologia e análise para a Cidade do Rio de Janeiro*. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- MACEDO, I. C., SEABRA, J. E. A., e SILVA, J. E. A. R., 2008. "Green house gases emissons in the production and use of ethanol from sugarcane in Brasil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020". *Biomass and Bionergy*, n. 32, p. 582-595.
- MCTI, 2013. *Fatores de Emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil*. Brasil: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação.

MURPHY K., SHLEIFER A., VISHNY R. W., 1989. Industrialization and the Big Push. *Journal of political economy*, v. 97, n.5.

NOGUEIRA, L.A.H., 2011. "Does biodiesel make sense?". *Energy*, n.36, p. 3659-3666.

RIO DE JANEIRO, 2011. *Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro 2009-2012: Pós – 2016 O Rio mais Integrado e Competitivo*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2116763/243779/planejamento_estrategico_site.pdf>. Acesso em: 14 set.

RIO DE JANEIRO, 2013. *Plano Estratégico da Prefeitura do Rio de Janeiro 2013-2016: Pós – 2016 O Rio mais Integrado e Competitivo*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2116763/4104304/planejamento_estrategico_1316.pdf>. Acesso em: 12 set.

SMAC, 2011. *Mapeamento da Cobertura Vegetal e do Uso das Terras do Município do Rio de Janeiro*. Secretaria Municipal De Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?article-id=2367969>

WRI, 2011. *Technical Assistance to the City of Rio de Janeiro on Citywide Greenhouse Gas Monitoring System*. Washington: World Resource Institute/World Bank.

Instituições Colaboradoras

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP

AIR LIQUIDE

BIOMERIEUX BRASIL S /A

BRAINFARMA INDÚSTRIA QUÍMICA E FARMACÊUTICA S.A.

BRMALLS/ NORTE SHOPPING E WEST SHOPPING

CARIOCA SHOPPING

COMPANHIA DISTRIBUIDORA DE GÁS DO RIO DE JANEIRO – CEG

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUA E ESGOTO – CEDAE

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – COMLURB

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – DETRAN-RJ

EDITORIA O DIA

ENERGYWORKS DO BRASIL – GRUPO NEOENERGIA/CENTRAL DE COGERAÇÃO
AMBEV-RIO

FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO RIO
DE JANEIRO – FETRANSPOR

FOZ ÁGUAS 5

FUNDAÇÃO PARQUES E JARDINS

FURNAS – DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO RIO

GAS LAB LIFECARE

GERDAU AÇOS LONGOS BRASIL /USINA COSIGUA

GPC QUÍMICA S/A

HYPERMARCAS S.A.

INFOGLOBO

INFRAERO/ AEROPORTO SANTOS DUMONT

INSTITUTO PEREIRA PASSOS

LIGHT

LINDE GÁS

METRÔ RIO

MINASCAL

REDE D'OR SÃO LUIZ / HOSPITAIS COPA D'OR E BARRA D'OR

REXAM SANTA CRUZ

SCHOTT BRASIL LTDA/DIVISÃO VITROFARMA

SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO RIO DE JANEIRO –
SEAPEC

SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO – SMH

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE – SMAC

SUBSECRETARIA DE DEFESA CIVIL

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM COMERCIAL – SENAC

THYSSENKRUPP COMPANHIA SIDERÚRGICA DO ATLÂNTICO – TKCSA

TISHMAN SPEYER/VENTURA CORPORATE TOWERS

USINA VERDE

VALE /CENTRO DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS BRASIL /EDIFÍCIO BARÃO DE MAUÁ II

VESUVIUS REFRATÁRIOS LTDA

WHITE MARTINS LTDA / PRAXAIR INC.

Lista de Siglas

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
ABIVIDRO – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro
AFOLU – Agriculture, Forestry and Other Land Uses
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AR-4 – IPCC Fourth Assessment Report
BRS – Bus Rapid Service
BRT – Bus Rapid Transit
C-40 – Cities Climate Leadership Group
CEDAE-RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos
COMLURB – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CTR – Central de Tratamento de Resíduos
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
DQO – Demanda química de oxigênio
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FOD – First Order Decay
GEE – Gases de efeito estufa
GPC – Global Protocol for Community-scale Greenhouse Gas Emissions
GWP – Global Warming Potential
ICLEI – International Council for Local Environmental Initiatives
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
IPPU – Industrial Processes and Product Use
NOAA – National Oceanic & Atmospheric Administration
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
RSI – Resíduos Sólidos Industriais
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
VLT – Veículo Leve sobre Trilhos
WRI – World Resource Institute