

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro - 2015

Resumo Técnico



Governo do Estado do Rio de Janeiro

Luiz Fernando Pezão | Governador

Secretaria de Estado do Ambiente (SEA)

André Corrêa | Secretário

Subsecretaria de Segurança Hídrica e Saneamento Ambiental (SUBSEGS)

Antônio da Hora | Subsecretário

Subsecretaria de Mudanças Climáticas e Gestão Ambiental (SUBCLIM)

Rafael Ferreira | Subsecretário

Subsecretaria Adjunta de Planejamento (SAP)

Sérgio Mendes | Subsecretário

Subsecretaria Executiva (SUBEX)

Fernando Lopes | Subsecretário

Subsecretaria Articulação Institucional (SUBAI)

Eliane Barbosa | Subsecretário

Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Marcus de Almeida Lima | Presidente

Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILAM)

Mariana Palagano Ramalho Silva | Diretora

Diretoria de Pós-Licença

José Maria Mesquita Jr. | Diretor

Diretoria de Biodiversidade, Áreas Protegidas e Ecossistemas

Paulo Schiavo Junior | Diretor

Diretoria de Gente e Gestão

Antoine Lousao | Diretor

Diretoria de Recuperação Ambiental

Ruy Geraldo Corrêa Vaz Filho | Diretor

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro Ano Base 2015

Resumo Técnico

Coordenação Institucional

Olga Martins Wehb

Superintendente de Mudanças Climáticas (SUPCLIM/SUBCLIM)

Coordenação Geral

Emilio Lèbre La Rovere

Professor Titular do Programa de Planejamento Energético (PPE), do Instituto Alberto
Luiz Coimbra de Pesquisa e Pós-Graduação de Engenharia (COPPE/UFRJ)

Coordenador do Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA) e
do Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas
Centro Clima/COPPE/UFRJ

Coordenação Técnica

Carolina Burle Schmidt Dubeux

Pesquisadora do Centro Clima/COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro, 2017



Equipe Técnica UFRJ/COPPETEC/Centro Clima

William Wills, D.Sc. (Setor de Energia)

Saulo Machado Loureiro, M.Sc. (Setor de Resíduos)

Mauro Meirelles de Oliveira Santos, M.Sc. (Setor de Indústria)

*Michele Karina Cotta Walter, D.Sc., Giovaninni Luigi da Silva, D.Sc. e Isabella da Fonseca Zicarelli
(Setor Agricultura, Mudança do Uso do Solo e Florestas)*

Tairini Pimenta, Thais Caroline Guimarães Westin e Isadora Mendes de Moraes Soares (Estagiárias)

Daniel Oberling (Pesquisador Colaborador)

Apoio Administrativo

Carmen Brandão Reis

Diagramação/Editoração

Elza M. S. Ramos

Equipe Técnica SEA

Superintendência de Mudanças Climáticas (SUPCLIM)

Paulo Roberto Nemy | Camila Cavalcanti | Daniella Licurgo | Beatriz Araújo

Adriana Pinaud | Consultora

Rosângela Bomfim | Secretária Executiva

Superintendência de Biodiversidade e Florestas

Fernando Matias | Superintendente

Renata Lopes | Ana Karina

Superintendência de Gestão de Resíduos Sólidos

Sheila Valle | Superintendente

Érika Leite

Superintendência de Planejamento Ambiental e Gestão Ecosistêmica

Telmo Borges | Superintendente

Jamila Santos | Guilherme França | Roberta Brasileiro

Equipe Técnica Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Gerência da Qualidade do Ar

Luciana Maria Baptista Ventura | Gerente

Pedro Henrique Rocha Valle | *Renato Vieira da Silva*

Gerência de Avaliação de Qualidade das Águas

Leonardo Daemon | Gerente

Lilian Ferro | *Raquel Emerick*

Gerência de Licenciamento de Atividades não Industriais

Osmar O. Dias Filho | Gerente

Fernando Braile

Gerência de Licenciamento de Indústrias

Claudia Tavares | Gerente

Cristiane Nunes | *José Pires*

Gerência de Licenciamento Agropecuário e Florestal

João Carlos Gomes do Nascimento | Gerente

Flavio Valente

Gerência de Publicações e Acervo Técnico

Tania Machado | Gerente

Coordenadoria de Mecanismos de Proteção a Biodiversidade

Julia Bochner | Coordenadora

Coordenadoria de Gestão do Território e Informações Geoespaciais

Silvia Marie Ikemoto | Coordenadora

Helton Santos de Souza | *Nátalie Chagas Loureiro* | *Patrícia Napoleão* | *Paulo Vinicius Rufino Fevrier*

Serviço de Guarda Parques

Marco Aurélio Paes | Chefe Guarda Parques

Leonardo Mader Pellegrino

Instituições Colaboradoras

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento (SEAPPA)

Helga Hissa | Coordenadora

César Augusto Milhomens | Guilherme de Freitas Strauch | Marcelo Monteiro da Costa | Renata Falcão Rabello da Costa | Virgínio Pereira da Silva Junior

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER)

Ricardo Mansur | Diretor Técnico

Herval Fernandes Lopes | João Batista Alves Pereira | José Henrique Carvalho Moraes

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO)

Silvio Galvão | Diretor Técnico

Airton Antônio Castagna | Aldo Bezerra de Oliveira | Arivaldo Ribeiro Vianna | Leda Maria Silva Kimura | Marcos Aronovich

Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico

Sergio Ypiranga dos Guaranys | Superintendente de Energia

Águas de Niterói

Nelson Gomes | Superintendente

Halphy Rodrigues

Águas do Imperador

Marcio Salles Gomes | Diretor

Fabiano Sutter de Oliveira | Felipe Baida | Michele Guedes Schmid | Nelson Carvalho

ANAC

José Ricardo Botelho | Presidente

Cristian Vieira dos Reis | Gisela Biacchi Emanuelli | Princy Alan Cordeiro dos Santos | Ricardo Bisinotto Catanant

CBMERJ

CEL BM Feliciano Francisco Suassuna

CEDAE

Jorge Briard | Presidente

Eduardo Dantas | Márcio de Melo Rocha | Nelio Rodrigues | Paulo Henrique Pereira Reis

CEG

Bruno Armbrust | Presidente

Anna Maria Bittencourt da Silva Ruivo | Fabiano M. Sepúlveda | Glaucia Alcantara de Carvalho | Luiz Paulo Rodrigues Dias | Renan Pinho de Souza | Roberto Carlos Matos Teixeira | Sueyser Sodre Sathler

FIRJAN

Jorge Peron | Gerência de Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho

Andrea Cristina Galhego Figueiredo Lopes

SNIC

Gonzalo Visedo

Agradecimentos

Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico

Joan Ferreira França

Secretaria do Estado do Ambiente (SEA)

Eliane Barbosa (Subsecretária SUBAI) | José Antonio Wermelinger Machado (Chefe de Gabinete – Gabinete do Secretário) | Elza Baesso Moreira (ASJUR) | Marcia Pinho (Assessora Chefe ASCOM) | Roberto Silveira (ASCOM) | Pedro G. Silva (ASCOM) | Paulo Braga (SAP) | Angela Rodrigues (SEA) | Camilla Carolina Silva Alves (SUBCLIM) | Claudia Carvalho (SUBCLIM) | Fátima Vaz (SUBCLIM)

Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Antoine Lousao (Diretor GENTE E GESTÃO) | Eduardo Santos (Gerente GETEC) | Rodrigo Remanowski Vieira (GETEC) | Elaine Costa (UNIVERSIDADE DO AMBIENTE) | Lincoln Nunes Murcia (Diretor de Administração e Finanças)

Design / Projeto Gráfico

Wellington Pires (ASCOM) | Juliana Rebello (GEPAT)

Fotografia

*César Duarte
Antonio Kämpffe*

Porto do Açú

*José Magela Bernardes | Diretor-Presidente
Eduardo Xavier | Vicente Habib | Alex David Cohen | Mariana Monjardim Barbosa |
Leonardo Santarossa*

Agradecimento Especial

João Batista Dias | SUPLAN (IN MEMORIAM)

Esta publicação foi elaborada pelo Centro Clima / COPPE e teve o acompanhamento da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA).

Direitos desta edição da Secretaria Estadual do Ambiente, do Instituto Estadual do Ambiente e do Centro Clima/COPPE/UFRJ.

Disponível para download em www.inea.rj.gov.br

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do Inea

585i

Rio de Janeiro (Estado). Secretaria do Ambiente.

Inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro : ano base 2015 : resumo técnico / Secretaria do Ambiente. – Rio de Janeiro, 2017.

48 p. : il. col.

Bibliografia: p. 45-48.

1. Efeito estufa – Rio de Janeiro (Estado) – Inventário.
2. Poluição do ar – Rio de Janeiro (Estado) – Inventário.
3. Poluentes gasosos – Rio de Janeiro (Estado) – Inventário.
4. Mudanças climáticas – Aspectos ambientais – Rio de Janeiro (Estado) – Inventário. I. Título.

CDU: 614.71(815.3)

Sumário

| | |
|---|----|
| Apresentação | 1 |
| 1. Setor de Energia | 5 |
| 1.1 Caracterização do Setor no Estado | 5 |
| 1.2 Abordagem Metodológica | 7 |
| 1.3 Emissões de GEE, em 2015 | 9 |
| 1.4 <i>Bunkers</i> | 12 |
| 1.5 Resultados Consolidados do Setor de Energia | 13 |
| 1.6 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro | 16 |
| 2. Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) | 17 |
| 2.1 Caracterização do Setor no Estado | 17 |
| 2.2 Abordagem Metodológica | 18 |
| 2.3 Emissões de GEE, em 2015 | 20 |
| 2.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro | 22 |
| 3. Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU) | 24 |
| 3.1 Caracterização do Setor no Estado | 24 |
| 3.2 Abordagem Metodológica | 25 |
| 3.3 Emissões de GEE e Remoções de Carbono, em 2015 | 26 |
| 3.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro | 29 |
| 4. Setor de Resíduos | 30 |
| 4.1 Caracterização do Setor no Estado | 30 |
| 4.2 Abordagem Metodológica | 30 |
| 4.3 Emissões de GEE, em 2015 | 32 |
| 4.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro | 33 |
| 5. Consolidação das Estimativas de 2015, Revisão dos Valores de 2010 e 2005 e Análise dos Resultados .. | 35 |
| 6. Consolidação das Emissões Regionais | 41 |
| 7. Consolidação das Emissões por Escopo | 42 |
| 8. Avaliação das Incertezas | 43 |
| Referências Bibliográficas | 45 |

Tabelas

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabela 1 | Definição dos escopos adotados na consolidação das emissões | 4 |
| Tabela 2 | Poder de Aquecimento Global (GWP) utilizado | 4 |
| Tabela 3 | Estrutura simplificada do inventário do setor de energia e dados necessários para cálculo das emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro | 7 |
| Tabela 4 | Nível metodológico em cada subsetor (emissões de GEE do setor de energia) | 8 |
| Tabela 5 | Emissões do consumo final energético, por subsetores e por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopos 1 e 2 (Gg CO ₂ e) | 10 |
| Tabela 6 | Emissões dos centros de transformação, por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopo 1 (Gg CO ₂ e) | 11 |
| Tabela 7 | Emissões fugitivas, por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopo 1 (Gg CO ₂ e) | 12 |
| Tabela 8 | Emissões de <i>bunkers</i> do Estado do Rio de Janeiro, por combustível e por GEE, em 2015 (mil tep e Gg CO ₂ e)..... | 12 |
| Tabela 9 | Emissões consolidadas de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – por escopo (Gg CO ₂ e)..... | 13 |
| Tabela 10 | Emissões totais de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 – escopos 1, 2 e 3 (Gg CO ₂ e). | 14 |
| Tabela 11 | Emissões regionais de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopos 1 e 2 (Gg CO ₂ e) | 16 |
| Tabela 12 | Emissões do setor de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 – escopo 1 (Gg CO ₂ e) .. | 21 |
| Tabela 13 | Emissões dos subsetores de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, por região, em 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 23 |
| Tabela 14 | Classes de uso e cobertura do solo no Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (ha e %)..... | 24 |
| Tabela 15 | Emissões de GEE do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 (GgCO ₂ e)..... | 27 |
| Tabela 16 | Emissões e remoções de GEE do setor de AFOLU, por região de governo do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO ₂ e) | 29 |
| Tabela 17 | Emissões de GEE dos resíduos sólidos e efluentes líquidos do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 32 |
| Tabela 18 | Emissões de GEE do setor de resíduos, por fonte e região de governo do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 34 |
| Tabela 19 | Participação dos setores nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, 2005, 2010 e 2015 (Gg CO ₂ e) escopos 1 e 2 | 35 |
| Tabela 20 | Emissões de GEE dos setores de energia e processos industriais do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005-2015 (Gg CO ₂ e) – escopos 1 e 2..... | 36 |
| Tabela 21 | Emissões de GEE de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005, 2010 e 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 38 |
| Tabela 22 | Emissões de GEE do setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005-2015 (Gg CO ₂ e)..... | 39 |
| Tabela 23 | Evolução das emissões de GEE e indicadores do Estado do Rio de Janeiro, 2005, 2010 e 2015 | 40 |
| Tabela 24 | Avaliação das incertezas nas estimativas do inventário de emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 | 43 |

Figuras

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Participação setorial no consumo final de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)..... | 5 |
| Figura 2 | Consumo final de energia do Estado do Rio de Janeiro, por fonte, em 2015 (%)..... | 6 |
| Figura 3 | Participação das fontes nas emissões dos centros de transformação do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%) | 6 |
| Figura 4 | Participação dos setores socioeconômicos e dos centros de transformação nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)..... | 15 |
| Figura 5 | Participação dos energéticos nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015, escopos 1 e 2 (%)..... | 15 |
| Figura 6 | Participação das tipologias industriais e de uso de produtos no total de emissões de GEE do setor de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%) | 22 |
| Figura 7 | Emissões/remoções de GEE do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, por subsetores, em 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 27 |
| Figura 8 | Emissões/remoções de GEE no Estado do Rio de Janeiro, por classe de uso e cobertura do solo, em 2015 (Gg CO ₂ e)..... | 28 |
| Figura 9 | Emissões de GEE do setor de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, por fonte, em 2015 (%) | 33 |
| Figura 10 | Participação dos setores nas emissões totais do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%) | 35 |
| Figura 11 | Participação dos subsetores nas emissões totais dos setores de energia e de processos industriais e uso de produtos do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%) | 37 |
| Figura 12 | Participação dos subsetores nas emissões totais do setor de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%) | 38 |
| Figura 13 | Participação dos subsetores nas emissões totais do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%) | 39 |
| Figura 14 | Participação das regiões de governo nas emissões totais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%) | 41 |
| Figura 15 | Participação dos setores nas emissões regionais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)..... | 41 |
| Figura 16 | Participação dos escopos nas emissões totais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%) | 42 |

Apresentação

Em função da magnitude que as mudanças climáticas vêm tomando e as preocupações crescentes dos diversos setores da sociedade em adotar medidas que venham a reduzir seus impactos ambientais, sociais e econômicos das mudanças climáticas, vários atores, entre eles governos estaduais, começaram a se interessar em quantificar e monitorar as suas emissões de gases de efeito estufa – GEE com o objetivo de conhecer os seus perfis e identificar possíveis áreas de ação de mitigação destes gases.

Portanto, a atualização de um inventário de emissões de GEE é estratégica para os Governos estaduais pois permite ao poder público estadual conhecer o perfil atual de emissões de seu estado e a partir de aí atualizar seus planos de ação para combate às mudanças climáticas.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro estabeleceu como uma de suas prioridades a elaboração do Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas. O Plano é um dos instrumentos de política pública previstos pela Lei nº 5.690, de 14 de abril de 2010, que dispõe sobre a Política Estadual Sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável. A referida Lei estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos aplicáveis para prevenir e reduzir os efeitos e adaptar o Estado às mudanças climáticas, em benefício das gerações atuais e futuras, bem como facilitar a implantação de uma economia de baixo carbono através de medidas de mitigação das emissões de GEE.

O Decreto 43.216 de 30 de setembro de 2011 regulamenta a Lei da Política Estadual e em seu capítulo I estabelece metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o horizonte de 2030, com ano-base em 2010, tanto para aplicação no setor público como para outros setores de atividade. Para acompanhar a implantação, fiscalizar a execução da Política Estadual Sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável, bem como articular as ações aprovadas nos diferentes níveis de governo, o Decreto instituiu o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas, composto por representantes e respectivos suplentes do Estado e da Sociedade Civil e coordenado pela Secretaria Estadual do Ambiente (SEA).

São as seguintes as metas de mitigação estaduais:

A) Meta geral de mitigação: intensidade de carbono do PIB em 2030 inferior a 2005

B) Metas setoriais de mitigação:

- Esgotamento sanitário: redução de 65% em 2030 relativamente a 2005 (kg CO₂e/hab./ano)
- Tratamento de resíduos sólidos: redução de 65% em 2030 relativamente a 2005 (kg CO₂e/hab./ano)

- Transportes: redução de 30% em 2030 relativamente a 2010 (kg CO₂e/ano)
- Consumo energético do setor público: redução de 30% em 2030 relativamente a 2005 (kg CO₂e/ano)

Para que as metas do Decreto 43.216 possam ser cumpridas é fundamental:

1. a realização periódica de um inventário recente para comparar a evolução das emissões desde o ano-base (2005). Assim, após a elaboração do inventário inicial para o ano de 2005 e sua atualização para 2010, a realização do Inventário de Emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro para o ano de 2015 permite atualizar novamente a avaliação da trajetória das emissões desde o ano-base (2005);

2. a elaboração de projeções da evolução das emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro de acordo com diversas hipóteses, organizadas em Cenários para testar as tendências e os efeitos de ações de mitigação em um horizonte de planejamento de médio prazo (2020, 2025 e 2030);

3. a elaboração de Plano de Ação para guiar a implantação das medidas de mitigação do Estado do Rio de Janeiro, a ser discutida no âmbito estadual;

4. a elaboração de um Plano de Monitoramento que acompanhe a evolução das emissões de gases de efeito estufa do Estado bem como as emissões evitadas pelas ações de mitigação realizadas para o atingimento das metas de redução de emissões, o que permitirá uma constante avaliação da eficácia das ações de mitigação e necessários ajustes;

5. apoio e orientação dos recursos humanos das instituições do Governo do estado do Rio de Janeiro a serem envolvidas na atualização periódica do Inventário de Emissões do Estado do Rio de Janeiro de forma a acompanhar a tendência de evolução das emissões;

6. a realização de atividades de capacitação dos recursos humanos das instituições do Governo do estado do Rio de Janeiro a serem envolvidas no Plano de Monitoramento.

Organização do Inventário de GEE do Estado do Rio de Janeiro

O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro foi elaborado com base no Guia IPCC-2006 (IPCC, 2006), uma metodologia originalmente concebida para países. Como os inventários nacionais são uma ferramenta para auxiliar os países em seu compromisso assumido no âmbito da UNFCCC (denominação em inglês para Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), 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 claras.

O inventário de emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, apresentado a seguir, utiliza a metodologia desenvolvida pelo Centro Clima/COPPE/UFRJ, a partir das diretrizes do Guia IPCC-2006 e considera as adaptações já realizadas pelas comunicações nacionais do Brasil (BRASIL, 2004; 2010). Os setores objeto de inventários nacionais de acordo com o Guia IPCC-2006 e que são utilizados na estruturação do inventário do Estado 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

O nível de desagregação do inventário das emissões de GEE é o mais detalhado que foi permitido pelos dados disponíveis sobre os níveis de atividades que contribuem para a emissão de GEE, conforme a metodologia estabelecida pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*.

No que se referem às *tiers*¹ utilizadas, estas foram escolhidas de acordo com a 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, o procedimento adotado foi o seguinte: utilização de valores nacionais, fornecidos pelas comunicações nacionais do Brasil (BRASIL, 2004; 2010); na ausência destes, aplicação de valores obtidos da literatura referente ao Brasil; e, em último caso, utilização de fatores padrão (default) do Guia IPCC-2006.

Adicionalmente, o inventário também está sendo apresentado no formato proposto para a padronização internacional das emissões de GEE pelo *GHG Protocol* (WRI, 2015), separando as emissões de GEE em 3 escopos: escopo 1 (emissões diretas que ocorrem no território do Estado), escopo 2 (emissões da geração de energia importada da rede elétrica nacional) e escopo 3 (emissões indiretas que ocorrem fora do território do Estado mas que são induzidas pelas atividade do estado, por exemplo, das minas de carvão importado pelo Estado; o escopo 3 não é exaustivo, sendo limitado pela disponibilidade de dados, e seus totais não são incluídos no total das emissões do Estado). A definição de cada escopo encontra-se na Tabela 1.

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 precisos, mas demandam mais dados, de modo que na falta de dados detalhados, sua precisão fica comprometida e é mais indicado usar uma *tier* mais simples.

Tabela 1 Definição dos escopos adotados na consolidação das emissões

| Escopo | Definição |
|----------|---|
| 1 | Emissões de GEE de fontes localizadas dentro das fronteiras geográficas do estado do Rio de Janeiro. |
| 2 | Emissões de GEE que ocorrem como consequência do uso de eletricidade da rede elétrica nacional. |
| 3 | Demais emissões de GEE que ocorrem fora dos limites geográficos do estado do Rio de Janeiro como consequência das atividades que ocorrem dentro das fronteiras do estado. Não estão incluídas no total. |

Fonte: adaptado de GPC,WRI (2011)

Foram estimadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFC), os perfluorocarbonetos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆), em 2015, e revisadas as emissões dos anos de 2010 e 2005.

Quanto ao potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential – GWP*²), foram utilizados os valores estabelecidos no quinto relatório do IPCC (AR-5) (IPCC, 2013), conforme Tabela 2.

Tabela 2 Poder de Aquecimento Global (GWP) utilizado

| Gás | GWP – 100 anos IPCC 2013 |
|------------------|---|
| CH ₄ | 28 em geral e 30 em caso de perdas em dutos |
| N ₂ O | 265 |
| CF ₄ | 6.630 |
| C2F ₆ | 11.100 |
| HFC134a | 1.300 |
| SF ₆ | 23.500 |

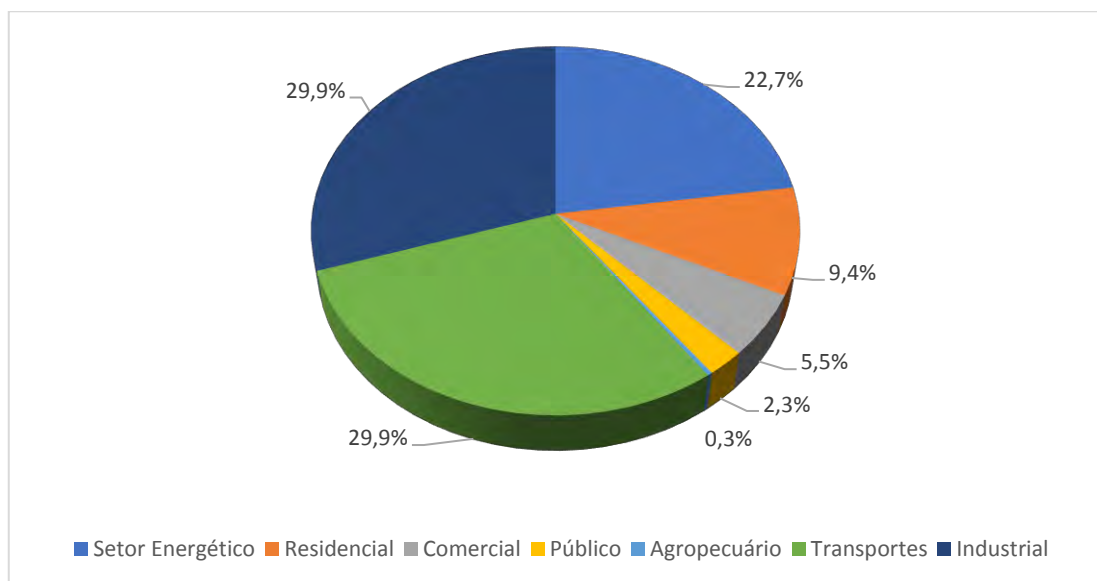
Fonte: IPCC (2013)

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. Setor de Energia

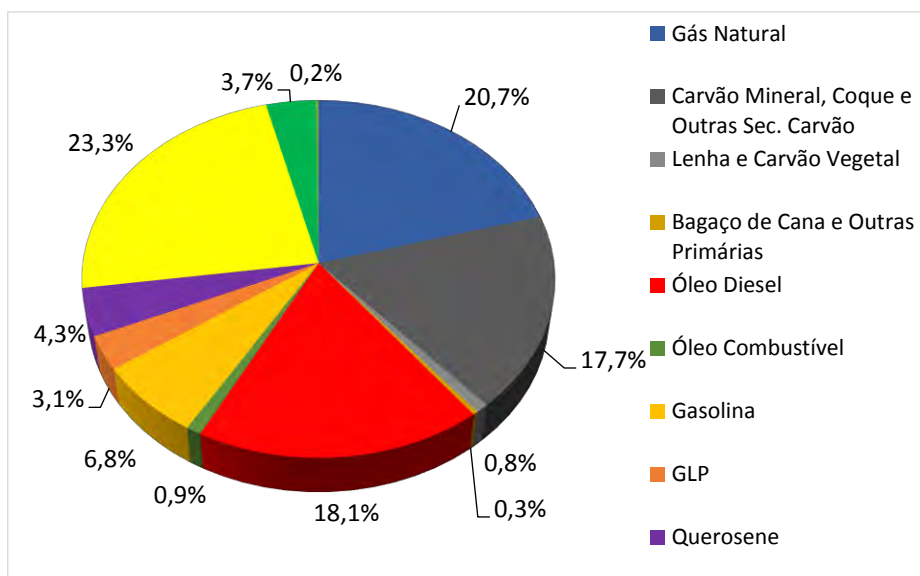
1.1 Caracterização do Setor no Estado

Em 2015, o Estado do Rio de Janeiro consumiu 30.692,7 mil tep de combustíveis e eletricidade dos quais 10.777,0 mil tep foram utilizados em centros de transformação e 19.915,7 mil tep configuraram o consumo final de energia. Do consumo final de energia, os setores de transportes (29,9%) e industrial (29,9%) são os maiores consumidores, seguidos do setor energético (22,7%). As Figuras 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, as participações dos setores socioeconômicos no consumo final, dos energéticos no consumo final e dos energéticos nos centros de transformação. Ressalta-se que as emissões de GEE referentes a 177,0 mil tep de carvão metalúrgico e 2.021,1 mil tep de coque de carvão mineral da metalurgia estão alocados em Processos Industriais (IPPU) por serem utilizados como redutores. Da mesma forma, as emissões correspondentes a 372,8 mil tep de aviação e 30,8 mil tep de navegação estão alocados em *bunkers*.



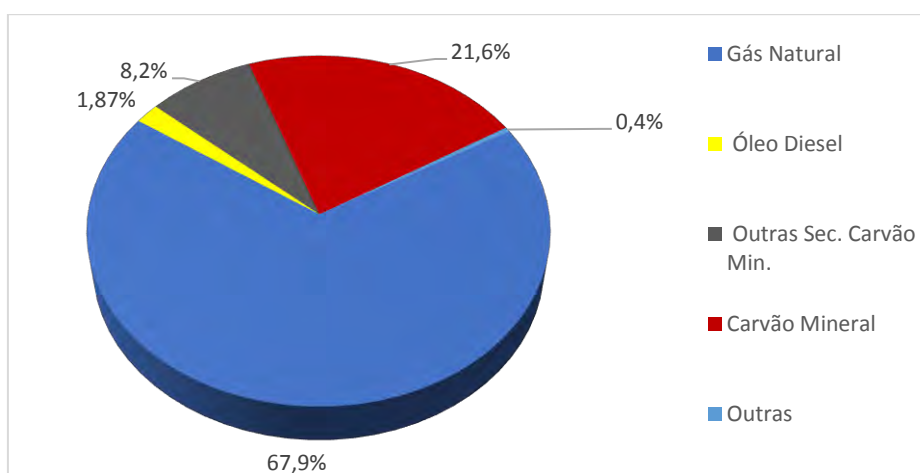
Fonte: autores, a partir do BEE-RJ, 2016

Figura 1 Participação setorial no consumo final de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)



Fonte: autores

Figura 2 Consumo final de energia do Estado do Rio de Janeiro, por fonte, em 2015 (%)



Fonte: autores

Figura 3 Participação das fontes nas emissões dos centros de transformação do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

Em relação a *bunkers*³, a principal demanda por combustível é referente ao querosene de aviação, cerca de 92,4% e, em menor escala, ao óleo diesel com cerca de 7,6%.

Importante mencionar também a importação de grandes quantidades de etanol, coque mineral e de carvão mineral pelo Estado do Rio de Janeiro, para uso, respectivamente, nos setores de transporte, energético e de indústria. Esses usos ocasionam emissões em outros estados que podem ser alocadas na categoria de emissões de escopo 3, e se referem ao balanço das emissões com o ciclo da cana-de-açúcar

³ Combustíveis queimados nas viagens internacionais de avião e navio, chamados "*bunker fuels*". Não são computados no total.

na produção de etanol, às emissões de coqueiras e às emissões fugitivas das minas e transporte de carvão importado.

1.2 Abordagem Metodológica

As emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro foram calculadas levando-se em consideração a estrutura proposta pelo guia IPCC-2006, conforme mostra a Tabela 3, abaixo.

Tabela 3 Estrutura simplificada do inventário do setor de energia e dados necessários para cálculo das emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro

| Energia | Dados utilizados |
|---|---|
| 1.A) Uso de combustíveis* | |
| 1.A.1) Indústria de Energia | |
| 1.A.1.a) Geração de eletricidade e perdas na distribuição de energia elétrica | Consumo e perdas de eletricidade e combustíveis |
| 1.A.1.b) Exploração e refino do petróleo e processamento de gás natural | Consumo de eletricidade e combustíveis |
| 1.A.1.c) Fabricação de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia | Consumo de eletricidade e combustíveis |
| 1.A.2) Indústria de manufatura e construção (valores agregados para todo o setor, por subsetores industriais) | 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 | Consumo total de gás natural (em m ³), quantidade refinada de petróleo (em mil m ³ /ano) e quantidade de carvão importado (em toneladas) |

*engloba consumo final energético e transformação de energia

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 4 abaixo apresenta as metodologias utilizadas em cada setor:

Tabela 4 Nível metodológico em cada subsetor (emissões de GEE do setor de energia)

| 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 | <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

São inventariadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O relativas ao uso de energia nos subsetores de indústria de energia, transporte, residencial, industrial, comercial e público, por tipo de combustível. Ressalte-se que para totalizar as emissões do setor de energia no Estado é necessário quantificar os valores referentes às emissões da energia importada do sistema interligado nacional (grid). As fontes emissoras estão discriminadas a seguir:

- Em **indústria de energia**, são contabilizadas as emissões de (1) Consumo do Setor Energético (emissões do consumo de energia na exploração e refino de petróleo, exploração e processamento de gás natural, geração de energia elétrica, coquearias, destilarias e carvoarias; e (2) Centros de Transformação (emissões da transformação de energia nas coquearias, termelétricas e carvoarias).
- Em **indústria de manufatura** estão contabilizadas as emissões decorrentes do consumo de energia pelas indústrias. Os principais energéticos inventariados são gás natural, carvão mineral, carvão vegetal, óleo combustível, coque e carvão mineral, eletricidade, diesel, carvão vegetal e lenha (os dois últimos apenas para gases não CO₂). Ressalta-se que combustíveis utilizados como redutores, matérias-primas e/ou produtos estão contabilizados como emissões de processos industriais e uso de produtos (IPPU, sigla em inglês) e não em uso de energia.
- Em **transportes** estão reportadas as emissões decorrentes do consumo de energia pelo transporte individual (automóveis, motos, táxis e helicópteros), transporte coletivo (ônibus, vans e peruas, metrô, barcas e trem) e de cargas (caminhões, utilitários e trem) e aviões (bunker). Os principais energéticos associados às emissões do setor de transporte são: gasolina, álcool anidro (presente na gasolina automotiva) e hidratado, óleo diesel, biodiesel, gás natural veicular, eletricidade, gasolina e querosene de aviação.

- Nos subsetores **residencial, agropecuário, comercial e público** são identificados os consumos de eletricidade, óleo diesel, lenha, querosene iluminante, GLP, gás natural, gás manufacturado e óleo combustível, carvão vegetal e lenha.

Em Energia são ainda incluídas as **emissões fugitivas** provenientes do processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural. São emissões de CH₄ que ocorrem durante a extração de petróleo e gás natural (*venting*), durante o transporte e distribuição em dutos e navios e durante seu processamento nas refinarias. Além dessas, são também consideradas as emissões de CO₂ por combustão não útil (*flaring*) nas plataformas de extração de petróleo e gás natural e nas unidades de refinaria. O uso de óleo e gás natural, ou de seus derivados, para fornecer energia para uso interno na produção de energia e transporte é considerado como combustão e, portanto, tratado na seção apresentada anteriormente⁴. São também contabilizadas as emissões fugitivas das minas, processamento e transporte de carvão mineral. Entretanto, por não haver minas no estado do Rio de Janeiro, tais emissões estão contabilizadas no escopo 3.

Os fatores de emissão são advindos sobretudo do IPCC (2006), com as adaptações introduzidas no Terceiro Inventário Nacional (BRASIL, 2015), com exceção dos fatores de emissão do etanol no escopo 3 obtido na literatura especializada e do fator de emissão da eletricidade consumida do grid, informado pelo MCTIC⁵ que foi de 0,1244 t CO₂/MWh, para uma demanda por eletricidade de 4.639 mil tep, em 2015.

No cálculo das emissões referentes à produção de eletricidade gerada dentro do estado do Rio de Janeiro, foram utilizados dados do MME (2016). Estas centrais juntas geraram cerca de 59.103 GWh (5.082 mil tep) de eletricidade. Tal geração é feita a partir de cinco combustíveis, sendo o gás natural o de maior destaque.

1.3 Emissões de GEE, em 2015

A seguir são apresentados os resultados encontrados para as emissões de GEE resultantes do setor de energia nos subsetores de Indústria da Energia (consumo e transformação), Indústria, Transportes, Outros Setores (Residencial, Comercial/Serviços, Público e Agropecuário) e Emissões Fugitivas. A contabilização obedece a estrutura do balanço energético do estado do Rio de Janeiro (BEE, 2015, ano-base 2014).

⁴ As emissões de CO₂ por queima no flare são incluídas como emissões fugitivas, mesmo sendo formalmente resultado de combustão, por estarem associadas a uma perda e não ao consumo útil do combustível.

⁵ <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764.html>

1.3.1 Emissões do consumo final de energia

O consumo final de energia emitiu 41.079,9 Gg⁶ CO₂e e verifica-se que o setor de transportes é o que tem a participação mais importante, respondendo por 38,1% das emissões. No setor de transportes, o modal rodoviário é o mais emissor, respondendo por 74,7% das emissões do setor. A Tabela 5 apresenta os valores totais, juntamente com as emissões da cada um dos GEE para todos os setores e subsetores inventariados.

Tabela 5 Emissões do consumo final energético, por subsetores e por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopos 1 e 2 (Gg CO₂e)

| Subsetores | Gg CO ₂ | Gg CH ₄ | Gg N ₂ O | Total Gg CO ₂ e |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| Consumo Final de Energia | 34.368,4 | 6.711,6 | 1.524,5 | 41.079,9 |
| Setor Energético | 9.435,1 | 1.307,9 | 975,2 | 10.743,0 |
| Residencial | 1.639,4 | 1.737,6 | | 3.376,9 |
| Comercial | 208,1 | 1.446,5 | | 1.654,5 |
| Público | 86,9 | 608,0 | | 694,8 |
| Agropecuário | 84,2 | 47,7 | | 131,9 |
| Transporte | 15.639,6 | 8,7 | 549,3 | 15.648,2 |
| Rodoviário | 11.692,2 | | 549,3 | 11.692,2 |
| Ferroviário | 277,5 | 8,7 | | 286,2 |
| Aéreo | 2.586,5 | | | 2.586,5 |
| Hidroviário | 1.083,4 | | | 1.083,4 |
| Indústria | 7.275,2 | 1.555,3 | | 8.830,5 |
| Extração e Tratamento de Minerais | 390,7 | 11,5 | | 402,3 |
| Minerais não Metálicos | 500,0 | 105,1 | | 605,1 |
| Metalúrgico | 5.342,0 | 790,5 | | 6.132,5 |
| Papel e Celulose | 66,5 | 31,6 | | 98,1 |
| Químico | 176,9 | 166,5 | | 343,4 |
| Têxtil | 17,5 | 8,4 | | 25,8 |
| Produtos Alimentícios | 88,9 | 55,8 | | 144,7 |
| Bebidas | 154,1 | 53,3 | | 207,5 |
| Outras Indústrias | 538,5 | 332,7 | | 871,2 |

Fonte: autores

⁶ 1 Gg (Giga grama) = mil toneladas

1.3.2 Centros de Transformação

As emissões dos centros de transformação incluem as emissões das centrais elétricas, das coquearias e das carvoarias presentes no Estado do Rio de Janeiro, no ano 2015. Os centros de transformação foram responsáveis por 22.024,2 Gg CO₂e, sendo que as centrais elétricas foram responsáveis por 93,7%, as coquearias por 6,3% e as carvoarias por 0,02% como pode ser observado na Tabela 6, juntamente com as emissões da cada um dos GEE.

Tabela 6 Emissões dos centros de transformação, por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopo 1 (Gg CO₂e)

| Centros de Transformação | Gg CO ₂ | Gg CH ₄ | Gg N ₂ O | Gg CO ₂ e |
|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Centrais Elétricas | 20.598,3 | 0,4 | 0,1 | 20.633,4 |
| Carvoarias | - | 0,1 | 0,0 | 4,0 |
| Coquearias | 1.386,8 | 0,0 | - | 1.386,9 |
| Total | 21.985,2 | 0,5 | 0,1 | 22.024,2 |

Fonte: autores

1.3.3 Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas incluídas neste inventário totalizam 7.098,6 GgCO₂e e compreendem aquelas relativas à exploração e produção de petróleo e gás natural (incluindo *venting* e *flaring*), do transporte de petróleo e gás natural úmido por dutos, do refino de petróleo e processamento de gás natural, e da distribuição de gás natural seco por dutos. A fonte mais importante é a exploração e produção de petróleo e gás natural.

O Rio de Janeiro importa carvão mineral para uso em sua indústria siderúrgica, carvão este que é explorado fora das suas fronteiras. As emissões fugitivas correspondentes à exploração da quantidade de carvão importada pelo Estado foram incluídas e alocadas no escopo 3. A Tabela 7 apresenta os valores totais, juntamente com as emissões da cada um dos GEE para todos as fontes inventariadas.

Tabela 7 Emissões fugitivas, por GEE, do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopo 1 (Gg CO₂e)

| Emissões fugitivas | Gg CH ₄ | Gg CO ₂ | Gg N ₂ O | Gg CO ₂ e |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Exploração e Produção de Petróleo e GN | 67,4 | 4.400,7 | 0,1 | 6.449,9 |
| Transporte de petróleo e GN por dutos | 13,3 | – | – | 399,1 |
| Refino e processamento de petróleo e GN | 1,1 | – | – | 34,2 |
| Transporte de GN seco por dutos | 7,2 | – | – | 215,4 |
| Total | 89,1 | 4.400,7 | 0,1 | 7.098,6 |

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 estado 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 voos internacionais, e de óleo diesel para navegação internacional de longo curso, cujas emissões são apresentadas em separado na Tabela 8.

Tabela 8 Emissões de *bunkers* do Estado do Rio de Janeiro, por combustível e por GEE, em 2015 (mil tep e Gg CO₂e)

| Combustível | mil tep | Gg CO ₂ | Gg CH ₄ | Gg N ₂ O | Total Gg CO ₂ e |
|-----------------------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| Querosene de Aviação | 372,8 | 1.116,0 | 0,01 | 0,03 | 1.124,5 |
| Óleo Diesel Marítimo | 30,8 | 95,6 | 0,01 | 0,00 | 96,5 |
| Total | 403,6 | 1.211,6 | 0,02 | 0,03 | 1.221,1 |

Fonte: autores

1.5 Resultados Consolidados do Setor de Energia

As emissões totais do Estado do Rio de Janeiro provenientes no setor de energia alcançaram 70.202,7 Gg CO₂e, em 2015. A fonte mais emissora foi o consumo final energético responsável por 58,5% do total. Os resultados do Inventário estão na Tabela 9.

Tabela 9 Emissões consolidadas de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – por escopo (Gg CO₂e)

| Fonte de Emissão | Escopo 1 | Escopo 2 | Escopo 3 | Total (escopos 1 e 2) |
|--|----------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| | Gg CO ₂ e | | | |
| Consumo Final Energético | 34.368,4 | 6.711,6 | 1.524,5 | 41.079,9 |
| Centros de Transformação | 22.024,2 | - | - | 22.024,2 |
| Fugitivas das Atividades de Petróleo, Gás Natural e Carvão | 7.098,6 | - | 485,7 | 7.098,6 |
| Total | 63.491,2 | 6.711,6 | 2.010,2 | 70.202,7 |
| <i>Bunker</i> | 1.221,0 | - | - | 1.221,0 |

Fonte: autores

Na abordagem setorial, as emissões são avaliadas pela ótica da responsabilidade do consumo e, portanto, as emissões da geração elétrica estão alocadas nos setores consumidores em valores correspondentes ao consumo da eletricidade do sistema interligado nacional (escopo 2). Nessa condição, o setor de transportes é o maior emissor com participação de 38,1% do total do Consumo Final Energético, seguido do setor energético com 26,2% (consideradas as emissões do consumo deste setor) e da indústria com 21,5%. Os valores absolutos podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 Emissões totais de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 – escopos 1, 2 e 3 (Gg CO₂e).

| Energia (Subsetores) | Escopo 1 | Escopo 2 | Escopo 3 | Total (Escopos 1+2) |
|--|----------------------|----------------|------------------|------------------------|
| | Gg CO ₂ e | | | |
| Consumo Final Energético | 34.368,4 | 6.711,6 | 1.524,5 | 41.079,9 |
| Setor Energético | 9.435,1 | 1.307,9 | *975,2 | 10.743,0 |
| Residencial | 1.639,4 | 1.737,6 | | 3.376,9 |
| Comercial | 208,1 | 1.446,5 | | 1.654,5 |
| Público | 86,9 | 608,0 | | 694,8 |
| Agropecuário | 84,2 | 47,7 | | 131,9 |
| Transporte | 15.639,6 | 8,7 | 549,3 | 15.648,2 |
| Rodoviário | 11.692,2 | | ** 549,3 | 11.692,2 |
| Ferrovário | 277,5 | 8,7 | | 286,2 |
| Aéreo | 2.586,5 | | | 2.586,5 |
| Hidroviário | 1.083,4 | | | 1.083,4 |
| Indústria | 7.275,2 | 1.555,3 | | 8.830,5 |
| Extração e Tratamento de Minerais | 390,7 | 11,5 | | 402,3 |
| Minerais não Metálicos | 500,0 | 105,1 | | 605,1 |
| Metalúrgico | 5.342,0 | 790,5 | | 6.132,5 |
| Papel e Celulose | 66,5 | 31,6 | | 98,1 |
| Químico | 176,9 | 166,5 | | 343,4 |
| Têxtil | 17,5 | 8,4 | | 25,8 |
| Produtos Alimentícios | 88,9 | 55,8 | | 144,7 |
| Bebidas | 154,1 | 53,3 | | 207,5 |
| Outras Indústrias | 538,5 | 332,7 | | 871,2 |
| Centros de Transformação de Energia | 22.024,2 | | | 22.024,2 |
| Centrais Elétricas | 20.633,4 | | | 20.633,4 |
| Coquearias | 1.386,8 | | | 1.386,8 |
| Carvoarias | 4,0 | | | 4,0 |
| Emissões Fugitivas | 7.098,6 | | *** 485,7 | 7.098,6 |
| Bunkers (não contabilizados no total) | 1.221,0 | | | 1.221,0 |
| Total | 63.491,2 | 6.711,6 | 2.010,2 | 70.202,7 |

* emissão de coquearias de coque importado

** emissão da produção do etanol importado

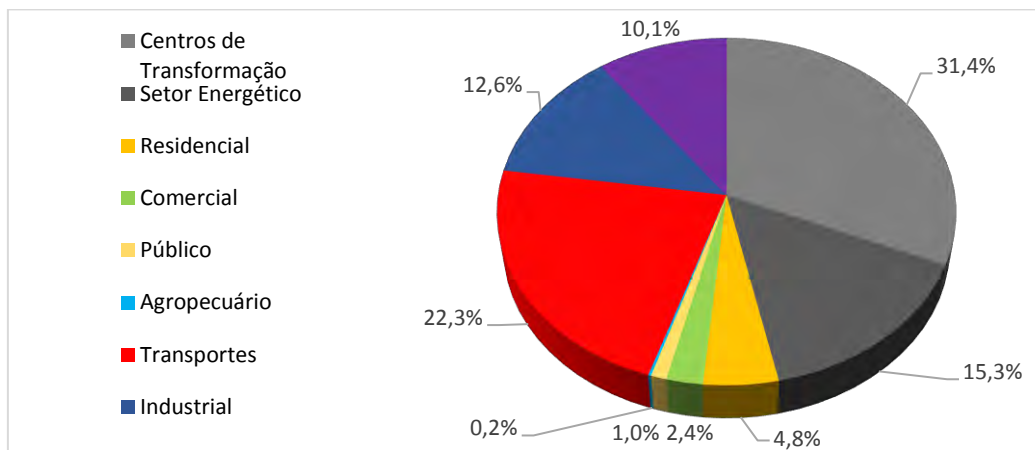
*** emissão de minas e transporte de carvão mineral importado

Nota: Emissões dos centros de transformação e as do consumo do setor energético correspondem às emissões de indústria de energia⁷.

Fonte: autores

⁷ Se utilizarmos o conceito de indústria de energia, como no GHG Protocol (WRI, 2015), as emissões dessa fonte, alcançam 46,7% do total das emissões do Estado do Rio de Janeiro, em 2015, sendo, portanto, a maior emissora.

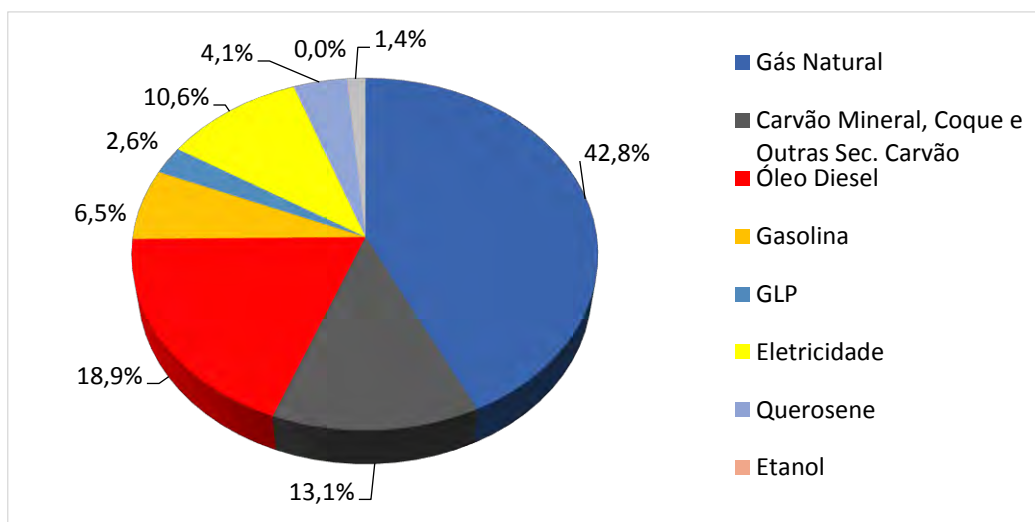
A Figura 4 apresenta a participação setorial nas emissões totais do Estado do Rio de Janeiro, considerando tanto as emissões dos setores consumidores de energia, quanto as emissões da oferta de energia (centros de transformação localizados no Estado do Rio de Janeiro), em 2015.



Fonte: autores

Figura 4 Participação dos setores socioeconômicos e dos centros de transformação nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

No que se refere às emissões por fonte de energia, o gás natural em grande parte usado para a geração de eletricidade é o que tem maior participação com 42,8%. A segunda maior participação nas emissões é a do óleo diesel com 18,9% e a terceira a do carvão mineral, do coque e de outras secundárias do carvão mineral usados na indústria e para a geração de eletricidade com 13,1%. As emissões do uso de eletricidade consumida do grid representam 10,6% do total, em 2015, como ilustrado na Figura 5.



Nota: emissões fugitivas não estão contabilizadas aqui.

Fonte: autores

Figura 5 Participação dos energéticos nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015, escopos 1 e 2 (%)

1.6 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro

A Tabela 11 abaixo apresenta as emissões de GEE (Gg CO₂e) desagregadas pelas oito regiões do Estado do Rio de Janeiro, em 2015. A região mais emissora é a Norte Fluminense, que foi responsável por 48,3% das emissões devido, principalmente, à grande produção termoelétrica a gás natural. Em seguida aparece a região Metropolitana, responsável por 34,0% das emissões, devido à grande concentração populacional e à elevada demanda final de energia e em menor escala pelos centros de transformação. Em terceiro lugar aparece a região do Médio Vale do Paraíba, com 10,5% das emissões devido tanto aos centros de transformação ali presentes quanto, em menor escala, devido ao consumo final de energia pelas indústrias e pelo setor de transportes.

Tabela 11 Emissões regionais de GEE do setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 – escopos 1 e 2 (Gg CO₂e)

| Fonte de Emissão | Região de Governo | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------|
| | Metropolitana | Noroeste Fluminense | Norte Fluminense | Serrana | Baixadas Litorâneas | Médio Vale do Paraíba | Centro-Sul Fluminense | Costa Verde | Total Estado RJ |
| | GgCO ₂ e | | | | | | | | |
| Consumo Final de Energia | 20.997,3 | 661,3 | 9.362,7 | 1.604,3 | 1.678,5 | 5.666,8 | 705,5 | 403,6 | 41.079,9 |
| Produção de Energia | 2.652,8 | 0,0 | 17.753,2 | 4,0 | 0,0 | 1.614,2 | 0,0 | 0,0 | 22.024,2 |
| Emissões Fugitivas | 189,5 | 0,0 | 6.852,9 | 0,9 | 4,9 | 49,7 | 0,6 | 0,0 | 7.098,6 |
| Total | 23.839,7 | 661,3 | 33.968,8 | 1.609,2 | 1.683,3 | 7.330,7 | 706,1 | 403,6 | 70.202,7 |
| | 34,0% | 0,9% | 48,4% | 2,3% | 2,4% | 10,4% | 1,0% | 0,6% | 100,0% |
| Bunker | | | | | | | | | 1.221,0 |

Fonte: autores

2. Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU⁸)

2.1 Caracterização do Setor no Estado

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

- Produção de cimento: o parque cimenteiro do Estado foi determinado a partir das informações da FIRJAN e do SNIC. As emissões de processo ocorrem quando há a produção do clínquer, insumo intermediário do cimento, o que acontece nas indústrias integradas (três, no Estado). Algumas unidades de produção do cimento compram clínquer externamente e, portanto, não têm as emissões de processo associadas, considerando-se o Escopo 1. No entanto, nesse caso, podem-se calcular as emissões correspondentes dentro do Escopo 3, o que foi feito neste inventário. Os anos de 2005 e 2010 foram assim complementados quanto a isso.
- Produção de cal: as emissões associadas ocorrem na etapa de calcinação do calcário, quando ocorre a liberação de CO₂. O Estado conta com diferentes produtores.
- Indústria de vidro: conforme dados da FIRJAN e ABIVIDRO, estão instalados no Estado cinco fabricantes de vidro, em sete unidades industriais.
- Produção de cerâmica: as emissões de GEE nessa indústria são originadas na calcinação de matérias primas, especialmente a argila. Há cerca de duas centenas de produtores no Estado, concentrando-se principalmente em dois polos, nas regiões de Itaboraí e Campos.
- Produção de metanol: conforme dados da FIRJAN e ABIQUIM, há uma indústria produtora no Estado.
- Produção de etileno: de acordo com as mesmas fontes do item anterior, foi identificada uma indústria responsável pela produção de etileno, que tem emissões de processo na etapa de craqueamento catalítico.
- Indústria siderúrgica: conforme dados da FIRJAN e Instituto Aço Brasil, há duas indústrias siderúrgicas em operação no Estado em 2015 com processo integrado – ou seja, a unidade produz ferro-gusa e aço, além de coque metalúrgico. Outras duas empresas produzem aço a partir de ferro-gusa comprado.
- Lubrificantes – graxas e óleos – são utilizados em praticamente todos os setores da economia fluminense, desde veículos particulares de passeio a maquinário industrial. As emissões de seu uso são decorrentes de sua oxidação, ao longo da vida operacional.

⁸ Sigla em inglês para *Industrial Process and Product Use*.

- Parafinas, especialmente na forma de ceras, são utilizadas em diferentes produtos, especialmente como combustíveis em velas.
- Gases refrigerantes: neste inventário foi estimado também o setor de refrigeração e ar-condicionado, ainda que de forma indireta, com os dados do inventário nacional.
- O hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um gás de efeito estufa 23.500 vezes mais potente do que o CO₂. Sua maior aplicação é em disjuntores de grande capacidade, aproveitando as propriedades elétricas excepcionais do gás, que impedem a formação de arco elétrico e permitem a redução significativa do tamanho dos equipamentos.
- O óxido nitroso (N₂O) 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 (NaN₃); oxidante de combustíveis em corridas de automóveis e maçaricos de uso específico. No caso do Estado do Rio, as aplicações médicas e como propelente em aerossóis são as maiores fontes emissoras.

O Estado contava com uma planta para produção de alumínio primário, cujas emissões em 2005 foram inventariadas em 150,4 Gg CO₂. Segundo informações disponíveis no sítio da ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, a unidade interrompeu suas operações em 2009, não sendo então consideradas emissões em 2010 e 2015.

Em seguida, pode-se passar à análise das emissões de GEE decorrentes das atividades consideradas para o Estado do Rio de Janeiro no ano de 2015, de acordo com cada tipologia mencionada.

2.2 Abordagem Metodológica

Neste inventário, houve a possibilidade de comparação dos dados dos inventários das indústrias, submetidos anualmente à Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro a partir de 2013, e que são verificados por terceira parte devidamente certificada. No entanto, priorizou-se a consistência com o Balanço Energético Estadual.

Na produção de cimento, procurou-se identificar a produção do clínquer, passo intermediário do processo. As emissões associadas de processo foram uma combinação das informações dos inventários de duas das empresas combinadas com informações do setor no Estado, segundo o SNIC.

Na produção de cal, a principal indústria apresentou em seu inventário à SEA. O total do mercado foi avaliado a partir dessa informação e do fator de emissão médio sugerido pelo IPCC.

Para o vidro, há diferentes processos de fabricação. Normalmente, há liberação de CO₂ na etapa de fundição, decorrente da transformação de carbonatos (como 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. Prevaleram as emissões dos inventários das indústrias.

Na produção de cerâmica, estimou-se a produção pelo inventário de 2010, corrigindo-se pela redução observada no setor de minerais não metálicos, indicada nos Boletins de Conjuntura Econômica Fluminense do CEPERJ. Houve uma correção de 10% para se considerar a massa de argila em relação ao peso final do produto. As emissões são resultado da calcinação de carbonatos presentes na argila, 10%, segundo o IPCC.

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. A variação da produção foi estimada a partir de 2010 conforme a variação do subsetor “outros produtos químicos” dos boletins do CEPERJ e fator de emissão do IPCC.

Para o etileno, foi considerada a produção informada pelo único fabricante, aplicando-se o fator de emissão indicado pelo IPCC, juntamente com o fator de regionalização para América do Sul, e considerando-se o etano como matéria-prima.

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 sínter; produção de ferro-gusa; produção de aço. As emissões relativas à produção de coque, mesmo em siderúrgicas integradas, devem ser contabilizadas no setor energético. Já as emissões pela geração de eletricidade em unidades siderúrgicas usando gases exaustos serão consideradas parte das emissões de processo.

Os dados utilizados para cálculo das emissões por uso de produto – em termos de lubrificantes, graxas e parafinas – foram estimados conforme o aumento ocorrido no consumo de energia do setor de transporte a partir de 2010, segundo o Balanço Energético Estadual, no valor de 2,0%, em relação aos dados considerados no inventário anterior, continuando a hipótese de vendas equivalentes a utilização. No caso do óxido nítrico, não foram obtidos valores de produção ou comércio. Por esse motivo, a estimativa foi realizada com base nos valores apurados no Inventário de 2005, corrigidos pela variação do

número de internações hospitalares informado pelo DATASUS, o que corresponderia a um indicador de atividade.

Foram incorporados nesta edição os gases PFCs (perfluorocarbonetos) da produção de alumínio primário (apenas em 2005) e uma primeira avaliação do principal gás usado em refrigeração e ar-condicionado (subsetor uso de produto) no Estado do Rio de Janeiro, o HFC-134a, através de um paralelo com o inventário nacional. Neste caso, a participação do PIB do Estado no PIB brasileiro foi utilizada para a repartição das emissões nacionais. Demais HFCs (hidrofluorocarbonetos) não foram considerados.

O gás SF₆ também foi incorporado nesta edição do inventário estadual, a partir do inventário nacional e do mesmo raciocínio usado para as estimativas do HFC-134a.

2.3 Emissões de GEE, em 2015

A emissão total associada à produção de cimento no Escopo 1 foi estimada em 879,4 Gg CO₂. No Escopo 3, devido ao clínquer comprado de fora do Estado, foram estimadas 1.169,2 Gg CO₂.

Na produção de cal foram estimadas 138,8 Gg CO₂, supondo-se uma variação proporcional à da energia no setor de outros não metálicos do Balanço Estadual de Energia.

A emissão total associada à produção de vidro foi calculada através do crescimento do setor conforme o consumo de energia do Balanço, resultando no valor igual a 40,6 Gg CO₂.

A produção de cerâmica foi responsável por emissões estimadas em 51,5 Gg CO₂.

As emissões associadas à produção de metanol foram de 78,2 Gg CO₂ e 0,4 Gg CH₄, ou seja, 88,3 Gg CO₂e, no total.

As emissões associadas à produção de etileno foram de 408,4 Gg CO₂ e 2,3 Gg CH₄, ou seja, 474,1 Gg CO₂e, no total.

As emissões para o setor siderúrgico no Estado do Rio de Janeiro, relativas a 2015, alcançaram 9.854,7 Gg CO₂ e são provenientes da produção de sinter (3.436,2 Gg CO₂) e da produção de gusa e aço (6.418,5 Gg CO₂).

As emissões totais do uso de lubrificantes e graxas totalizam 59,8 Gg CO₂ em 2015. As emissões de uso de parafina foram de 2,9 Gg CO₂.

As emissões de N₂O foram estimadas em 0,2 Gg, correspondentes a uma redução de 9,5% desde 2010, para seguir a mesma taxa observada na queda das internações hospitalares, segundo a base de dados DATASUS, pela limitação de maiores dados. Essas emissões equivalem a 57,8 Gg CO₂e.

As emissões do principal gás usado em refrigeração e ar-condicionado – HFC-134a – foram estimadas em 0,6 Gg para o Estado do Rio de Janeiro em 2015, ou seja, 803,4 Gg CO₂e.

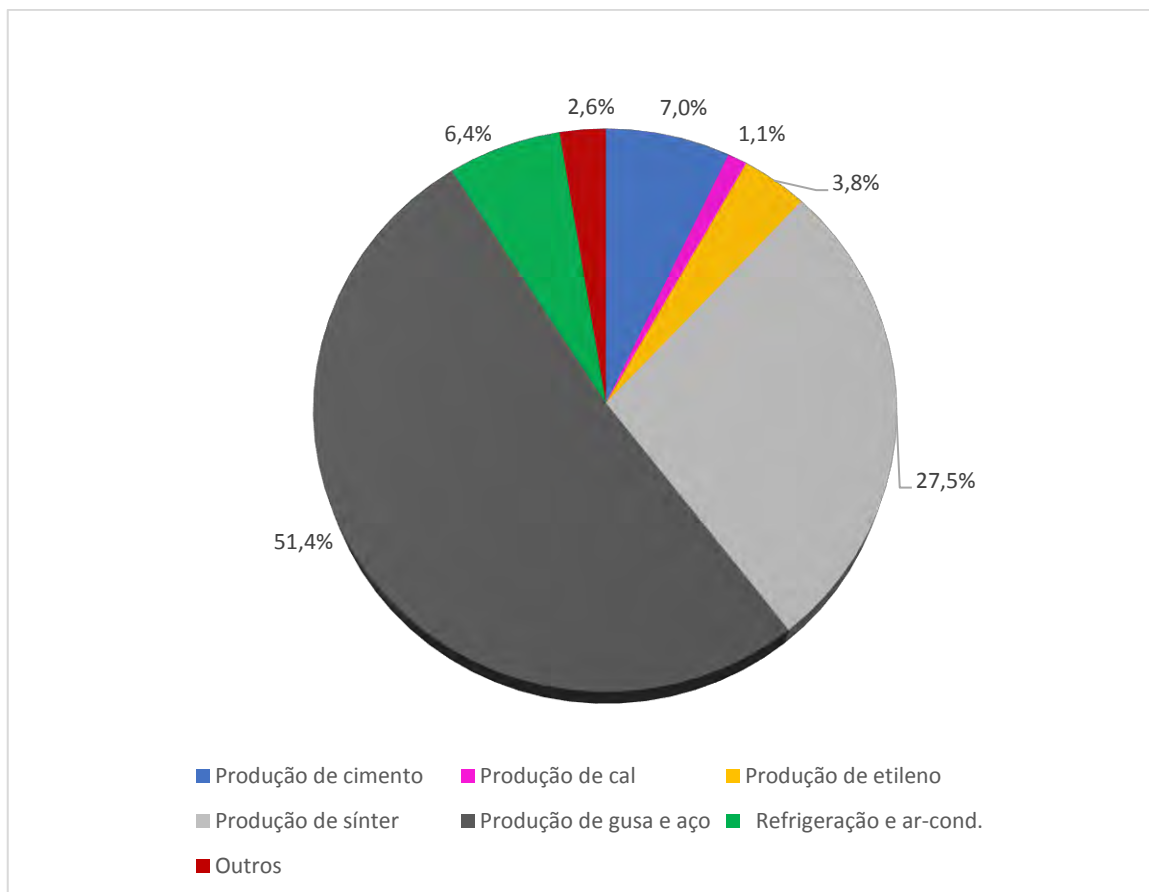
As emissões de SF₆, por sua vez, foram estimadas em 0,001 Gg ou 24,4 Gg CO₂e.

As emissões de GEE no setor de IPPU, para 2015, encontram-se resumidas na Tabela 12 e na Figura 6.

Tabela 12 Emissões do setor de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 – escopo 1 (Gg CO₂e)

| Subsetor (IPPU) | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFC-134a | SF ₆ | CO ₂ e |
|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|-------------------|
| Indústria mineral | 1.110,3 | | | | | 1.110,3 |
| Produção de cimento | 879,4 | | | | | 879,4 |
| Produção de cal | 138,8 | | | | | 138,8 |
| Produção de vidro | 40,6 | | | | | 40,6 |
| Produção de cerâmica | 51,5 | | | | | 51,5 |
| Indústria química | 486,6 | 2,7068 | | | | 562,4 |
| Produção de metanol | 78,2 | 0,3619 | | | | 88,3 |
| Produção de etileno | 408,4 | 2,3450 | | | | 474,1 |
| Indústria metalúrgica | 9.854,7 | | | | | 9.854,7 |
| Produção de sinter | 3.436,2 | | | | | 3.436,2 |
| Produção de gusa e aço | 6.418,5 | | | | | 6.418,5 |
| Uso de produtos | 62,7 | | 0,2182 | 0,6180 | 0,0010 | 948,3 |
| Lubrificantes | 59,8 | | | | | 59,8 |
| Parafinas | 2,9 | | | | | 2,9 |
| Anestésicos | - | | 0,2182 | | | 57,8 |
| Refrigeração e ar-cond. | - | | | 0,6180 | | 803,4 |
| Equipamentos elétricos | - | | | | 0,0010 | 24,4 |
| Total IPPU | 11.514,4 | 2,7068 | 0,2182 | 0,6180 | 0,0010 | 12.475,7 |

Fonte: autores



Fonte: autores

Figura 6 Participação das tipologias industriais e de uso de produtos no total de emissões de GEE do setor de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

2.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro

As regiões mais emissoras são a Metropolitana e a Médio Vale do Paraíba, que contêm as indústrias siderúrgicas, maior subsetor de IPPU. A terceira região que se destaca é a Serrana, pela concentração das indústrias cimenteiras. Os valores encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 Emissões dos subsetores de IPPU do Estado do Rio de Janeiro, por região, em 2015 (Gg CO₂e)

| Subsetor | Região de Governo | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------|-----------------|
| | Metropolitana | Médio Vale do Paraíba | Centro-Sul Fluminense | Serrana | Baixas Litorâneas | Norte Fluminense | Noroeste Fluminense | Costa Verde | Total |
| | Gg CO ₂ e | | | | | | | | |
| Indústria mineral | 45,3 | 159,8 | - | 879,4 | - | - | 25,8 | - | 1.110,3 |
| Produção de cimento | - | - | - | 879,4 | - | - | - | - | 879,4 |
| Produção de cal | - | 138,8 | - | - | - | - | - | - | 138,8 |
| Produção de vidro | 19,6 | 21,0 | - | - | - | - | - | - | 40,6 |
| Produção de cerâmica | 25,8 | - | - | - | - | - | 25,8 | - | 51,5 |
| Indústria química | 562,4 | - | - | - | - | - | - | - | 562,4 |
| Produção de metanol | 88,3 | - | - | - | - | - | - | - | 88,3 |
| Produção de etileno | 474,1 | - | - | - | - | - | - | - | 474,1 |
| Indústria metalúrgica | 4.511,0 | 5.343,7 | - | - | - | - | - | - | 9.854,7 |
| Produção de síter | 1.264,9 | 2.171,3 | - | - | - | - | - | - | 3.436,2 |
| Produção de gusa e aço | 3.246,1 | 3.172,4 | - | - | - | - | - | - | 6.418,5 |
| Produção de alumínio | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Uso de produtos | 618,1 | 63,4 | 10,2 | 33,8 | 60,9 | 134,8 | 8,3 | 18,8 | 948,3 |
| Lubrificantes | 39,0 | 4,0 | 0,6 | 2,1 | 3,8 | 8,5 | 0,5 | 1,2 | 59,8 |
| Parafinas | 1,9 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 2,9 |
| Anestésicos | 37,7 | 3,9 | 0,6 | 2,1 | 3,7 | 8,2 | 0,5 | 1,1 | 57,8 |
| Refrigeração e ar-cond. | 523,7 | 53,7 | 8,6 | 28,6 | 51,6 | 114,2 | 7,0 | 15,9 | 803,4 |
| Equipamentos elétricos | 15,9 | 1,6 | 0,3 | 0,9 | 1,6 | 3,5 | 0,2 | 0,5 | 24,4 |
| Total IPPU | 5.736,9 | 5.566,9 | 10,2 | 913,2 | 60,9 | 134,8 | 34,1 | 18,8 | 12.475,7 |

Fonte: autores

3. Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU⁹)

3.1 Caracterização do Setor no Estado

A avaliação do uso e cobertura do solo do Estado do Rio de Janeiro referente a 2015 mostrou que, dos cerca de 4.400 mil hectares do território fluminense, mais de 52,0% é pastagem e mais de 30,0% é coberto por áreas florestais.

A cobertura florestal é parte integrante do bioma Mata Atlântica, sendo caracterizada por diferentes graus de interferência antrópica. Dentre as tipologias de vegetação do bioma Mata Atlântica, encontram-se: Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas, Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana, além de ecossistemas associados, como Mangue e Restinga. A Tabela 14 apresenta as classes de uso e cobertura do solo em 2015 e respectivas áreas, obtidas por meio do mapeamento do INEA (2017).

Tabela 14 Classes de uso e cobertura do solo no Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (ha e %)

| Classe | Área (ha) | Área (%) |
|---|-------------------|----------------|
| Natural | | |
| Vegetação secundária em estágio médio/avançado de regeneração | 1.071.438,2 | 24,30% |
| Vegetação secundária em estágio inicial de regeneração | 236.634,9 | 5,37% |
| Comunidade relíquia | 5.338,9 | 0,12% |
| Mangue | 19.159,8 | 0,43% |
| Restinga | 40.532,3 | 0,92% |
| Áreas úmidas | 37.643,9 | 0,85% |
| Cordões arenosos | 61.442,9 | 1,39% |
| Dunas | 357,9 | 0,01% |
| Afloramento rochoso | 24.116,4 | 0,55% |
| Água | 80.035,9 | 1,82% |
| Antrópico | | |
| Campo-pastagem | 2.301.179,2 | 52,19% |
| Agricultura | 214.312,8 | 4,86% |
| Reflorestamento | 25.230,5 | 0,57% |
| Solo exposto | 7.458,3 | 0,17% |
| Salinas | 3.644,5 | 0,08% |
| Área urbana | 277.827,5 | 6,30% |
| Outros | | |
| Nuvem | 355,0 | 0,01% |
| Sombra | 2616,4 | 0,06% |
| Total | 440.9325,4 | 100,00% |

Fonte: autores, com base em INEA (2017)

⁹ Sigla em inglês para *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

As atividades agropecuárias desenvolvidas no Estado são pouco expressivas e estão concentradas, principalmente, nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

O mapa de uso e cobertura do solo de 2015, associado a análises de dados estatísticos do IBGE e da EMATER-RJ, apontam redução da área de agricultura com relação a 2010, particularmente da cultura da cana-de-açúcar. Em 2015 a agricultura ocupava, aproximadamente, 214 mil hectares, sendo 68,0 % de culturas anuais e 32,0 % de culturas perenes.

As áreas de pastagens totalizaram 2,3 milhões de hectares e são quase que inteiramente dedicadas à pecuária bovina, principalmente de corte. A pecuária fluminense contabilizou 16,8 milhões de animais em 2015, sendo 14,2 milhões de aves, 2,3 milhões de cabeças de gado (gado de corte e de leite) e um rebanho suíno de 78 mil animais (SEAPPA, 2017; IBGE, 2017).

Assim, observa-se a inequívoca predominância de pastagens e florestas no Estado do Rio de Janeiro. A região Noroeste se destaca pela predominância de áreas dedicadas à agricultura, enquanto que as regiões Serrana e Costa Verde congregam a maior parte das florestas nativas.

3.2 Abordagem Metodológica

O inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor AFOLU foi realizado segundo a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), tendo sido, entretanto, adaptada à realidade do Estado do Rio de Janeiro e aos dados disponibilizados. As emissões do setor foram estruturadas de acordo com o Escopo 1, definido pela metodologia WRI (2015), que engloba as emissões que ocorrem dentro dos limites geográficos do Estado.

A contabilização das emissões foi realizada de acordo com as fontes de emissão preconizadas pelo IPCC (2006), que são: uso do solo, pecuária e fontes agregadas e fontes de gases não-CO₂. Os GEE contabilizados são dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄).

As emissões e remoções de GEE relacionadas ao setor de AFOLU são definidas como as que ocorrem em terras manejadas, ou seja, onde há intervenção antrópica com práticas que tenham função social, ecológica e/ou de produção.

A categoria de uso do solo incluiu as estimativas das emissões e remoções de carbono associadas ao aumento ou diminuição da biomassa acima ou abaixo do solo, devido ao desmatamento e à substituição de um determinado tipo de uso/cobertura por outro. A categoria pecuária contabilizou as emissões dos processos de fermentação entérica e manejo de dejetos. Nas fontes agregadas e de gases não CO₂ estão incluídas as emissões das atividades agrícolas.

As classes de uso e cobertura do solo consideradas foram: florestas (vegetação secundária em estágio médio/avançado de regeneração; vegetação secundária em estágio inicial de regeneração,

mangue e restinga), agricultura (anual e perene), campos/pastagens e reflorestamento. As classes foram mapeadas e analisadas por região de governo, de modo a identificar as mudanças ocorridas no período de 2010 e 2015. Para este fim, foram utilizadas técnicas de análise espacial de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com base em material cartográfico vetorial, em formato *shapefile*, fornecido pelo INEA (INEA, 2017). O mapeamento em escala 1:100.000 foi baseado nas imagens landsat-8 sensor oli multiespectral pancromático. O método utilizado foi a análise direcionada ao objeto (geobia) e detecção de mudanças bianual, a partir de modelagem de dados com o *software ecognition* (COGET, INEA-2017).

Os conteúdos de carbono referentes às classes de vegetação foram obtidos no III Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal (BRASIL, 2016).

As emissões da pecuária incluíram a contabilização de CH₄, oriundo da fermentação entérica e as emissões de CH₄ e N₂O derivadas do manejo de dejetos de animais. Para as atividades agrícolas foram considerados a queima de resíduos (emissão CH₄ e N₂O), o cultivo de arroz (emissão de CH₄), a aplicação de ureia (emissão de CO₂) e o o manejo de solos agrícolas (emissão de N₂O). Para estimar as emissões da pecuária e das atividades agrícolas foram utilizados dados de nível de atividade de cada fonte de emissão (área, produção agrícola, número de cabeças de animais, etc.) fornecidos por órgãos institucionais do Estado (SEAPPA, 2017) e compilados do Sistema de Recuperação Automática – SIDRA do IBGE (IBGE, 2017). Alguns fatores de emissão específicos para o Estado do Rio de Janeiro, bem como dados complementares foram extraídos do III Inventário Nacional (BRASIL, 2016). As emissões de GEE do setor de AFOLU foram organizadas por fontes de emissão e regiões de governo.

3.3 Emissões de GEE e Remoções de Carbono, em 2015

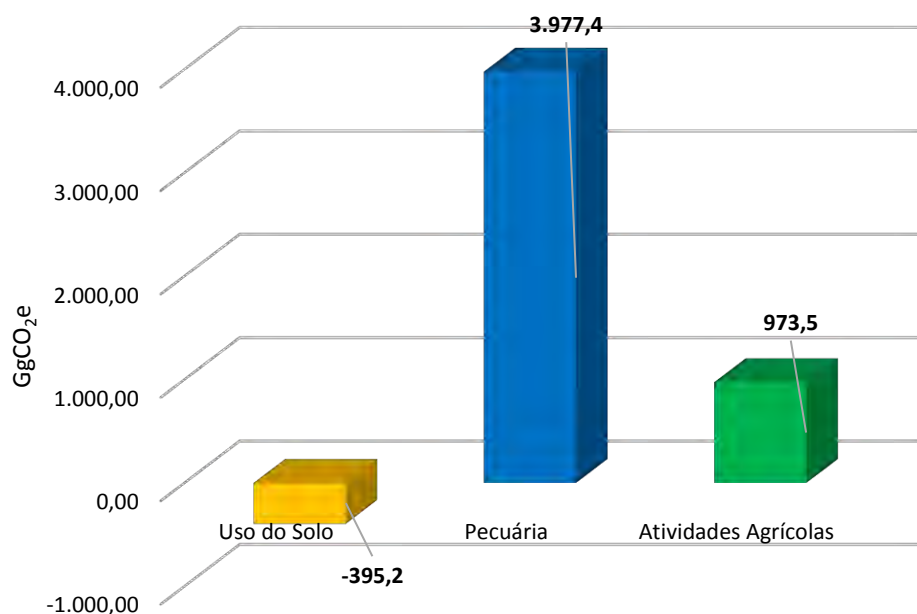
O setor de AFOLU foi responsável pela emissão de 4.555,6 Gg CO₂e em 2015, sendo o CH₄ o gás de efeito estufa emitido em maior quantidade, seguido por N₂O e CO₂. Uma síntese das fontes de emissões, respectivos valores de cada gás e o total de cada fonte, em Gg CO₂e são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 Emissões de GEE do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, em 2015 (GgCO₂e)

| Subsetor | Gg CO ₂ | Gg CH ₄ | Gg N ₂ O | Gg CO ₂ e |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Uso do Solo | -395,2 | - | - | -395,2 |
| <i>Emissões Brutas</i> | 190,6 | - | - | 190,6 |
| <i>Remoções</i> | -585,9 | - | - | -585,9 |
| Agropecuária | 108,5 | 139,3 | 3,6 | 4.950,8 |
| Pecuária | - | 137,9 | 0,4 | 3.977,4 |
| <i>Fermentação Entérica</i> | - | 133,8 | - | 3.745,5 |
| <i>Manejo de Dejetos</i> | - | 4,2 | 0,4 | 231,9 |
| Atividades Agrícolas | 108,5 | 1,3 | 3,1 | 973,5 |
| <i>Calagem</i> | 104,5 | - | - | 104,5 |
| <i>Cultivo de Arroz</i> | - | 0,0 | - | 0,7 |
| <i>Queima da Cana-de-Açúcar</i> | - | 1,3 | 0,0 | 45,3 |
| <i>Solos Agrícolas</i> | - | - | 3,1 | 819,1 |
| <i>Uso de Ureia</i> | 4,0 | - | - | 4,0 |
| Total | -286,8 | 139,3 | 3,6 | 4.555,6 |

Fonte: autores

A maior contribuição em termos de emissão veio da pecuária, particularmente da fermentação entérica. As emissões são de gás metano, que possui potencial de aquecimento global 28 vezes maior que o CO₂. Em menores proporções, estão as emissões da agricultura. As emissões de uso do solo foram negativas. A Figura 7 apresenta as emissões por fontes do setor de AFOLU, em 2015.



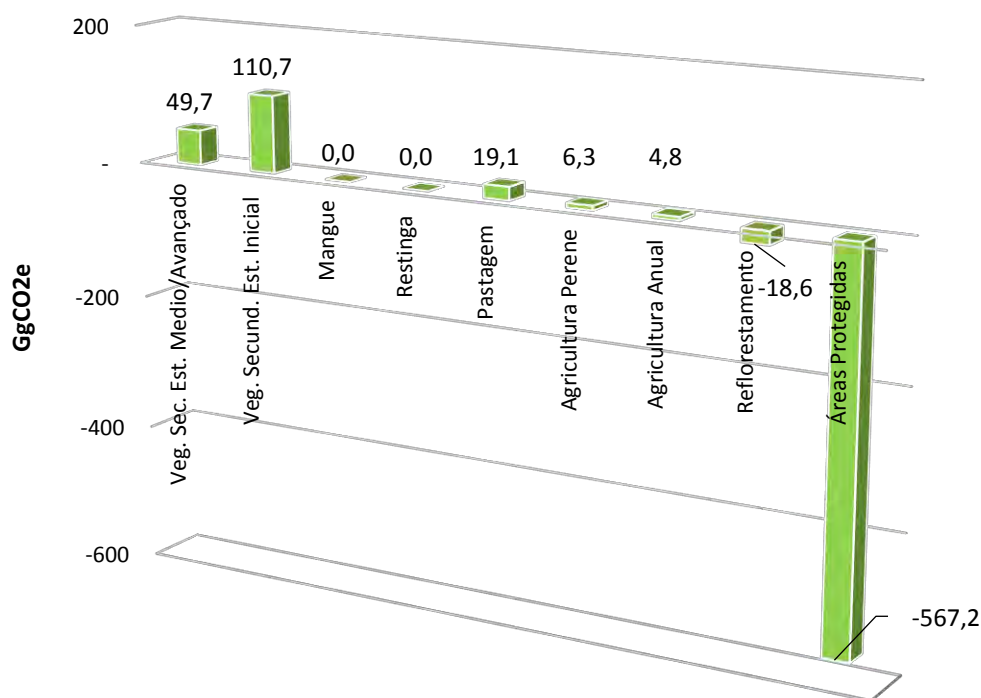
Fonte: autores

Figura 7 Emissões/remoções de GEE do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, por subsectores, em 2015 (Gg CO₂e)

A alta emissão de GEE da pecuária é atribuída ao rebanho bovino, cujo efetivo, em 2015, era de cerca de 1,6 milhões de cabeças de gado de corte e 699 mil cabeças de gado de leite. Com relação à agricultura, a principal fonte de emissão, no mesmo ano, foi o manejo de solos agrícolas. Emissões estas associadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos e orgânicos, à decomposição de resíduos de culturas agrícolas deixados no solo e aos dejetos de animais criados em pastagens.

Com relação ao uso do solo, as emissões líquidas de CO₂ foram negativas em 2015, ou seja, as remoções de CO₂ pela vegetação foram superiores às emissões. As emissões foram oriundas da perda de biomassa devido ao desmatamento, enquanto que as remoções de CO₂ foram compostas pelo ganho de carbono devido ao aumento da biomassa das classes avaliadas e, também, ao incremento de carbono na biomassa da vegetação em áreas protegidas (Unidades de Conservação (exceto RPPNs) e terras indígenas).

As emissões de GEE associadas ao uso do solo em 2015 são apresentadas na Figura 8, onde podem ser observadas as diferenças entre absorção e emissão de carbono das diferentes classes.



Fonte: autores

Figura 8 Emissões/remoções de GEE no Estado do Rio de Janeiro, por classe de uso e cobertura do solo, em 2015 (Gg CO₂e).

3.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro

Considerando as regiões administrativas, as estimativas mostraram que o Norte Fluminense, Noroeste Fluminense e Médio Paraíba concentraram as maiores emissões do setor de AFOLU, sendo a pecuária (fermentação entérica) e a agricultura (manejo de solos agrícolas) as principais fontes emissoras. Por outro lado, a região de Costa Verde apresentou emissão líquida negativa. A síntese das emissões dos diferentes GEE, por região de governo, é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 Emissões e remoções de GEE do setor de AFOLU, por região de governo do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO₂e)

| Região de Governo | Uso do solo | Fermentação entérica | Manejo de dejetos | | Cultivo de arroz | Queima de resíduos agrícolas | Solos agrícolas | Calagem | Uso de ureia | Total |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|---|------------------|------------------------------------|---|-----------------|-----------------|----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CH ₄ | N ₂ O Emissões diretas e indiretas | CH ₄ | CH ₄ e N ₂ O | N ₂ O Emissões diretas e indiretas | CO ₂ | CO ₂ | |
| | Gg CO ₂ e | | | | | | | | | |
| Baixas Litorâneas | - 66,4 | 416,0 | 11,2 | 6,3 | | 2,9 | 84,4 | 13,3 | | 467,7 |
| Centro-Sul | - 6,7 | 247,2 | 8,8 | 14,9 | | | 42,8 | 1,1 | 0,1 | 308,2 |
| Costa Verde | - 162,8 | 22,1 | 0,7 | 0,4 | | | 10,7 | 5,3 | | - 123,6 |
| Médio Paraíba | 3,6 | 540,2 | 18,7 | 27,5 | | | 89,3 | 1,5 | | 680,9 |
| Metropolitana | - 71,7 | 210,4 | 7,9 | 4,9 | | | 47,6 | 11,8 | 0,1 | 211,0 |
| Noroeste Fluminense | 0,1 | 816,8 | 25,5 | 21,5 | 0,6 | 1,4 | 159,3 | 9,6 | 2,9 | 1.037,6 |
| Norte Fluminense | 1,0 | 1.007,7 | 26,1 | 15,4 | | 41,0 | 266,5 | 46,4 | | 1.404,1 |
| Serrana | - 92,4 | 485,1 | 18,0 | 24,2 | 0,1 | | 118,5 | 15,4 | 0,9 | 569,8 |
| Total | - 395,2 | 3.745,5 | 116,9 | 115,1 | 0,7 | 45,3 | 819,1 | 104,5 | 4,0 | 4.555,6 |

Fonte: autores

4. Setor de Resíduos

4.1 Caracterização do Setor no Estado

No Estado do Rio de Janeiro, em 2015, foram coletados cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. O sistema de limpeza urbana é de responsabilidade das prefeituras, que, além da limpeza das ruas, gerenciam e executam a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Os resíduos industriais classe II-A (não perigosos) geralmente são coletados por empresas terceirizadas e encaminhados aos mesmos destinos que os urbanos, na maioria dos casos, para aterramento. A estimativa de geração dos resíduos industriais foi feita em função do PIB industrial do Estado do Rio de Janeiro. Em 2015, dos 92 municípios, 23 ainda encaminhavam resíduos para seis lixões em operação. Os demais municípios operavam 21 aterros sanitários por meio de consórcios, em sua maioria com coleta e queima de biogás em *flares* e alguns com aproveitamento energético.

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos, CEDAE, contribuiu com a coleta e o tratamento de mais da metade do volume de esgoto coletado em 2015, de pouco mais de 1 bilhão de metros cúbicos. O restante foi distribuído entre Águas de Niterói, Águas do Imperador, Foz Águas, Águas de Nova Friburgo, Águas de Juturnaíba, Águas das Agulhas Negras, Águas do Paraíba, Prolagos, Aeroporto e outras ETEs residenciais, comerciais e industriais.

Segundo a Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios de 2015 (IBGE, 2016), 81,7% da população era atendida por algum tipo de coleta e esgotamento sanitário no Estado do Rio de Janeiro, de um total então de 16,6 milhões de habitantes, em cerca de 5,9 milhões de domicílios. Desse total, 12,8% tratavam seu esgoto em fossas e 5,5% não possuíam qualquer ligação à rede de coleta e tratamento, sendo despejados *in natura* diretamente em corpos d'água. Segundo dados fornecidos pelo INEA, Procon-Águas e empresas de saneamento, de todo esgoto coletado, mais de 60% foram tratados por companhias de saneamento, 15% em estações de tratamento residenciais e comerciais e 4% em unidades industriais. Parte do lodo produzido nas estações de tratamentos de esgotos era 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. Para os cálculos das emissões por aterramento, o método de decaimento de primeira ordem, FOD¹⁰, 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

¹⁰ Sigla em inglês para *First Order Decay*.

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 os 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, foi adotado o período correspondente à vida útil dos lixões em operação, que diminui de forma aceitável os riscos de subestimar as emissões.

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, utilizaram-se valores padrão do guia IPCC.

Os esgotos ou efluentes líquidos são fonte de emissão de CH_4 quando tratados ou dispostos anaerobicamente. Podem também ser fontes de emissão de N_2O , quando este gás é produzido pela decomposição de compostos nitrogenados presentes nos efluentes encaminhados aos corpos d'água. As emissões de CO_2 , 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, resultam 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 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 N_2O são geradas tanto nos processos de nitrificação (processo aeróbio que converte amônia e outros compostos nitrogenados em nitrato – NO_3) e desnitrificação (processo anaeróbio em que o nitrato é convertido em nitrogênio gasoso – N_2), pois são um produto intermediário de ambos os processos. As emissões de N_2O podem ocorrer tanto nas plantas de tratamento quanto no corpo d'água receptor deste esgoto/efluente.

4.3 Emissões de GEE, em 2015

Aplicando-se a metodologia para as diversas formas de tratamento de resíduos, conforme exposto acima, obtiveram-se as emissões de metano e óxido nitroso de cada fonte. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

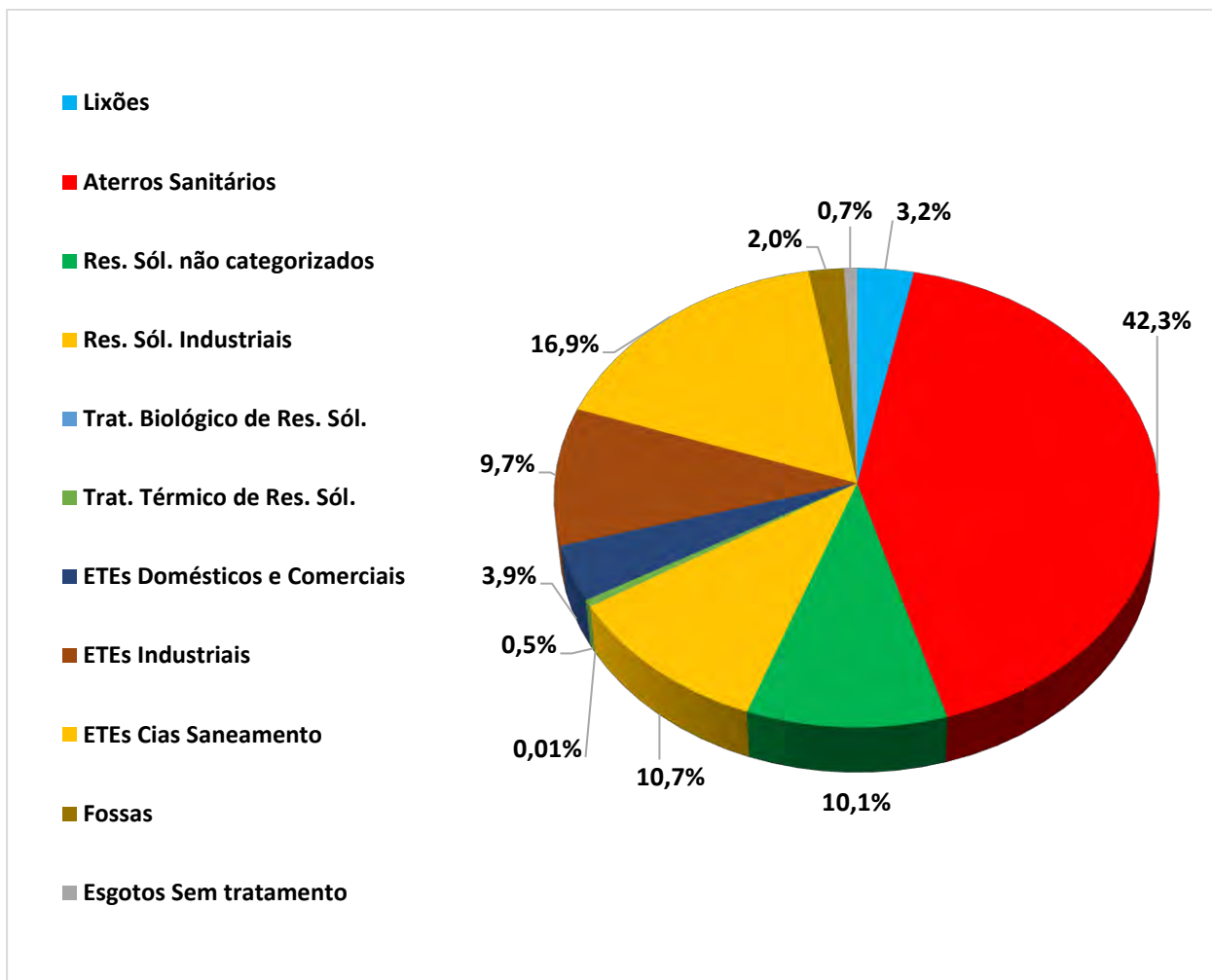
Tabela 17 Emissões de GEE dos resíduos sólidos e efluentes líquidos do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO₂e)

| Subsetor /Fonte de Emissão | Gg CO ₂ | Gg CH ₄ | Gg N ₂ O | Gg CO ₂ e |
|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Resíduos Sólidos | 25,3 | 127,8 | 0,003 | 3.605,0 |
| Lixões | - | 6,4 | - | 178,1 |
| Aterros Sanitários | - | 84,0 | - | 2.352,8 |
| Não categorizado | - | 20,0 | - | 560,8 |
| Resíduos Industriais | - | 17,4 | - | 486,6 |
| Tratamento Biológico | - | 0,02 | 0,001 | 0,8 |
| Tratamento Térmico | 25,3 | 0,002 | 0,002 | 25,9 |
| Efluentes Líquidos | - | 58,7 | 0,8 | 1.850,7 |
| ETEs Domésticos e Comerciais | - | 5,9 | 0,2 | 218,3 |
| ETEs Industriais | - | 17,9 | 0,1 | 539,3 |
| ETEs Cias Saneamento | - | 30,6 | 0,3 | 940,3 |
| Fossas | - | 3,1 | 0,1 | 112,1 |
| Sem tratamento | - | 1,1 | 0,04 | 40,6 |
| Total Resíduos | 25,3 | 186,5 | 0,8 | 5.455,7 |

Fonte: autores.

Dentre os efluentes industriais, a tipologia que mais contribuiu com as emissões foi a indústria de alimentos, com 193 Gg CO₂e, seguido pela indústria de bebidas, com 46 Gg CO₂e. A Companhia de Saneamento que mais contribuiu com as emissões do Estado foi a CEDAE, com 1.000 Gg CO₂e, seguida pela Águas de Niterói, com 53 Gg CO₂e, ambas responsáveis pelo tratamento da região metropolitana, além de municípios de outras regiões.

Consolidando todos os resultados, o setor de resíduos foi responsável pela emissão de 5,5 mil Gg CO₂e, em 2015, sendo o metano o principal gás emitido, 5,3 mil Gg CO₂e, seguido pelo N₂O, 212,0 Gg CO₂e e, por último, o CO₂, 25,3 Gg CO₂e. Em 2015, o setor somente emitiu gases de efeito estufa no Escopo 1. As participações estão na Figura 9.



Fonte: autores

Figura 9 Emissões de GEE do setor de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, por fonte, em 2015 (%)

Esses números mostram que ainda há muito metano a se queimar, tanto em *flares* de aterros e ETEs, ou como combustível em veículos, assim como também há potencial para ampliação da geração de energia limpa por tratamento térmico e biológico.

4.4 Resultados por Região de Governo do Estado do Rio de Janeiro

Como esperado, a Região Metropolitana foi a maior emissora do setor resíduos, respondendo por 71,7% das emissões do Estado do Rio de Janeiro. A Tabela 18 apresenta os resultados absolutos das emissões por região.

Tabela 18 Emissões de GEE do setor de resíduos, por fonte e região de governo do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (Gg CO₂e)

| Subsetor | Região de Governo | | | | | | | | Total |
|------------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
| | Costa Verde | Médio Paraíba | Metropolitana | Centro Sul | Serrana | Baixada Litoral | Noroeste | Norte | |
| | Gg CO ₂ e | | | | | | | | |
| Lixões | 0,0 | 76,7 | 0,0 | 25,7 | 0,0 | 16,3 | 35,6 | 23,8 | 178,1 |
| Aterros Sanitários | 6,3 | 86,0 | 1679,7 | 11,0 | 202,9 | 140,6 | 0,0 | 226,3 | 2352,8 |
| Não categorizado | 9,1 | 20,9 | 412,2 | 18,3 | 27,9 | 30,8 | 11,0 | 30,6 | 560,8 |
| Resíduos Industriais | 0,7 | 96,3 | 305,5 | 14,1 | 18,0 | 22,9 | 14,1 | 15,2 | 486,6 |
| Tratamento Biológico | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 |
| Tratamento Térmico | 0,0 | 8,9 | 17,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,9 |
| Resíduos Sólidos | 16,1 | 288,7 | 2415,2 | 69,1 | 248,8 | 210,5 | 60,6 | 295,8 | 3605,0 |
| ETEs Domésticos e Comerciais | 2,7 | 6,3 | 173,7 | 5,5 | 8,4 | 9,2 | 3,3 | 9,2 | 218,3 |
| ETEs industriais | 0,7 | 106,7 | 338,6 | 15,6 | 20,0 | 25,3 | 15,6 | 16,8 | 539,3 |
| ETEs Cias Saneamento | 0,2 | 15,7 | 864,6 | 0,0 | 54,9 | 3,1 | 1,3 | 0,5 | 940,3 |
| Fossas | 1,4 | 3,2 | 89,2 | 2,8 | 4,3 | 4,7 | 1,7 | 4,7 | 112,1 |
| Sem tratamento | 0,5 | 1,2 | 32,3 | 1,0 | 1,6 | 1,7 | 0,6 | 1,7 | 40,6 |
| Efluentes Líquidos | 5,6 | 133,1 | 1498,4 | 24,9 | 89,1 | 44,1 | 22,5 | 32,9 | 1850,7 |
| Total Setor Resíduos | 21,8 | 421,8 | 3913,6 | 94,1 | 338,0 | 254,6 | 83,1 | 328,7 | 5455,7 |

Fonte: autores

Tal resultado é explicado tendo em vista a concentração populacional nesta região e que este fator é diretamente proporcional à geração tanto de resíduos sólidos como de efluentes líquidos e que o tratamento destes resíduos é inviável em longas distâncias das fontes geradoras, em de função custo e periculosidade do transporte de resíduos não tratados.

O restante das emissões é distribuído principalmente pelas regiões Médio Paraíba (7,7%), Serrana (6,2%), Norte (6,0%), e Baixada Litorânea (4,7%). Após a Região Metropolitana, a região que mais emitiu pelo tratamento de resíduos sólidos foi a Norte e de esgotos a Médio Paraíba, o que se explica pela concentração populacional e industrial, cujos fatores são diretamente proporcionais à geração tanto de resíduos sólidos como de efluentes.

5. Consolidação das Estimativas de 2015, Revisão dos Valores de 2010 e 2005 e Análise dos Resultados

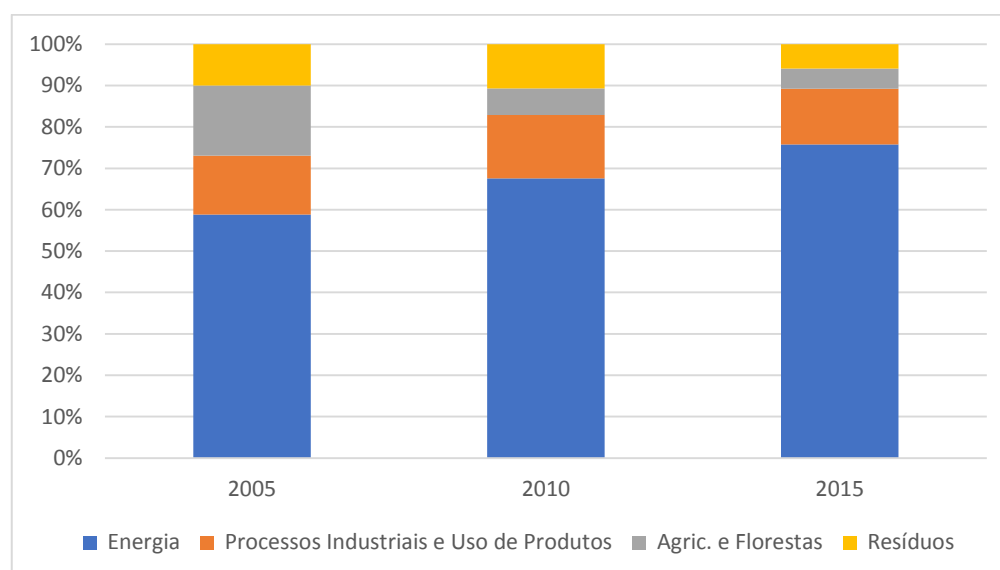
As emissões totais do Estado cresceram 40,2% entre 2005 e 2015. Esse crescimento ocorreu tanto no primeiro período (2010/2005) quanto no segundo (2015/2010) e se deve principalmente ao Setor Energia e de forma mais modesta ao Setor Processos Industriais e Uso de Produtos. Nos demais setores observam-se reduções sendo as mais significativas as de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra, no primeiro período e de Resíduos no segundo período. A Tabela 19 apresenta os valores.

Tabela 19 Participação dos setores nas emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, 2005, 2010 e 2015 (Gg CO₂e) escopos 1 e 2

| Setor | 2005 | 2010 | 2015 | 2010/2005 | 2015/2010 | 2015/2005 |
|---|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | Gg CO ₂ e | | | % | | |
| Energia | 38.918,6 | 51.082,3 | 70.202,7 | 31,3% | 37,4% | 80,4% |
| Processos Industriais e Uso de Produtos | 9.380,8 | 11.579,1 | 12.475,7 | 23,4% | 7,7% | 33,0% |
| Agric. e Florestas | 11.188,6 | 4.823,2 | 4.555,6 | -56,9% | -5,5% | -59,3% |
| Resíduos | 6.638,1 | 8.092,9 | 5.455,7 | 21,9% | -32,6% | -17,8% |
| Total | 66.126,1 | 75.577,6 | 92.689,7 | 14,3% | 22,6% | 40,2% |

Fonte: autores

A seguir, a Figura 10 apresenta as participações dos setores nas emissões totais nos anos inventariados.



Fonte: autores

Figura 10 Participação dos setores nas emissões totais do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%)

Analisando-se conjuntamente as emissões do setor de energia (1) e o setor de processos industriais (2) e o uso de produtos (3), observa-se um grande aumento nos centros de transformação (termelétricas, coquearias e carvoarias), principalmente devido à geração elétrica no Estado com gás natural e gás de alto-forno (outras secundárias de carvão mineral) do setor siderúrgico além do estabelecimento de uma nova coquearia. Outro setor que teve grande aumento é o comercial em face do crescimento do consumo de eletricidade (20,0% no primeiro período e 34,8% no segundo período) justamente quando a eletricidade do grid nacional apresentou um conteúdo de carbono (t CO₂/MWh) muito acima da média histórica em função da crise hídrica que levou a um aumento do despacho das termelétricas no país. Tal condição do grid no ano de 2015 impactou as emissões de todos os setores consumidores. Os valores encontram-se na Tabela 20.

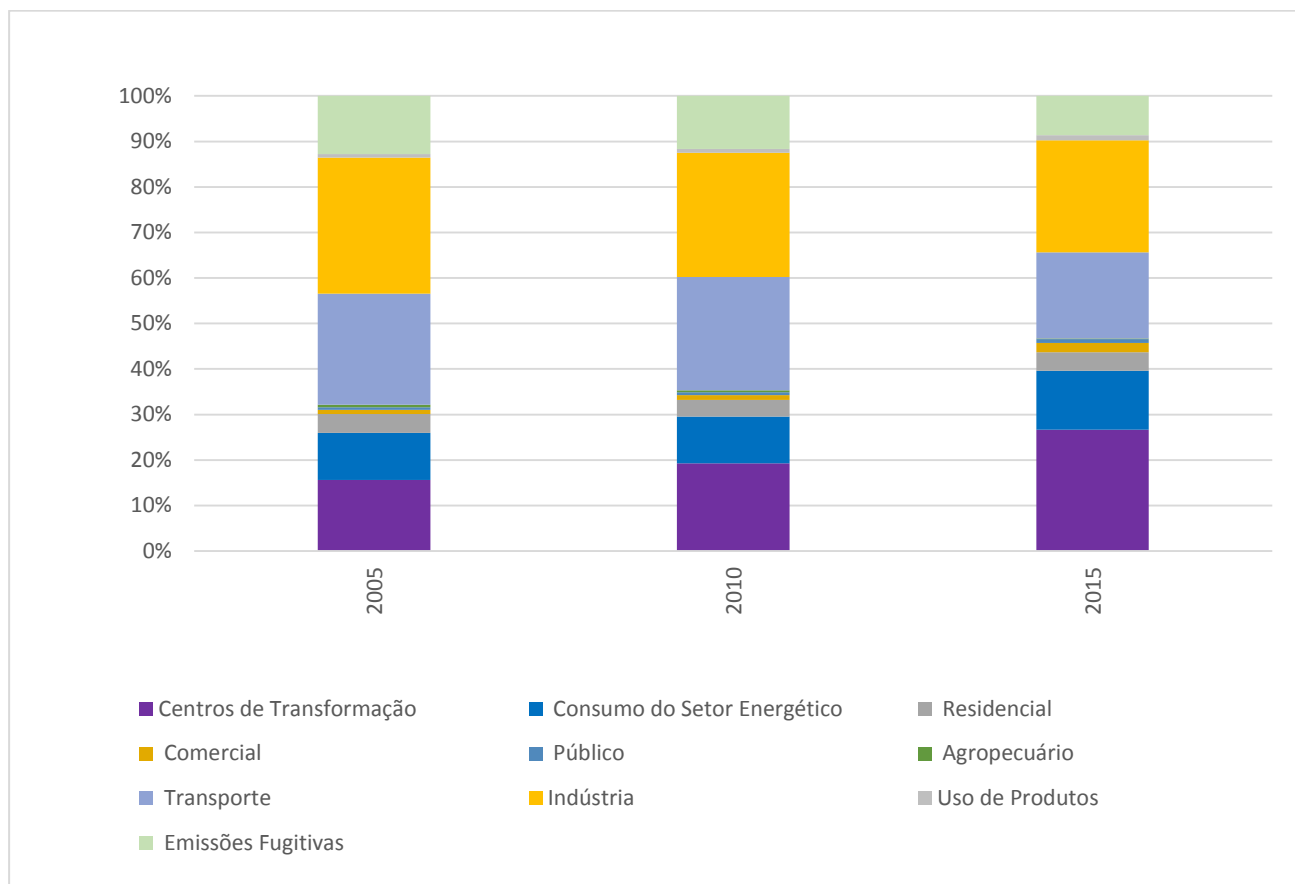
Tabela 20 Emissões de GEE dos setores de energia e processos industriais do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005-2015 (Gg CO₂e) – escopos 1 e 2

| Subsetor | 2005 | 2010 | 2015 | 2010/2005 | 2015/2010 | 2015/2010 |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | Gg CO ₂ e | | | % | | |
| Centros de Transformação | 7.542,3 | 12.082,2 | 22.024,2 | 60,2% | 82,3% | 192,0% |
| Consumo do Setor Energético | 4.986,1 | 6.418,8 | 10.743,0 | 28,7% | 67,4% | 115,5% |
| Residencial | 2.008,3 | 2.313,3 | 3.376,9 | 15,2% | 46,0% | 68,2% |
| Comercial | 437,0 | 650,4 | 1.654,5 | 48,8% | 154,4% | 278,6% |
| Público | 290,2 | 389,1 | 694,8 | 34,1% | 78,6% | 139,5% |
| Agropecuário | 272,1 | 293,6 | 131,9 | 7,9% | -55,1% | -51,5% |
| Transporte | 11.788,4 | 15.591,0 | 15.648,2 | 32,3% | 0,4% | 32,7% |
| Indústria (energia) | 5.412,6 | 6.070,2 | 8.830,5 | 12,1% | 45,5% | 63,1% |
| Indústria (processos industriais) | 9.036,7 | 11.023,5 | 11.527,4 | 22,0% | 4,6% | 27,6% |
| Uso de Produtos (lubrificantes, graxas, parafinas e anestésicos) | 344,1 | 555,7 | 948,3 | 61,5% | 70,7% | 175,6% |
| Emissões Fugitivas* | 6.181,6 | 7.273,8 | 7.098,6 | 17,7% | -2,4% | 14,8% |
| Total | 48.299,4 | 62.661,5 | 82.678,5 | 29,7% | 31,9% | 71,2% |

*emissões de queimadores ou evaporativas de combustíveis fósseis (exploração de óleo e gás, UPGNs, refinarias, etc)

Fonte: autores

A Figura 11 apresenta as participações dos subsetores nas emissões totais de GEE do Setor de Energia e de Processos industriais e Uso de Produtos de 2005 a 2015.



Fonte: autores

Figura 11 Participação dos subsetores nas emissões totais dos setores de energia e de processos industriais e uso de produtos do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%)

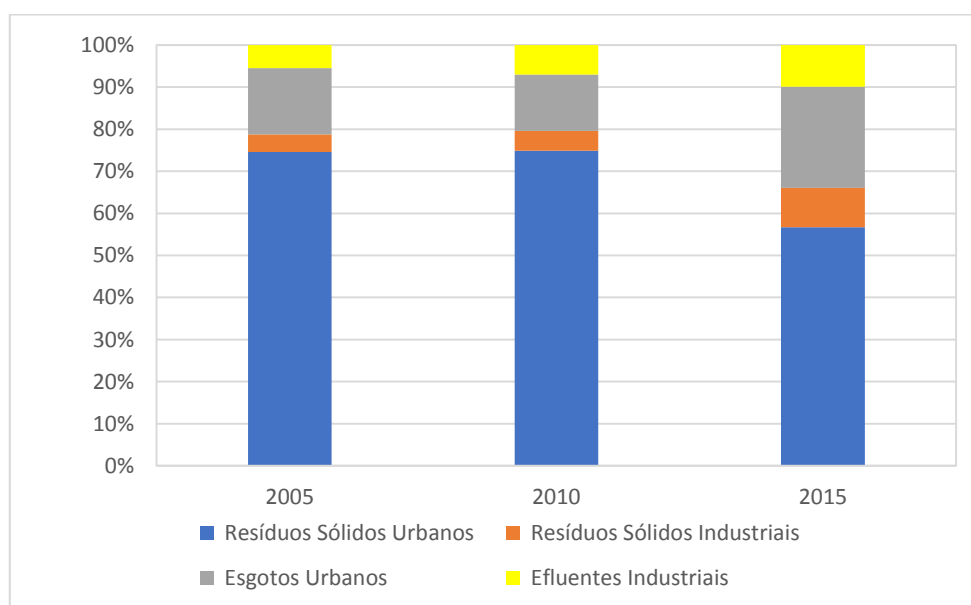
As emissões do Setor Resíduos foram reduzidas em 17,8% no período 2005-2015. Essa redução se deve às emissões de resíduos sólidos urbanos que sofreram uma queda considerável no segundo período, principalmente em função da captura e queima de biogás de aterros sanitários, como pode ser observado na Tabela 21, a seguir:

Tabela 21 Emissões de GEE de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005, 2010 e 2015 (Gg CO₂e)

| Subsetor | 2005 | 2010 | 2015 | 2010/2005 | 2015/2010 | 2015/2005 |
|------------------------------|----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| | Gg CO ₂ e | | | % | | |
| Resíduos Sólidos Urbanos | 4.950,4 | 6.057,6 | 3.092,5 | 22,4% | -48,9% | -37,5% |
| Resíduos Sólidos Industriais | 277,5 | 381,4 | 512,5 | 37,4% | 34,4% | 84,7% |
| Esgotos Urbanos | 1.045,4 | 1.083,0 | 1.311,4 | 3,6% | 21,1% | 25,4% |
| Efluentes Industriais | 364,8 | 570,9 | 539,3 | 56,5% | -5,5% | 47,8% |
| Total | 6.638,1 | 8.092,9 | 5.455,7 | 21,9% | -32,6% | -17,8% |

Fonte: autores

A Figura 12 apresenta as participações dos subsetores do Setor de Resíduos de 2005 a 2015.



Fonte: autores

Figura 12 Participação dos subsetores nas emissões totais do setor de resíduos do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%)

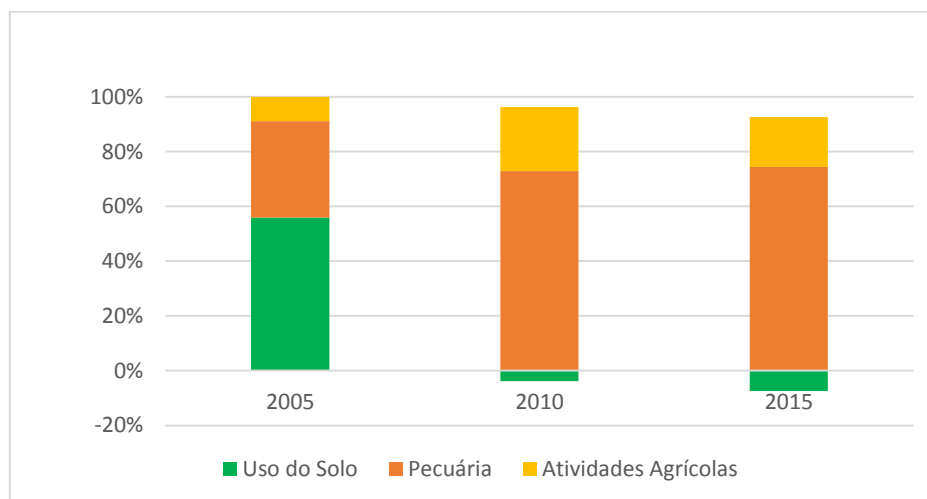
As emissões de Floresta e Outros Usos da Terra caíram significativamente no primeiro e no segundo períodos analisados em razão da redução das taxas de desmatamento, do aumento do reflorestamento de eucalipto, pelo aumento das áreas sob a condição de unidades de conservação e outros incrementos de biomassa, principalmente campo. As emissões de Agricultura se reduziram em razão da redução da área agrícola. Os valores dos subsetores de AFOLU encontram-se na Tabela 22 que mostra uma redução total de 59,3% no período 2005-2015.

Tabela 22 Emissões de GEE do setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra do Estado do Rio de Janeiro, por subsetor, 2005-2015 (Gg CO₂e)

| Subsetor | 2005 | 2010 | 2015 | 2010/2005 | 2015/2010 | 2015/2005 |
|---------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Gg CO ₂ e | | | % | | |
| Uso do Solo | 6.262,9 | - 196,2 | -395,2 | -103,1% | -101,4% | -106,3% |
| Agropecuária | 4.925,7 | 5.019,4 | 4.950,8 | 1,9% | -1,4% | 0,5% |
| Pecuária | 3.939,6 | 3.802,4 | 3.977,4 | -3,5% | 4,6% | 1,0% |
| <i>Fermentação Entérica</i> | 3.696,7 | 3.556,2 | 3.745,5 | -3,8% | 5,3% | 1,3% |
| <i>Manejo de Dejetos</i> | 242,9 | 246,2 | 231,9 | 1,3% | -5,8% | -4,5% |
| Atividades Agrícolas | 986,0 | 1.217,0 | 973,4 | 23,4% | -20,0% | -1,3% |
| <i>Calagem</i> | 206,7 | 161,4 | 104,5 | -21,9% | -35,3% | -49,5% |
| <i>Cultivo Arroz</i> | 39,0 | 13,5 | 0,7 | -65,4% | -95,2% | -98,3% |
| <i>Queima da Cana-de-Açúcar</i> | 88,0 | 61,7 | 45,3 | -29,9% | -26,6% | -48,6% |
| <i>Solos Agrícolas</i> | 648,4 | 976,1 | 819,0 | 50,5% | -16,1% | 26,3% |
| <i>Uso de Ureia</i> | 3,8 | 4,2 | 4,0 | 10,9% | -5,3% | 5,1% |
| Total | 11.188,6 | 4.823,2 | 4.555,6 | -56,9% | -5,5% | -59,3% |

Fonte: autores

A Figura 13 apresenta as participações dos subsetores nas emissões de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra do Estado de 2005 a 2015.



Fonte: autores

Figura 13 Participação dos subsetores nas emissões totais do setor de AFOLU do Estado do Rio de Janeiro, 2005-2015 (%)

Na Tabela 23 encontram-se indicadores de evolução das emissões, inclusive aqueles considerados na Política Estadual Sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável. Observa-se que as emissões totais cresceram 40,2% no período 2005-2015. Foram atenuadas pela redução das emissões do desmatamento, setor que na realidade sequestrou carbono da atmosfera. Sem esse sequestro as

emissões teriam crescido em 55,5%. Nesse período, o PIB cresceu 25,6%, resultando em um aumento do indicador de conteúdo de carbono do PIB. O mesmo se observa com relação às emissões per capita.

Tabela 23 Evolução das emissões de GEE e indicadores do Estado do Rio de Janeiro, 2005, 2010 e 2015

| Indicadores anuais | 2005 | 2010 | 2015 | 2015/2005 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Emissões totais (milhões de toneladas) | 66,13 | 75,58 | 92,69 | 40,2% |
| Emissões sem floresta (milhões de toneladas) | 59,86 | 75,77 | 93,08 | 55,5% |
| PIB (bilhão de Reais a preços de 2014) | 494,76 | 591,22 | 621,22 | 25,6% |
| População (milhões de hab.) | 15,38 | 15,99 | 16,55 | 7,6% |
| tCO ₂ e/PIB (mil Reais)* | 0,13365 | 0,12783 | 0,14921 | 11,6% |
| tCO ₂ e sem floresta/PIB (mil Reais)ano | 0,12099 | 0,12817 | 0,14984 | 23,8% |
| tCO ₂ e total/habitante | 4,30 | 4,73 | 5,60 | 30,3% |
| kgCO ₂ e/habitante – setor de esgotos sanitários* | 68,0 | 67,7 | 79,2 | 16,6% |
| kgCO ₂ e/habitante – setor de resíduos sólidos * | 321,81 | 378,74 | 186,86 | -41,9% |
| Mt CO ₂ e – setor de transportes** | 11,79 | 15,59 | 15,65 | 32,7% |
| Mt CO ₂ e – setor público * | 0,29 | 0,39 | 0,69 | 139,5% |

* indicador da política estadual com meta para 2030 relativamente a 2005.

** indicador da política estadual com meta para 2030 relativamente a 2010.

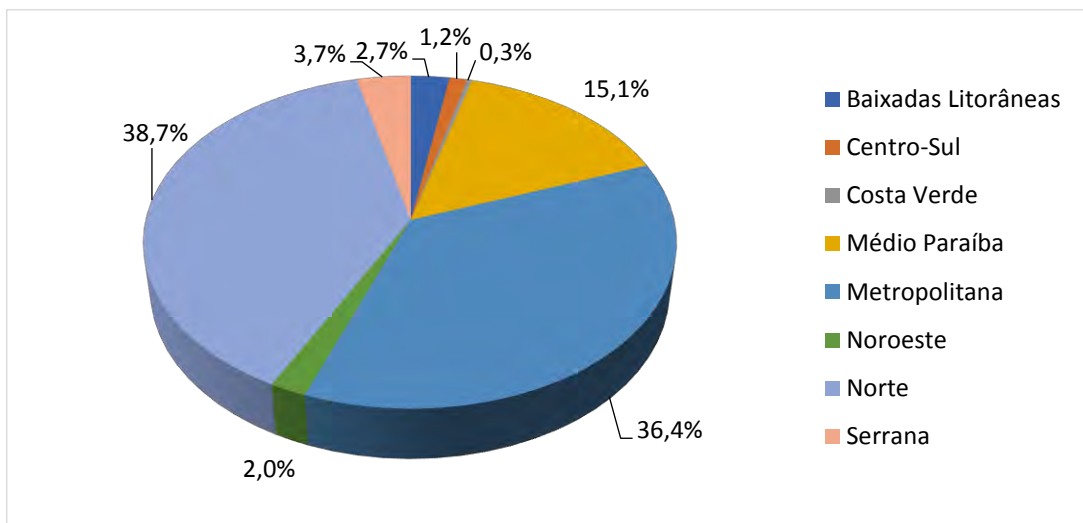
Fonte: autores

Em síntese, a avaliação das metas de mitigação da Política em face da evolução dos indicadores permite concluir que:

- A meta geral de mitigação de intensidade de carbono do PIB que em 2030 deve ser inferior a 2005 em verdade cresceu 11,6% no período 2005-2015, requerendo uma ampliação dos esforços de mitigação.
- As metas setoriais de mitigação, consideradas as trajetórias das emissões até o momento, poderão ser alcançadas parcialmente. É o caso da meta de emissões de Resíduos Sólidos que prevê uma redução de 65% em 2030 relativamente a 2005 (em kg CO₂e/hab./ano) e que até o momento já alcançou uma redução de 42%. Já a meta para o Setor de Esgotamento Sanitário que prevê igual mitigação à do Setor de Resíduos Sólidos (redução de 65% em 2030 relativamente a 2005, em kg CO₂e/hab./ano), até o momento apresenta tendência inversa, posto que as emissões cresceram 17% em igual período. O mesmo ocorre com o Setor de Transportes e o Setor Público. O primeiro prevê uma redução de 30% em 2030 relativamente a 2010 (em Gg CO₂e/ano), mas cresceu 0,4% no período em questão, e 33% entre 2005 e 2015, como apresentado na Tabela 23. O segundo deve sofrer redução de 30% em 2030 relativamente a 2005 (em Gg CO₂e/ano) mas também sofreu aumento que alcançou 140%.

6. Consolidação das Emissões Regionais

A região mais emissora do Estado do Rio de Janeiro em 2015 foi a Região Norte Fluminense, sendo 94,8% de suas emissões oriundas do setor energético tendo em vista que a economia da região é fortemente baseada nas atividades ligadas ao setor de óleo e gás. Em seguida vem a Região Metropolitana, com 70,7% de suas emissões oriundas do consumo de energia, principalmente transporte, dado que se trata da região com o maior número de habitantes. As participações estão nas Figuras 14 e 15, a seguir:



Fonte: autores

Figura 14 Participação das regiões de governo nas emissões totais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

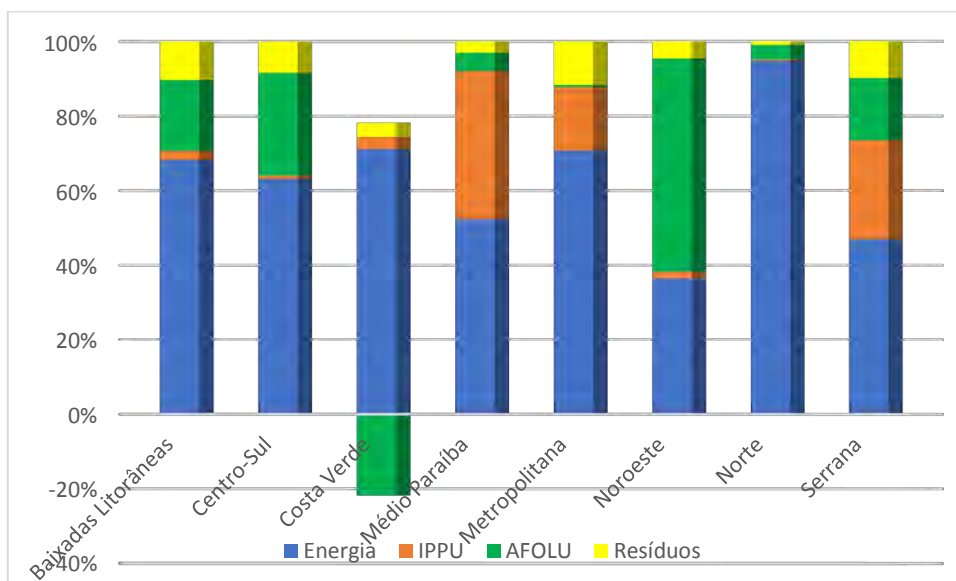
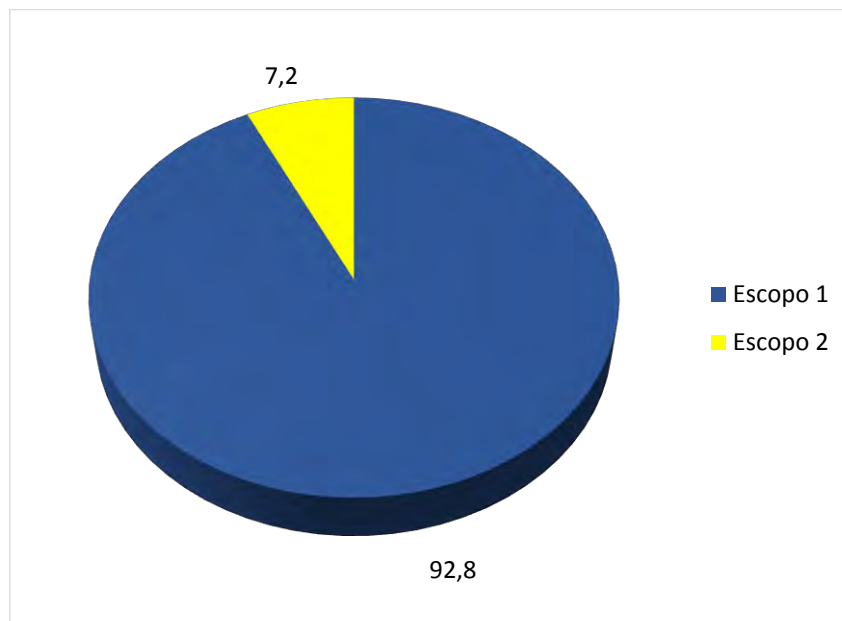


Figura 15 Participação dos setores nas emissões regionais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

7. Consolidação das Emissões por Escopo

As emissões por escopo (escopo 1 e escopo 2) estão apresentadas na Figura 16 e refletem as emissões totais do Estado, em 2015. As emissões de escopo 1 são aquelas que ocorreram nos limites geográficos do Estado e alcançaram 85.978,2 Gg CO₂e. As de escopo 2 são aquelas relativas ao consumo de eletricidade da rede interligada nacional (*grid*) e totalizaram 6.711,6Gg CO₂e. As emissões de escopo 3 alcançaram 3.179,4 Gg CO₂e e se referem às emissões da mineração do carvão e da produção do coque, do etanol e do clínquer importados e que foram utilizados na economia fluminense. Como mencionado, as emissões de escopo 3 não são incluídas no total das emissões do Estado.



Fonte: autores

Figura 16 Participação dos escopos nas emissões totais de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015 (%)

8. 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 Estado do Rio de Janeiro estão sujeitos 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. A Tabela 24 apresenta a avaliação.

Tabela 24 Avaliação das incertezas nas estimativas do inventário de emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro, em 2015

| Setores | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | Demais Gases |
|---|-----------------|-----------------|------------------|--------------|
| Energia | | | | |
| Setor energético | Média | Média | Média | n.a. |
| Residencial | Média | Média | Média | n.a. |
| Comercial | Média | Média | Média | n.a. |
| Público | Média | Média | Média | n.a. |
| Agropecuário | Média | Média | Média | n.a. |
| Transporte | | | | |
| <i>Rodoviário</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Ferrovário</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Aéreo</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Hidroviário</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| Indústria | | | | |
| <i>Extração e tratamento de minerais</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Minerais não metálicos</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Metalúrgico</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Papel e celulose</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Químico</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Têxtil</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Produtos alimentícios</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Bebidas</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Outras indústrias</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| Emissões fugitivas | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| Bunkers (não contabilizado no total) | Alta | Alta | Alta | n.a. |

| Setores | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | Demais Gases |
|--|-----------------|-----------------|------------------|--------------|
| IPPU | | | | |
| Indústria mineral | | | | |
| <i>Produção de cimento</i> | Baixa | Baixa | Baixa | n.a. |
| <i>Produção de cal</i> | Médio | Média | Média | n.a. |
| <i>Produção de vidro</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| <i>Produção de cerâmica</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Uso de Carbonatos</i> | Baixa | Baixa | Baixa | n.a. |
| Indústria química | | | | |
| <i>Produção de metanol</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Produção de etileno</i> | Média | Média | Média | n.a. |
| Indústria metalúrgica | | | | |
| <i>Produção de sinter</i> | Baixa | Baixa | Baixa | n.a. |
| <i>Produção de gusa e aço</i> | Baixa | Baixa | Baixa | n.a. |
| <i>Produção de alumínio</i> | Baixa | Baixa | Baixa | n.a. |
| Uso de produtos | | | | |
| <i>Lubrificantes</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Uso de graxas</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Parafinas</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Anestésicos</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Refrigeração e ar-condicionado</i> | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| <i>Equipamentos elétricos</i> | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| AFOLU | | | | |
| Uso do Solo | Baixa | n.a. | n.a. | n.a. |
| Pecuária | | | | |
| <i>Fermentação entérica</i> | n.a. | Baixa | n.a. | n.a. |
| <i>Manejo de dejetos</i> | n.a. | Baixa | Baixa | n.a. |
| Agricultura | | | | |
| <i>Cultivo arroz</i> | n.a. | Média | n.a. | n.a. |
| <i>Queima da cana-de-açúcar</i> | n.a. | Baixa | Baixa | n.a. |
| <i>Uso de fertilizante nitrogenado</i> | n.a. | n.a. | Média | n.a. |
| <i>Uso de calcário e dolomita</i> | Média | n.a. | n.a. | n.a. |
| <i>Uso de ureia</i> | Baixa | n.a. | n.a. | n.a. |
| RESÍDUOS | | | | |
| <i>Resíduos sólidos urbanos</i> | n.a. | Baixa | n.a. | n.a. |
| <i>Resíduos sólidos industriais</i> | n.a. | Alta | n.a. | n.a. |
| <i>Resíduos de saúde</i> | Alta | Alta | Alta | n.a. |
| <i>Esgotos urbanos</i> | n.a. | Média | Média | n.a. |
| <i>Efluentes industriais</i> | n.a. | Média | Média | n.a. |

n.a. = não se aplica

Fonte: autores

Referências Bibliográficas

- AQUINO, L. C. S. Estimativa do estoque de carbono das principais paisagens florestais brasileiras. In: SIMPÓSIO MUNDIAL DE RESTAURAÇÃO DA PAISAGEM FLORESTAL, 2005, Petrópolis, RJ. **Anais...** Petrópolis, RJ: [s.n.], 2005.
- ARAÚJO, D. S.; MACIEL, N. C. **Os manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1979. 82 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Anuário da indústria química brasileira**, 2015. São Paulo: ABIQUIM, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2015. São Paulo, 2016. 92 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
- _____. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 2 ago. 2010.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceiro inventário de emissões anuais de gases de efeito estufa do Brasil. In: _____. **Terceira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: jun. 2017.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. In: _____. **Terceira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: jun. 2017.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2015**: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília, 2017. 173 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Anuário estatístico do setor de transformação de não-Metálicos 2016**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/sgm/menu/publicacoes.html>>. Acesso: abr. 2017.

_____. **Balancos energéticos estaduais 2000, 2012, 2015**: matrizes energéticas, matrizes de emissões, indicadores. Brasília, 2016.

_____. **Balancos energéticos estaduais 2000, 2012, 2015**: matrizes energéticas, matrizes de emissões, indicadores. Brasília, 2016.

BRASKEM. **Produção de etileno** [Mensagem Pessoal]. Recebida em abr. 2017.

COMPANHIA ÁGUAS DE NITERÓI. **Comunicação oficial**: coleta e tratamento de esgotos pela Companhia Águas de Niterói em 2015 [mensagem pessoal]. Mensagem enviada em 18 abr. 2017.

COMPANHIA ÁGUAS DO IMPERADOR. **Comunicação oficial**: coleta e tratamento de esgotos pela Companhia Águas do Imperador em 2015 [mensagem pessoal]. Mensagem enviada em 24 abr. 2017.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS (Rio de Janeiro). **Comunicação oficial**: coleta e tratamento de esgotos pela Cedae em 2015 [mensagem pessoal]. Mensagem enviada em 20 abr. 2017.

CONSÓRCIO ECOLÓGICO COBRAPE E OIKOS. **Elaboração do zoneamento ecológico-econômico do Estado do Rio de Janeiro**: síntese: tendência de ocupação e uso territorial. Rio de Janeiro: SEA, 2016. 341 p. Disponível em: <<http://www.zee-rj.com.br/Produto/P%C3%A1gina/2>>. Acesso em: jun. 2017.

DEMARCHI, J. J. A. A. et al. Emissões de gases de efeito estufa e práticas mitigadoras em ecossistemas agropecuários: bovinos de corte. **Pesquisa e Tecnologia**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2006. Disponível em: <http://www.apta regional.sp.gov.br/index.php/component/docman/doc_view/287-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-praticas-mitigadoras-em-ecossistemas-agropecuarios-bovinos-de?Itemid=284>. Acesso em: jun. 2017.

EGGLESTON, S. et al. (Ed.) **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**, 2006. Kanagawa, Japan: IGES, 2006.

EMATER RIO. Acompanhamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <<http://www.emater.rj.gov.br/tecnica.asp>>. Acesso em: jun. 2017.

FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO. **Produto Interno Bruto, Produto Interno Bruto per capita, população residente e relação PIB Rio de Janeiro PIB Brasil, Brasil e Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2016.

FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO; CENTRO DE ESTATÍSTICAS, ESTUDOS E PESQUISAS, COORDENADORIA DE POLÍTICAS ECONÔMICAS. **Boletim de conjuntura econômica fluminense**, Rio de Janeiro, ano 6, n. 12, mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Disponível em:

- <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/default.shtm>>.
Acesso em: jun. 2017.
- _____. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD):** síntese de indicadores 2015. Rio de Janeiro, 2016. 108 p.
- _____. Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp>>. Acesso em: maio 2017.
- _____. Sistema IBGE de Recuperação Automática: banco de tabelas estatísticas: tabela 3653: produção física industrial, por seções e atividades industriais. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: jun. 2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Rio de Janeiro)- Equipe da Coordenadoria de Gestão do Território (COGET). Reunião técnica e fornecimento de dados.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Rio de Janeiro). **Comunicação oficial:** volume de lixo depositado em aterros licenciados no Estado do Rio de Janeiro em 2015. [Rio de Janeiro: s.n., 2015/2016].
- _____. **Mapa de uso e cobertura do solo do Estado do Rio de Janeiro:** anos-base 2007, 2013 e 2015. Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **O estado do ambiente:** indicadores ambientais do Rio de Janeiro 2010. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **Comunicação oficial:** lista de incineradores em operação do Estado do Rio de Janeiro em 2015 (Levantamento GELIN) [Mensagem pessoal]. Mensagem enviada em 1 jun. 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014:** synthesis report. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014. 151 p.
- LA ROVERE E. L. et al. **Análise das perspectivas de atingimento das metas de redução das emissões de gases de efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro em 2016.** Rio de Janeiro: COPPE, 2016. 40 p.
- LA ROVERE E. L. et al. **Avaliação dos impactos de cenários das políticas de mitigação das mudanças climáticas no setor de petróleo e gás no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: CENPES, 2011.
- LA ROVERE, E. L. **Diagnóstico preliminar de resíduos sólidos da cidade do Rio de Janeiro 2015.** Rio de Janeiro: COOPE, 2015.
- LA ROVERE, E. L. et al. **Inventário das emissões de gases de efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro e atualização do plano de ação municipal para redução das emissões.** Rio de Janeiro: COPPE: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2013.
- PROGRAMA DE AUTOCONTROLE DE EFLUENTES LÍQUIDOS. **Comunicação oficial:** coleta e tratamento de esgotos no Estado do Rio de Janeiro em 2015 [mensagem pessoal]. Mensagem enviada em 17 fev. 2017.

REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÕES PARA A SAÚDE. Internações hospitalares: indicadores de cobertura: F.3 números de internações hospitalares. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?idb2010/f03.def>>. Acesso em: abr. 2017

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. **Reunião técnica para fornecimento de dados** [mensagem pessoal]. Recebida em 30 jan. 2017.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços. **Balanco energético do Estado do Rio de Janeiro 2015**: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2016.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente. **Plano estadual de resíduos sólidos do Rio de Janeiro**: relatório síntese – 2013. Rio de Janeiro, 2013. 140 p.

_____. **Programa Lixão Zero**, 2016 [mensagem pessoal]. E-mail enviado em 01 jun. 2017.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente; CENTROCLIMA. **Segundo inventário de emissões de gases de efeito estufa do Estado do Rio de Janeiro**, 2010. Rio de Janeiro: SEA, 2013. Disponível em: <http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1925947/DLFE67153.pdf/SEA_InventarioProduto4_FINAL.pdf>. Acesso em: jun. 2017.

_____. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do Estado Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2007.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Hucitec: Edusp, 1979.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; ESCOLA SUPERIOR DE PROPAGANDA E MARKETING. **Cerâmica vermelha para construção**: telhas, tijolos e tubos: relatório Completo. Rio de Janeiro, 2008.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (Brasil). **Comunicação pessoal** [Mensagem pessoal]. Recebida em abr. 2017.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories**: an accounting and reporting standard for cities. Washington, DC: World Resources Institute, 2014. 176 p.