Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010 – 2018

CIDADE DE SÃO PAULO
VERDE E MEIO AMBIENTE

2022

CIDADE DE
SÃO PAULO
VERDE E
MEIO AMBIENTE

Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010 – 2018

pela Metodologia GPC/Modo Basic

Laura Lucia Vieira Ceneviva (coordenação)
Fábio Pedó (compilação geral)

São Paulo, março de 2022

Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010 – 2018

Período 2019 -2020
Bruno Covas – Prefeito do Município de São Paulo
Secretaria do Verde e do Meio Ambiente
Eduardo de Castro – Secretário
Luiz Ricardo Viegas de Carvalho – Secretário Adjunto
Rodrigo Pimentel Pinto Ravena – Chefe de Gabinete
Laura Lucia Vieira Ceneviva – Secretária Executiva do Comitê de Mudança do Clima e Ecoeconomia

Período 2021 -2022
Ricardo Nunes – Prefeito do Município de São Paulo
Secretaria do Verde e do Meio Ambiente
Eduardo de Castro – Secretário
Carlos Eduardo Guimarães de Vasconcellos – Secretário Adjunto
Rodrigo Pimentel Pinto Ravena – Chefe de Gabinete
Laura Lucia Vieira Ceneviva – Coordenadora do Núcleo Assessoria Técnica em Mudanças Climáticas

Equipe Técnica
Secretaria do Verde e do Meio Ambiente
Laura Lucia Vieira Ceneviva – Coordenadora
Fábio Pedó – Compilador Geral
Jane Zilda dos Santos Ramires
Débora Cristina Santos Diogo
Tatiana de Vasconcelos Menezes Paz

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.
Texto, editoração e projeto gráfico: Núcleo Assessoria Técnica em Mudanças Climáticas da SVMA.
Capa: fotografia de Caroline Falcão.

Ficha Catalográfica

São Paulo (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Núcleo Assessoria Técnica em Mudanças Climáticas da SVMA. Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010 – 2018. Coordenação: Laura Lucia Vieira Ceneviva. Compilação geral: Fábio Pedó. São Paulo, SVMA, 2022.

88p: il. 2MB.

1. Mudanças climáticas. 2. Inventário. 3. Emissões de gases de efeito estufa. 4. Meio Ambiente. 5. Políticas públicas. 6. Desenvolvimento sustentável. I. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. II. Ceneviva, Laura Lucia Vieira.

ISBN 978-65-87274-08-9

Índice

Relação de siglas e abreviaturas 6
Lista de Tabelas e Figuras 8
1 Apresentação 9
2 Gases de efeito estufa e a questão climática 10
2.1 O aquecimento global e os gases de efeito estufa 10
2.2 Potencial de Aquecimento Global 11
2.3 Características de um inventário 12
2.3.1 Inventários de empresas 14
2.3.2 Inventários com base em consumo 14
2.4 Sistema de Registro Nacional de Emissões - SIRENE 15
2.5 Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Brasil pelo Observatório do Clima 15
2.6 As negociações globais do clima 16
2.7 Os desafios pós Conferência de Glasgow 18
2.8 Promover desenvolvimento econômico inclusivo e de baixo carbono 20
3 Inventários de gases de efeito estufa do Município de São Paulo 23
4 A metodologia GPC 25
4.1 Antecedentes 25
4.2 A metodologia 27
5 Inventário de gases de efeito estufa 2010 – 2018 31
5.1 Emissões totais de GEE do Município de São Paulo 32
5.2 Emissões por setores 34
5.2.1 Setor Transporte 34
5.2.1.1 Transporte Rodoviário 36
5.2.1.2 Transporte Ferroviário 41
5.2.1.3 Transporte Aeroviário 42
5.2.1.4 Transporte Aquaviário 43
5.2.2 Setor Energia Estacionária 43
5.2.3 Setor Resíduos 52
5.2.3.1 Aterros Sanitários 54
5.2.3.2 Tratamento Biológico 58
5.2.3.3 Incineração 59
5.2.3.4 Efluentes Líquidos 60
6 Considerações finais 64
Bibliografia 68
Índice remissivo 84

Relação de siglas e abreviaturas

AFOLU	*Agriculture, Forestry and Other Land Use* (Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra)
AMLURB	Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AR5	*IPCC Fifth Assessment Report* – 2014 (Quinto Relatório de Avaliação do IPCC – 2014)
AR6	*IPCC Sixth Assessment Report* – 2021 (Sexto Relatório de Avaliação - 2021)
C40	C40 Cities Climate Leadership Group (Grupo de Liderança Climática de Cidades C40)
CDR	Centro de Disposição de Resíduos
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFC	Clorofluorcarbonos
CH_4	Metano
CIRIS	*City Inventory Reporting and Information System* (Sistema de Informação e Reporte de Inventário da Cidade)
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO_2	Dióxido de Carbono
CO_2e	Dióxido de Carbono Equivalente
$CO_2(b)$	Dióxido de Carbono Biogênico
COMGÁS	Companhia de Gás de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes da Convenção do Clima
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
EAC	Etanol Anidro Combustível
EHC	Etanol Hidratado Combustível
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
GCoM	Global Covenant of Mayors for Climate and Energy (Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia)
GEE	Gás de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo

GN	Gás Natural
GPC	*Global Protocol for Community Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade)
GWP	*Global Warming Potential* (Potencial de Aquecimento Global)
HFC	Hidrofluorcarbonos
ICLEI	Local Governments for Sustainability (Governos Locais pela Sustentabilidade)
iCS	Instituto Clima e Sociedade
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)
IPPU	*Industrial Processes and Product Use* (Processos Industriais e Uso de Produtos)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
METRÔ	Companhia do Metropolitano de São Paulo
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PFC	Perfluorcarbonos
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PlanClima SP	Plano de Ação Climática do Município de São Paulo
PMMC	Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve),
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SF_6	Hexafluoreto de Enxofre
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
SMSUB	Secretaria Municipal das Subprefeituras
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPTrans	São Paulo Transporte S/A
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
TJ	Terajoule
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)
WRI	World Resources Institute

Lista de Tabelas e Figuras

Tabelas

Tabela 1: Fontes de emissão e escopos cobertos pelo GPC. 29
Tabela 2: Emissões totais de GEE e por setores de emissão relativas ao período 2010 – 2018 do Município de São Paulo. 32
Tabela 3: Emissões de GEE do setor Transporte por subsetor e fonte de energia. 35
Tabela 4: Teores obrigatórios de etanol anidro na mistura carburante da gasolina C no Brasil. 37
Tabela 5: Percentual de biodiesel adicionado ao óleo diesel no Brasil. 37
Tabela 6: Consumo energético do subsetor Transporte Rodoviário por fontes de energia. .. 38
Tabela 7: Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por fontes energéticas. 39
Tabela 8: Vendas de etanol hidratado e gasolina C. 40
Tabela 9: Emissões de GEE do subsetor Transporte Aeroviário por tipo de combustível (Escopo 1). 42
Tabela 10: Consumo energético do setor Energia Estacionária por subsetores. 45
Tabela 11: Consumo energético do setor Energia Estacionária por fonte energética. 46
Tabela 12: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por subsetores. 48
Tabela 13: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por fontes energéticas. 49
Tabela 14: Emissões de GEE e consumo de energia do setor Energia Estacionária por fontes energéticas no ano 2018. 51
Tabela 15: Emissões do setor Resíduos por subsetores. 53
Tabela 16: Gravimetria das frações dos resíduos sólidos domiciliares coletados. 55
Tabela 17: Quantidades de resíduos sólidos por tipos, tratamentos e destinações. 57
Tabela 18: Emissões antropogênicas do subsetor Aterros Sanitários por escopos. 58
Tabela 19: Emissões biogênicas não contabilizadas do subsetor Aterros Sanitários por escopos. 58
Tabela 20: Quantidades de resíduos sólidos orgânicos encaminhados para compostagem. . 59
Tabela 21: Emissões de GEE (CH_4 e N_2O) da compostagem de resíduo sólidos. 59
Tabela 22: Quantidade de resíduos de serviços de saúde incinerados. 59
Tabela 23: Emissões de GEE do subsetor Incineração (Resíduos de Saúde). 60
Tabela 24: Volume de esgoto do Município de São Paulo tratado em ETEs. 61
Tabela 25: Volume total de esgoto estimado por escopo. 61
Tabela 26: Emissões de GEE (CH_4 e N_2O) por escopos no subsetor Efluentes Líquidos. 63

Figuras

Figura 1: Estrutura setorial do método GPC. 28
Figura 2: Participação dos setores nas emissões de GEE acumuladas de 2010 a 2018. 32
Figura 3: Emissões de GEE totais e por setores. 33
Figura 4: Emissões do setor Transporte por subsetores e fontes energéticas. 36
Figura 5: Consumo energético do subsetor Transporte Rodoviário, por fontes. 38
Figura 6: Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por fontes energéticas. 40
Figura 7: Consumos energéticos (TJ) e emissões somadas (tCO_2e) de etanol hidratado e gasolina C. 41
Figura 8: Consumo de energia dos subsetores de Energia Estacionária. 46
Figura 9: Consumo energético do setor Energia Estacionária por fontes de energia. 47
Figura 10: Emissões de GEE dos subsetores do setor Energia Estacionária. 48
Figura 11: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por fonte energética. 49
Figura 12: Fator de emissão do Sistema Interligado Nacional - SIN 50
Figura 13: Emissões da eletricidade no setor Energia Estacionária (tCO_2e). 50
Figura 14: Consumo energético (a) e emissões de GEE (b) por fontes energéticas no setor Energia Estacionária em 2018. 51
Figura 15: Evolução das emissões de GEE dos subsetores do setor Resíduos. 53

1 Apresentação

A Prefeitura do Município de São Paulo, através da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, apresenta os resultados do Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Município de São Paulo referente ao período de 2010 a 2018. Os dados dos Inventários dos anos 2010 a 2017 já foram divulgados em 2019 e 2020, e os resultados do Inventário 2018 foram divulgados recentemente, em dezembro de 2021 (São Paulo/Município, 2021a).

A realização deste Inventário atende à obrigação estabelecida pela Lei nº 14.933, de 05 de junho de 2009, que instituiu a Política Municipal de Mudança do Clima no Município de São Paulo. O inventário fez parte do Programa de Metas 2019 – 2020 e é parte integrante do Programa de Metas 2021 – 2024. O Grupo C40 de Grandes Cidades pela Liderança Climática, com apoio do Governo Britânico, ofereceu capacitação e treinamento na metodologia do Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Escala Comunitária (GPC), permitindo que uma equipe técnica de funcionários da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura de São Paulo elaborasse inventários, entre os quais aqueles que subsidiaram o Plano de Ação Climática de São Paulo 2020 – 2050 (PlanClima SP[1]).

A mudança do clima, causada pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, é considerada um dos maiores desafios do século XXI. Ela já impacta toda a vida no nosso Planeta, e, segundo as projeções apontadas no último relatório do IPCC[2], o AR6, o aquecimento global atingirá ou excederá 1,5 °C mais cedo do que se esperava. Ações ambiciosas deverão ser tomadas para frear essa escalada, com cortes urgentes de emissões, de modo a prevenir impactos de maior magnitude, principalmente nas cidades, onde reside a maior parte da população global. Portanto, é necessário inventariar essas emissões de forma consistente e contínua.

Os inventários têm como objetivo analisar as emissões de GEE direta ou indiretamente resultantes das atividades humanas, através do levantamento das fontes e sumidouros, bem como estimar as suas contribuições, agregadas em setores de emissão. A partir das informações dos inventários, é possível modelar futuros cenários de emissões, encontrar oportunidades para ações de mitigação, elaborar políticas públicas, etc. A compilação desses resultados é fundamental para apoiar e subsidiar quaisquer tomadores de decisão no desenvolvimento de estratégias e planejamento de ações de curto, médio e longo prazos, com base em evidências e conhecimento científico, tendo por objetivo a transição para uma economia de baixo carbono, mais sustentável.

---

[1] Instituído pelo Decreto nº 60.289, de 03 de junho de 2021.

[2] O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, que é conhecido pela sigla de seu nome em inglês, IPCC, é o órgão da Organização das Nações Unidas que faz a avaliação da ciência produzida sobre a mudança do clima. Seu objetivo é oferecer aos governos de todos os níveis a informação científica para que possam desenvolver políticas climáticas (IPCC, 2022).

2 Gases de efeito estufa e a questão climática

2.1 O aquecimento global e os gases de efeito estufa

O aquecimento global e a consequente mudança do clima no Planeta, provocaram muitas discussões sobre suas causas e seus efeitos para a vida como a conhecemos. Entretanto, os avanços da ciência e do conhecimento têm continuadamente demonstrado que o aumento constante das emissões antrópicas de GEE na atmosfera intensifica o efeito estufa, causando o aquecimento global.

O efeito estufa é um fenômeno natural responsável pelo aquecimento da Terra, e consequentemente, pela manutenção da vida nela existente, em suas diferentes formas. Os gases preponderantes na atmosfera, nitrogênio (78,1%) e oxigênio (20,9%), por serem transparentes tanto à radiação infravermelha como à luz visível, não contribuem para o efeito estufa. Dentre os demais gases, vapor d'água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) e ozônio (O_3) são os principais GEE, mas existem vários outros, fabricados pela humanidade, como os hidrofluorcarbonos, perfluorcabonos, hexafluoreto de enxofre e outras substâncias com cloro e bromo utilizadas.

A presença dos GEE e a troca de energia entre a superfície e a atmosfera terrestre possibilitam uma temperatura média global em torno de 15 °C. Assim, em situações em que existe equilíbrio entre a radiação solar incidente e a energia emergente da superfície terrestre, o clima se manterá praticamente inalterado.

Sem os GEE, a temperatura média próxima à superfície da Terra não seria de 15 °C, mas seria negativa, cerca de 18 °C abaixo de zero. A energia emitida pelo Sol chega à Terra na forma de luz visível e radiação ultravioleta e, devido à menor temperatura do Planeta, parte dessa energia recebida é emitida de volta na forma de radiação infravermelha (calor). Ao cruzar a atmosfera no retorno ao espaço, a maior parte desse calor (acima de 90%) é capturada pelos GEE e reemitida em todas as direções, inclusive de volta para a superfície da Terra. Se há um aumento na quantidade de GEE na atmosfera, mais calor fica retido, por mais tempo, e mais cedo ou mais tarde a temperatura vai aumentar, tanto mais quanto maior a proporção de GEE na atmosfera (IPCC, 1990).

A medida da influência de um fator natural ou antropogênico[3] na alteração do balanço da energia solar incidente (radiação de onda curta e luz visível) e da energia emergente do sistema Terra-atmosfera é denominada forçamento radiativo (IPCC, 2007). Considerando: a) os forçamentos positivos, especialmente os devidos ao CO_2 (reduzindo o fluxo de radiação de onda longa perdida para o espaço sideral) e ao vapor d'água (aumenta na atmosfera com a elevação do aquecimento); b) os forçamentos negativos (aumentam a radiação retornada para o espaço), a exemplo do aumento de nuvens (resultado de mais vapor d'água na atmosfera) que refletem a energia solar incidente; resulta que o

[3] Antropogênico: que é produzido pelo homem.

balanço de energia está positivo (há mais energia no sistema). Esse balanço positivo, resultante dos forçamentos positivos maiores do que os negativos, devidos aos GEE antropogênicos aumentados, está contribuindo para o aquecimento global.

As predições teóricas sobre o aquecimento global são amplamente comprovadas pela climatologia. De fato, a atividade humana tem alterado a composição dos gases atmosféricos, o que aumenta a proporção de GEE e a temperatura observada historicamente. Tudo isso tende a mudar ainda mais a temperatura futura da atmosfera. O amplo uso de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, tem provocado a elevação das concentrações de GEE na atmosfera, causando o aquecimento global e alterando o sistema climático.

2.2 Potencial de Aquecimento Global

O Potencial de Aquecimento Global, que também é conhecido pela sua sigla em inglês GWP, de *Global Warming Potential*, representa os efeitos combinados dos diferentes tempos em que cada um dos GEE permanece na atmosfera e a sua eficácia relativa em provocar forçamento radiativo e aquecer o Planeta (IPCC, 2021a). Ele é uma medida que define o quanto uma determinada quantidade de GEE contribui para o aquecimento global. Também permite a comparação de gases diferentes entre si, ao medir quanta energia será absorvida por 1 tonelada de um GEE em um dado período (comumente 100 anos, mas também há outros períodos) relativamente a 1 tonelada de CO_2, que é a unidade de referência para a medição dos demais GEE. Quanto maior o valor, mais aquecimento poderá ser causado (EPA, s.d.).

Ocorre que há gases que permanecem mais ou menos tempo na atmosfera. Assim, no GWP de 20 anos, o Potencial de Aquecimento Global tem números maiores, pois terão mais presença os GEE de vida curta na atmosfera e o GWP considerará o aquecimento causado nesse período. Por exemplo, para o metano (CH_4), que tem vida curta, o $GWP_{100anos}$ é 27,9 e o GWP_{20anos} é 81,2, pois o metano é gás de vida curta. Ao contrário, no caso de gases com ciclos de vida muito longos na atmosfera, como o CF_4, cujo GWP_{20anos} é 5.300, bem menor que o $GWP_{100anos}$, que é 7.380, pois esse gás agirá por muito tempo na atmosfera (valores de GWP do AR6).

Para se ter uma ideia da relevância política desta discussão, destaca-se que, na COP26, realizada em 2021 em Glasgow, o metano foi um tema bastante polêmico. Ele é emitido naturalmente, por exemplo, em áreas brejosas, e é produzido antropicamente pela pecuária, por plantações de arroz, por resíduos sólidos orgânicos, na exploração e indústria de gás e petróleo, etc. Na COP26, o corte das emissões de metano foi considerado estratégico (tem vida muito mais curta do que o CO_2, mas tem GWP muito maior), fazendo com que a Comunidade Europeia e os Estados Unidos da América propusessem o Compromisso Global do Metano (*Global Methane Pledge*) para cortar 30% das emissões até 2030 relativamente ao nível de 2020, o que propiciaria uma

diminuição de 0,3 °C no aquecimento global em 2040 (UNFCCC, 2021a). Mais de 100 países aderiram, inclusive o Brasil, embora grandes emissores como Rússia, Índia e China não o tenham feito (BBC, 2021).

Os valores do GWP vêm sendo atualizados ao longo do tempo com os avanços da pesquisa cientifica. Por exemplo: no AR4 (IPCC, 2007, p. 33) o $GWP_{100anos}$ do CH_4 era 25 e o do N_2O era 298. Já no AR6 (IPCC, 2021a, p. 7SM-24), como se vê abaixo, esses valores são, respectivamente, 27,9 e 273.

Quando este Inventário foi iniciado, estavam disponíveis e foram adotados para os cálculos os valores de Potencial de Aquecimento Global relativos a períodos de 100 anos, que tinham sido estabelecidos pelo AR5 (IPCC, 2013, p. 8-88) para os gases de efeito estufa, em todas as suas dezenas de variações. Em agosto de 2021, o IPCC publicou o primeiro dos volumes que vão compor o AR6, o *Climate Change 2021 - The Physical Science Basis* (isto é, Mudança do Clima 2021 – A Base da Ciência Física), no qual ele reajusta os valores dos potenciais de aquecimento global dos gases (IPCC, 2021b, p. 7SM-24). A seguir, apresentamos, como ilustração, a variação do GWP de alguns gases, no AR5 e no AR6:

GEE	**AR5**	**AR6**
CO_2	1	1
CH_4	28	27,9
N_2O	265	273
HFC-125	3.170	3.740
HFC-134	1.120	1.260
HFC134a	1.300	1.530
HFC-152a	138	164
PFC-14	6.630	7.380
NF_3	16.100	17.400
SF_6	23.500	25.200

O Potencial de Aquecimento Global não é a única métrica existente para o aquecimento global. Há o Potencial de Temperatura Global, que mede a variação da temperatura ao final de um dado período, relativamente ao CO_2. No entanto, é um cálculo mais complicado, porque demanda a modelagem da resposta do sistema climático ao aumento das concentrações de GEE, a chamada sensibilidade climática, e de quão rápido o sistema responde, em parte com base no quanto de calor o oceano absorve (EPA, s.d.).

Há também o Potencial de Mudança de Temperatura Absoluto Global e o Potencial de Temperatura Global Cumulativo, mas a métrica mais utilizada é o GWP.

2.3 Características de um inventário

Um inventário é um levantamento minucioso, um arrolamento. No caso das

questões relativas à mudança do clima, falamos de inventários de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Por quê?

Primeiro, porque os gases submetidos a controle são os gases de efeito estufa definidos no bojo da Convenção do Clima, em particular o Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 1997). Depois, há que se considerar que existem muitos processos naturais, como a fotossíntese, a evapotranspiração (das plantas), as erupções vulcânicas, os dejetos animais ou a ruminação animal, etc., que produzem gases de efeito estufa. Ocorre que, nos processos naturais e nos antrópicos, há tanto emissões quanto remoções de gases de efeito estufa; por exemplo, a respiração das plantas, tanto emite CO_2 para a atmosfera quanto remove. Por todas essas razões, são feitos inventários de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa.

O *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* é um marco na elaboração dos inventários de GEE. A metodologia foi desenvolvida para possibilitar o cumprimento dos objetivos estabelecidos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, pelos países signatários. Dentre eles, está a elaboração e atualização periódica dos inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (IPCC, 1996). Embora tenha sido pensado para emissões nacionais, o método pode ser adaptado para quantificar emissões locais.

O IPCC (2006a) aponta os conceitos fundamentais que definem um inventário:

a) Emissões e remoções antropogênicas, ou seja, aquelas que são resultantes de atividades humanas. A distinção entre emissões e remoções naturais ou antropogênicas deriva diretamente dos dados utilizados para quantificar a atividade humana;

b) Território definido, que no caso direto do IPCC é o território nacional, nele incluídas as áreas marinhas sobre as quais o país tem jurisdição;

c) Inventário anual, para que seja possível formar uma série temporal e delinear-se a evolução;

d) Relatório do inventário, que deve incluir o conjunto padrão de tabelas sobre os principais gases, categorias e anos, compondo um documento escrito;

e) Gases de efeito estufa cobertos pela metodologia IPCC;

f) Setores e categorias de emissão e remoção de GEE, sendo os setores resultantes do agrupamento de processos, fontes e sumidouros relacionados, e as categorias uma subdivisão dos setores.

O IPCC (2006b) também aponta as principais condicionantes que definem a qualidade de um inventário, inclusive para aumentá-la gradativamente ao longo do tempo: transparência, completude, consistência, comparabilidade e acurácia.

Um outro aspecto relevante é o fato de que não é possível somar, por exemplo, toneladas de CO_2 com toneladas de N_2O, pois são compostos diferentes entre si. Assim, todos os gases de efeito estufa são transformados em dióxido de carbono equivalente, CO_2e, pois o gás usado para referência é o CO_2, que tem

poder de aquecimento global igual a 1. Todos os demais gases são transformados em CO_2e, segundo o potencial de aquecimento global para um período de 100 anos, estabelecido pelo último Relatório de Avaliação publicado pelo IPCC. Na elaboração deste inventário, utilizou-se os valores do AR5 (IPCC, 2013, p. 731).

2.3.1 Inventários de empresas

No Brasil, destaca-se o Programa Brasileiro GHG Protocol que surgiu em 2008, com o método GHG Protocol sendo adaptado para o contexto nacional, pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces) e pelo World Resources Institute (WRI), em parceira com o Ministério do Meio Ambiente, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), a Embaixada Britânica no Brasil, o World Business Council for Sustainable Development (WBSCD) e 27 empresas fundadoras. O registro público de emissões dessa iniciativa representa atualmente a maior base de inventários corporativos publicamente disponíveis da América Latina.

A partir de 2012, a CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, instituiu a apresentação obrigatória de Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para determinadas atividades de grande potencial de emissão instaladas no Estado, incluindo indústrias, aeroportos, aterros sanitários e grandes transportadoras (CETESB, 2021). Caso optem, as empresas poderão voluntariamente aderir ao Registro Público de Emissões, previsto no artigo 9° da Lei Estadual nº 13.798, de 09 de novembro de 2009, usufruindo dos benefícios ali estabelecidos.

A CETESB permite escolha da metodologia para o cálculo das emissões estimadas entre duas: a) norma ABNT NBR ISO 14.064 -1 – Gases de Efeito Estufa, ou b) “GHG Protocol”. As emissões do Escopo 1 (aquelas provenientes de fontes pertencentes ou que são controladas pelos empreendimentos inventariados) e do Escopo 2 (emissões indiretas de GEE, aquelas provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica, consumida pelo empreendimento) são de reporte obrigatório. Entretanto, possui caráter voluntário a apresentação das emissões indiretas no Escopo 3 (para a CETESB, apenas aquelas provenientes do transporte de bens e serviços adquiridos ou vendidos por frota terceirizada igual ou superior a 300 veículos)[4].

2.3.2 Inventários com base em consumo[5]

Para os municípios, é considerada boa prática a elaboração de inventários com

[4] Para mais informações sobre Escopos 1, 2 e 3, vide subcapítulo 4.2 - A metodologia.

[5] Inventários com base em consumo somam as emissões que ocorrem dentro dos limites de uma cidade, menos as emissões associadas à produção de bens e serviços exportados para fora da cidade, mais as emissões que ocorrem na produção e abastecimento de bens e serviços produzidos fora da cidade, mas importados para consumo por seus residentes, excluídas as emissões das atividades dos visitantes (C40 Cities, 2018).

base em consumo, que contam as emissões de GEE diretas e do ciclo de vida de bens e serviços (inclusive de matérias-primas, fabricação, distribuição, varejo e descarte), sem alocá-las aos emissores originais, mas aos consumidores finais. Cidades que não possuem grandes setores industriais, que assim são mais consumidoras do que produtoras, podem apresentar emissões substancialmente maiores nos inventários com base em consumo do que com base nas fontes de emissão.

Mesmo que não tenham influência significativa sobre a produção e o transporte de bens importados, as cidades podem, enquanto grandes consumidoras e centros de inovação, oferecer oportunidades para mudanças em estilos de vida e na mitigação de emissões dentro e fora dos limites municipais. Assim como acionistas e investidores requerem das grandes empresas transparência sobre a redução de emissões, não apenas das suas próprias operações, mas também das cadeias de suprimentos e de valor, a divulgação das emissões pelo consumo pode contribuir para que pessoas, sociedade civil e governo optem por produtos, serviços e fontes de energia com menores emissões incorporadas.

2.4 Sistema de Registro Nacional de Emissões - SIRENE

O SIRENE, Sistema de Registro Nacional de Emissões, foi instituído como um instrumento oficial para a disponibilização de resultados de emissões de gases de efeito estufa no país, por meio do Decreto Federal nº 9.172/2017, em decorrência do reconhecimento dessa importante ferramenta de apoio à elaboração e disponibilização das estimativas nacionais de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Esse sistema, reconhecido pelo país como um sistema MRV (mensuração, relato e verificação) para as emissões, foi desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) e lançado em abril de 2016, com o objetivo de conferir perenidade e acessibilidade aos resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal.

O fato de a União ter constituído um sistema de disponibilização de resultados de emissões, sistema governamental, não impediu a constituição de outro sistema pela sociedade civil (a seguir apresentado), o que apoia a precisão mútua das informações veiculadas, dado que é possível verificar a pertinência de um ou outro resultado.

2.5 Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Brasil pelo Observatório do Clima

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

(SEEG) é uma iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, documentos analíticos sobre a evolução das emissões e um portal na internet para disponibilização de forma simples e clara dos métodos e dados do sistema.

O Observatório do Clima é uma rede de mais de 70 organizações não governamentais de perfil socioambientalista, que tem o objetivo de discutir a questão das mudanças climáticas no contexto brasileiro.

As Estimativas de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa são geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais.

2.6 As negociações globais do clima

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (em inglês, United Nations Framework Convention on Climate Change, a UNFCCC), ou Convenção do Clima, como é amplamente conhecida e referida neste Inventário, é um tratado ambiental internacional que visa estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, resultantes das ações antrópicas, de modo a impedir a interferência prejudicial e permanente no sistema climático do Planeta. Esse tratado foi aprovado em 1992 no Rio de Janeiro, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou conhecida como “Cúpula da Terra” ou “Rio 92”, com adesão de 179 países.

Essa Convenção estabeleceu compromissos e obrigações para todos os países signatários no combate às alterações climáticas, com base no princípio da “responsabilidade comum, mas diferenciada” (UNFCCC, 1992). Isto é, embora todos os países devam implementar ações de conservação e proteção ao ambiente e ao sistema climático, é necessário considerar as diferentes circunstâncias e a realidade de cada um; como cada país contribuiu ou contribui para a alteração climática, além de sua capacidade para enfrentamento da mudança do clima e dos eventos extremos daí decorrentes.

Já a Conferência das Partes (COP), composta pelos países signatários da Convenção do Clima, foi instituída para acompanhamento e avaliação dos avanços dos estados membros no cumprimento dos compromissos para redução das emissões de gases de efeito estufa. Berlim sediou a primeira Conferência das Partes, em 1995, com a participação de 117 países.

A Convenção do Clima de 1992 dividiu os países em três grupos: Anexo I, Anexo II e Não-Anexo I. As obrigações estabelecidas no Protocolo de Kyoto incidiram

de forma direta sobre os países do Anexo I[6], isto é, aqueles historicamente responsáveis pelas concentrações atuais de gases de efeito estufa na atmosfera e que teriam, por essa razão, que obrigatoriamente cortar suas emissões. Para os países do Não-Anexo I[7], como é o caso do Brasil, China, Índia, dentre outros, foram estabelecidas medidas para que o aumento de suas emissões fosse mitigado pela utilização de novas tecnologias ambientalmente adequadas, juntamente com os recursos financeiros necessários, a serem ambos fornecidos pelos países mais ricos relacionados no Anexo II[8]. O Protocolo de Kyoto definiu ainda, mecanismos de flexibilização que poderiam ser utilizados pelos países do Anexo I para o alcance de suas metas de redução de emissões, como o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Após Kyoto, merece destaque o Acordo de Paris, de 2015, com adesão de 196 membros (195 países e a União Europeia), que trouxe o comprometimento dos signatários em manter o aumento da temperatura média do Planeta em 2100 abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, porém preferencialmente abaixo de 1,5 °C e, evidentemente, evitar os riscos e desastres relacionados às mudanças do clima.

No entanto, sempre vem à tona a questão sobre quem é o causador do aquecimento global, de quem é a responsabilidade, quais são os maiores emissores ao longo da história. De fato, o grau de industrialização e a política econômica de cada país são os principais determinantes das emissões de GEE. Assim, há constantes questionamentos e até mesmo dificuldades de consenso nas negociações para redução de GEE, além da ponderação sobre qual país estaria em condições de promover mais rapidamente sua descarbonização.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima, Lei Federal nº 12.187/2009, traz como instrumento, dentre outros estudos, o inventário de emissões de GEE e de suas fontes, para que se possa conhecer as emissões de gases de efeito estufa do Brasil e agir para alcançar metas nacionais de descarbonização.

O inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa é um instrumento imprescindível para governos implementarem políticas públicas para redução e remoção de GEE, no enfrentamento do aquecimento global e da mudança do clima. Esse importante instrumento também está sendo utilizado pelo setor empresarial para monitorar suas emissões de GEE e adotar ações visando melhorias em eficiência no processo, como a redução no consumo de

---

[6] Anexo I: inclui os países industrializados que eram membros da OCDE em 1992 e países com economias em transição (em inglês EIT), incluindo a Federação Russa, os Estados Bálticos e vários países da Europa Central ou Oriental.

[7] Não-Anexo I: São os países em desenvolvimento, incluindo grupos especialmente vulneráveis aos impactos adversos das mudanças climáticas e outros que dependem fortemente da renda da produção e comércio de combustíveis fósseis e que se sentem mais vulneráveis aos potenciais impactos econômicos das medidas de resposta às mudanças climáticas.

[8] Anexo II: países do Anexo I que são membros da OCDE, mas não os países do EIT. A eles cabe fornecer recursos financeiros para os países em desenvolvimento reduzirem suas emissões, bem como promover a adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas.

recursos ambientais, ou até mesmo, mudança nas fontes energéticas, contribuindo assim, para o alcance das metas do Acordo de Paris.

2.7 Os desafios pós Conferência de Glasgow[9]

Muito recentemente, em novembro de 2021, a cidade de Glasgow, na Escócia, abrigou a tão esperada COP26, que teria sido realizada em 2020 não fosse o cancelamento provocado pelo impacto da pandemia da Covid 19, com a presença de quase 30 mil pessoas (entre representantes de governo, do setor empresarial e da sociedade), e teve como principal resultado o Pacto Climático de Glasgow.

Porém, nesta Conferência, os consensos obtidos demonstraram que ainda persiste uma enorme distância entre os fatos revelados pela ciência, a emergência climática, e os interesses defendidos pelos países-membros. Em que pese a urgência para reduzirmos emissões, visando manter o aquecimento global em 1,5 °C, no máximo 2 °C até 2100, resultados obtidos na COP26 fazem supor que a temperatura deve aumentar em torno de 2,4 °C a 2,7 °C, segundo o físico Paulo Artaxo (FAPESP, 2021), integrante do IPCC.

O desmatamento zero em escala mundial precisa ser alcançado em 2030. O Brasil se comprometeu a atingir essa meta em 2028, ainda que os recordes de desmatamento não parem de crescer no país. As emissões de metano precisam ser reduzidas em 30% até 2030 considerando o ano base de 2020. A diminuição de emissões GEE, particularmente no caso brasileiro, dependerá da redução da conversão de ecossistemas naturais em áreas cultivadas e à recuperação das áreas degradadas, medidas que beneficiarão a imagem do país, tanto internamente como no exterior. Tanto a redução do desmatamento quanto a recuperação das áreas degradadas teriam evidentes impactos positivos, inclusive com ganhos de produtividade, tendo encontrado respaldo dos representantes da iniciativa privada, dentre eles a do agronegócio no Brasil.

A Índia pretende neutralizar[10] suas emissões em 2070 (BBC, 2021), a China em 2060 (Nature, 2020) e o Brasil em 2050 (Reuters, 2021). Segundo o relatório *Statistical Review of World Energy 2021* da British Petroleum (BP, 2021), o consumo de carvão da região Ásia-Pacífico respondeu por 79,9% do total mundial em 2020, dos quais 11,6% na Índia e 54,3% na China.

---

[9] Este tópico foi introduzido na publicação deste Inventário em função do grande impacto do Pacto Climático de Glasgow neste momento - foi resultado da COP26, realizada em novembro de 2021 - e nos próximos anos, seja para os fluxos de capital de investimento, seja para o mercado de carbono e para a forma com que o provimento energético dos países continuará a ser feito, nele incluídas todas as cadeias produtivas relacionadas.

[10] Neutralidade de carbono significa ter um equilíbrio entre emissão de carbono e absorção de carbono da atmosfera em sumidouros de carbono. Remover CO_2 da atmosfera e a seguir armazená-lo é conhecido como sequestro de carbono. Para atingir emissões líquidas zero (*net zero*), todas as emissões de GEE terão de ser contrabalançadas por sequestro de carbono. (European Parliament, 2021).

No fechamento da Conferência, China e Índia colocaram uma demanda de última hora: atenuar a linguagem do Pacto Climático de Glasgow, que pedia uma "eliminação gradual" (*phase out*) da energia do carvão. Em vez disso, Pequim queria que o texto fosse "redução gradual" (*phase down*) e Nova Délhi queria que abrangesse apenas o carvão "ineficiente", de acordo com um representante da União Européia que estava na sala, segundo informou o site de notícias Politico Europe (2021).

Assim, em atendimento aos países que mais dependem da energia do carvão, no texto de Pacto de Glasgow ficou citado o "...esforço acelerado na redução da energia a carvão não-abatível[11] e a eliminação dos subsídios para combustíveis fósseis ineficientes", o que, apesar da escolha minuciosa das palavras, constitui a primeira vez em que uma colocação mais explícita sobre os combustíveis fósseis aparece.

Não houve decisões sobre mecanismos de "perdas e danos" e a negociação para o auxílio dos países ricos de US$ 100 bilhões por ano para ações de mitigação e adaptação nos países mais pobres foi adiada para a COP27. Essa atitude foi considerada um erro na política internacional, que pode desgastar as relações de confiança entre os países membros e a sociedade.

A regulamentação do mercado de carbono, as revisões mais frequentes das metas do Acordo de Paris (a cada 12 meses) e a finalização de seu Livro de Regras, importantes para iniciar a implementação de ações para enfrentamento à mudança do clima, foram considerados pontos positivos do Pacto Climático de Glasgow.

Foram criados vários acordos bilaterais para mitigação de metano e GEE provenientes do uso do carvão e desmatamento e anunciadas várias declarações voluntárias, iniciativas consideradas muito boas para acelerar o processo de descarbonização e complementar os acordos multilaterais, mas não para substituí-los.

No decorrer da COP26, face à falta de ambição do governo federal brasileiro para o enfrentamento da emergência climática (haja vista a nova NDC apresentada em dezembro 2020, que permitiria ao Brasil emitir cerca de 400.000.000 tCO_2e a mais do que a meta submetida em 2015 [WRI BRASIL, 2020]), um grupo de governadores estaduais destacou-se nas tratativas para facilitar a captação de investimentos e de recursos externos para desenvolvimento de projetos com foco na sustentabilidade, proteção do meio ambiente e redução das emissões de GEE. O Consórcio Brasil Verde (CBC, 2021), com adesão de 22 chefes de executivo estadual, foi apresentado em Glasgow, durante a Conferência.

Em uma tentativa de mostrar uma mudança de atitude do governo brasileiro em relação ao combate às mudanças do clima, o Brasil assumiu um novo compromisso na COP26 de mitigar 50% de suas emissões de gases de efeito

[11] Não-abatível (do inglês *unabatable*) na indústria de energia é usado para referir emissões que não puderem ser evitadas mesmo com a implementação das melhores tecnologias de captura e armazenamento de carbono (Element Energy, 2019).

estufa (GEE) até 2030, usando como linha de base o ano de 2005 e como referência o Quarto Inventário Nacional de Emissões. Esse compromisso é igual ao assumido pelo Brasil em 2015, mas maior do que o compromisso assumido na NDC (a Contribuição Nacionalmente Determinada, como são chamadas as metas e compromissos voluntários assumidos por cada país dentro do Acordo de Paris) anunciada em dezembro de 2020, onde o Brasil literalmente reduziu seu nível de contribuição à mitigação das mudanças climáticas. Portanto, o Brasil chegou ao fim desta COP26 com o mesmo nível de ambição que se comprometeu em Paris há seis anos, que segue sendo insuficiente para alcançar o objetivo de manter o aumento da temperatura do Planeta em até 1,5 °C comparado a níveis pré-industriais

Representantes da sociedade civil brasileira também estiveram em Glasgow, por meio de uma iniciativa inovadora, o Brazil Climate Action Hub, idealizado e criado em 2019 por Instituto Clima e Sociedade (iCS), Instituto ClimaInfo e Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Esse espaço, com representantes de entidades ambientalistas, do movimento negro, de quilombolas, de jovens brasileiros e outros membros da sociedade civil, proporcionou outra visão sobre as questões ambientais e climáticas no Brasil, contrapondo-se ao discurso dos representantes oficiais do governo federal brasileiro.

Um novo modelo de governança, que inclua toda a diversidade das sociedades foi matéria discutida, pois será necessário construí-lo. As Conferências do Clima adquiriram uma nova faceta, tornaram-se um marco político de movimentação e monitoramento nos avanços da descarbonização.

O consenso entre representantes formais de governos de 196 membros encontra resistências frente aos interesses nacionais de cada um deles. Os compromissos assumidos no Acordo de Paris, e agora no Pacto Climático de Glasgow, não são vinculantes; são compromissos políticos. O que nos unifica é que vivemos todos no mesmo Planeta que nos imporá a transformação, caso não saibamos fazê-la nós mesmos. Afinal, não há Planeta B (ONU, 2014).

2.8 Promover desenvolvimento econômico inclusivo e de baixo carbono

Ainda que os setores responsáveis pelas maiores emissões de gases de efeito estufa no Brasil sejam rurais, ou seja, mudança do uso da terra e florestas bem como agropecuária (SEEG, 2021), nas grandes cidades os setores que mais emitem GEE variam, segundo seu padrão econômico e populacional, mas usualmente são os relacionados a transporte e energia.

No caso do Município de São Paulo, de acordo com dados dos últimos inventários, a maior parte das emissões está no subsetor Transporte Rodoviário e em Energia Estacionária. A sua mitigação, envolvendo assuntos relacionados ao uso de energia, depende da União, que tem competência legislativa privativa em matéria de energia, estabelecida pela Constituição Federal (Brasil, 1988). Decisões municipais para o estabelecimento de planos de controle e mitigação

em transporte e energia estacionária ficam condicionadas à implementação dos respectivos planos e regulamentações nacionais. Essa é uma das razões pelas quais a descontinuidade administrativa entre governos federais afeta a capacidade de implementação de planos municipais.

Assim, caso a opção do governo federal seja a de privilegiar o uso de combustíveis fósseis como fonte energética, inclusive para a geração de energia elétrica, ou ainda, seja a de criar incentivos para a aquisição de veículos particulares ou outros bens que gerem emissões de GEE, nas cidades haverá consequentemente a alta das emissões desses gases. Além desse resultado, as cidades ficam sujeitas a outros efeitos negativos, como o aumento do tráfego local e da poluição do ar. Ao mesmo tempo, aumenta o esforço necessário para tornar atraentes e acessíveis os meios de transporte público.

O primeiro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) é acabar com a pobreza extrema em todo o mundo. Ações para alcançar esse objetivo, dentre os outros existentes, aumentam os desafios para o cumprimento das metas do Acordo de Paris de reduzir drasticamente as emissões de GEE e limitar o aumento da temperatura global para "bem abaixo" dos 2 °C em 2100.

Os recursos demandados para a transição para uma nova economia verde também são demandados por antigos problemas relacionados à histórica desigualdade no Brasil. A transição verde é uma oportunidade para que o déficit habitacional, os problemas de saúde e transporte, o saneamento, etc., sejam equacionados, pois a vulnerabilidade de uma sociedade frente aos impactos da mudança do clima é a vulnerabilidade da sociedade como um todo. Nas palavras do World Economic Forum (2022, p. 9) “Uma transição que falha em levar em conta as implicações sociais irá exacerbar as desigualdades dentro e entre os países, aumentando as fricções geopolíticas”.

O maior fundo de investimentos do mundo na atualidade divulgou, em sua recente Carta aos Clientes, relevantes visões de futuro moldado pela questão climática:

> “No limiar de uma mudança tectônica do capital, investidores moveram seu dinheiro para os investimentos sustentáveis a seis vezes a taxa de crescimento dos investimentos tradicionais...
>
> Hoje em dia há um significativo grau de incerteza sobre a transição. A questão, entretanto, já não é mais *se* a transição *net zero* acontecerá, mas *como* ela será...
>
> Todas as empresas e investidores devem navegar pela forma como as economias estão sendo reconectadas, analisando como a transição moldará suas operações ou investimentos....
>
> Alguns podem optar por *conduzir* a transição por meio de investimentos setoriais ou de impacto, ou *inventar* o mundo *net zero*, financiando novas tecnologias.” (BLACKROCK, 2022).

Nesse cenário, as cidades têm oportunidade de promover uma transformação profunda, com fortalecimento da governança e implantação de experiências inovadoras, capazes de incluir nas ações locais perspectivas de qualificação em outras escalas, como a metropolitana.

A Política Nacional de Mudança do Clima, aprovada pela Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, em seu artigo 12, determinou que “o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020”. O Senado Federal, em 03 de novembro de 2021, aprovou o Projeto de Lei nº 6.539, de 2019, que modifica essa Política, e estabelece que o País vai “neutralizar 100% (cem por cento) das suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) até o ano de 2050, na forma da Estratégia Nacional de Longo Prazo”. O Projeto de Lei aprovado foi enviado à Câmara dos Deputados para o prosseguimento do processo legislativo até a aprovação final. Atingir a meta indicada no Projeto de Lei implica o envolvimento do poder público em todos os seus níveis e competências, e da sociedade em geral. O setor empresarial tem papel de destaque, pois sem sua adesão para transformar os processos produtivos, não se conseguirá atingir a meta de neutralidade em 2050. As características de cada região ou local também precisam ser consideradas no desenho de ações de mitigação de emissões de GEE ou de adaptação aos impactos da mudança do clima, pois soluções possíveis em determinados lugares podem não sê-lo em outros.

A prosperidade econômica, a sustentabilidade socioambiental e a maior equidade social são compatíveis. A crise causada mundialmente pelas mudanças climáticas é uma oportunidade que precisa ser aproveitada para a conciliação das esferas sociais, ambientais e econômicas. Como propõe o Plano Municipal de Desenvolvimento Econômico em uma de suas ações (em fase final de elaboração), é necessário “mobilizar academia e setor privado para o desenvolvimento de estratégias que proponham uma visão de futuro da economia verde e circular, estruturando parcerias para entendimento do desafio que as mudanças climáticas trazem para São Paulo e buscando oportunidades econômicas decorrentes” da mitigação dos gases de efeito estufa.

3 Inventários de gases de efeito estufa do Município de São Paulo

A liderança que algumas cidades têm não apenas deriva da sua riqueza ou poderio político, mas se apoia na capacidade de enfrentar crises e problemas e se reinventar. Não é à toa que muitas, senão todas essas cidades contam com a presença de universidades e centros de pesquisa, instituições produtoras de conhecimento. No momento presente, considerando os impactos que o aquecimento global e a consequente mudança do clima impõem à humanidade, é fundamental preparar-se para enfrentar os impactos que a crise trará, ou já traz.

Inventários de gases de efeito estufa são instrumentos fundamentais para a implementação da mitigação de emissões de GEE, constituindo referência para o processo decisório público e privado. Tanto assim que a Política Municipal de Mudança do Clima do Município de São Paulo (PMMC), instituída pela Lei nº 14.933, de 05 de junho de 2009, determinou a obrigação de serem publicados inventários de emissões e remoções antrópicas de GEE, no máximo, a cada cinco anos.

Essa PMMC determinou também que o Município defina metas de emissão a serem cumpridas a cada 2 anos, no rumo da descarbonização. As informações dos inventários são a base para essas definições. No entanto, como o resultado das emissões é determinado fundamentalmente por ações do governo federal, dado que a maior parte das emissões é relacionada a energia, a definição de metas gerais[12] de emissão não possibilita demonstrar o desempenho do governo municipal nas ações de descarbonização. Os resultados têm a participação municipal, mas a influência definitiva é a federal.

Ao elaborar seu primeiro inventário, publicado em 2005, a Prefeitura de São Paulo, através da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, adotou a metodologia do IPCC, que é a oficial para as negociações realizadas no âmbito da Convenção do Clima. Isso implicou que, às vezes, eram necessárias adaptações ou ajustes para a escala de município, uma vez que a metodologia está estruturada para países. É importante mencionar que a metodologia do IPCC também foi evoluindo e, com isso, novas atualizações dela foram feitas.

O primeiro inventário de emissões de gases de efeito estufa do Município de São Paulo foi elaborado sobre o ano-base 2003, a partir da metodologia do IPCC da época (*IPCC 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*) adaptada às circunstâncias municipais. Foram inventariados os gases CO_2 e CH_4. Esses dados subsidiaram um importante avanço normativo da cidade, com o estabelecimento da Política Municipal de Mudança do Clima, promulgada pela Lei nº 14.933/2009.

[12] Metas gerais de emissão são aquelas que se referem a um índice ou percentual geral de redução das emissões de GEE, sem referência a ações específicas de redução das emissões e/ou aumento do sequestro de carbono.

Em 2012, foi apresentada a versão preliminar do segundo Inventário, afinal publicado em 2014, relativo ao período 2003 – 2009, que utilizou a metodologia *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Esse Inventário, realizado por empresa contratada mediante licitação internacional, recebeu uma extensão para os anos 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos. Foram inventariados os gases dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

O terceiro Inventário de Emissões de GEE do Município foi elaborado com base na metodologia GPC[13] no modo *Basic*, tendo como base o período 2010 – 2017. Foram inventariados o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso (respectivamente, CO_2, CH_4 e N_2O). O Inventário foi totalmente elaborado por equipe técnica da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, com apoio do Grupo C40 de Cidades para a Liderança Climática, e concluído em julho de 2019 (com uma pequena retificação em janeiro de 2020), abrangendo os seguintes setores: Transporte, Energia Estacionária e Resíduos. Seus resultados embasaram a elaboração de cenários e a definição de ações de mitigação do PlanClima SP (Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020 – 2050). Além disso, a elaboração desse inventário foi inserida como iniciativa no Programa de Metas de São Paulo 2019 – 2020.

O inventário relativo ao ano de 2018 também foi realizado por equipe da SVMA e está integrado a este relatório.

O cálculo dos inventários 2010 – 2018 foi realizado com base na metodologia GPC, com apoio da metodologia IPCC, utilizando planilhas de cálculo de elaboração própria, bem como a planilha da ferramenta CIRIS, do inglês *City Inventory Reporting and Information System* (C40 Cities, s.d.). A CIRIS foi usada também tendo em conta que organismos internacionais como C40, CDP, ICLEI, GCoM, etc. adotam essa ferramenta.

De acordo com os dados coletados foi possível quantificar as emissões de GEE e constatar que a maior parte delas no Município é proveniente do setor Transporte, principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis (especialmente gasolina e óleo diesel). Em segundo lugar, está o setor Energia Estacionária e, em terceiro, Resíduos. Para os setores Processos Industriais e Uso de Produtos e Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra, as estimativas serão inclusas em futuras edições do inventário, quando se adotar o modo BASIC+ da metodologia GPC.

Com essas iniciativas o Município de São Paulo tem reafirmado seus compromissos com a produção de conhecimento local, bem como procurado embasar suas equipes técnicas para a busca de novas soluções e projetos para o enfrentamento dos impactos causados pelas mudanças climáticas.

---

[13] A metodologia do Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade, conhecida pela sigla em inglês GPC (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories*) foi desenvolvida para contemplar as características de cidades ou regiões. Ver capítulo 4.

4 A metodologia GPC

O IPCC, ao estabelecer suas diretrizes para inventários nacionais de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa (IPCC, 2006a), estipulou que a qualidade de inventários decorre de sua transparência, completude, consistência, comparabilidade e acurácia (IPCC, 2006b).

A demonstração clara e transparente de cálculos de emissão de gases de efeito estufa é fundamental para garantir credibilidade aos resultados, bem como para apoiar as políticas que impliquem em redução de emissões, ou refutar aquelas que as aumentem. É importante destacar, também, que o processo de inventário permite compor uma série histórica, na qual é possível acrescentar grau de detalhamento contínuo e consistente.

Por outro lado, considerando que a mudança do clima já está implicando transformação dos processos produtivos e dos agentes e valores econômicos, é essencial que aquilo que seja dito seja rastreável, verificável e válido, de modo a inibir distorções ou equívocos.

4.1 Antecedentes

O uso da metodologia do IPCC para a realização de inventários de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa de municípios (ou de outras unidades subnacionais) sempre implicou alguma adaptação, pois a metodologia foi desenvolvida para países. Cidades têm muita interação com atividades fora de seus limites, têm interligações com sistemas exteriores a ela (como é o caso do sistema elétrico, ou do gerenciamento de resíduos sólidos, do transporte, etc.) e podem ter relações de muita dependência de atividades que acontecem em outras cidades (como regiões metropolitanas, ou cidades-dormitório, por exemplo). Isso faz com que a metodologia IPCC precise ser adaptada para considerar as emissões produzidas dentro dos limites de cada cidade, o que nem sempre é fácil, dada a possibilidade de inexistirem informações desagregadas para a escala da cidade.

Por outro lado, ao longo do tempo, foi ficando claro que as cidades são elementos fundamentais na luta contra as mudanças climáticas, não apenas porque é nelas que está a maior parte das emissões ou porque nelas vive a maior parte da humanidade, mas porque podem ser mais ágeis e criativas nesse enfrentamento. Além disso, as cidades podem aprender umas com as outras com muito mais facilidade do que países, que são mais restringidos por suas estruturas econômicas e políticas.

Assim, em 2011, em São Paulo, duas grandes organizações internacionais de

cidades, ICLEI[14] e C40[15], firmaram um memorando de entendimento objetivando o desenvolvimento de metodologia de inventário voltada para cidades (ICLEI, s.d.). Em 2012, aderiram ao trabalho o WRI[16], o Banco Mundial, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos – Habitat, e já houve um primeiro esboço daquilo que se pretendia.

A metodologia voltada para cidades adotou como base a metodologia *GHG Protocol*, que era voltada para empresas. O *GHG Protocol* tinha sido elaborado quase que em paralelo ao desenvolvimento da metodologia IPCC (1996), direcionada para países. Ela foi elaborada pelo WRI e pelo World Business Council for Sustainable Development[17] (WBCSD), que reconheceram a necessidade de ser estabelecido um padrão mundial para a contabilização e comunicação de gases de efeito estufa no setor empresarial (GHG Protocol, s.d.), o qual fosse compatível com a metodologia do IPCC, que é aquela ligada às negociações no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

A forma final da metodologia para cidades ou regiões foi publicada em 2014 sob o nome *Global Protocol for Community Scale Greenhouse Gas Inventories* (C40 *Cities*, ICLEI, WRI, 2021)[18], apresentada durante a COP20, realizada em Lima, no Peru, e passou a ser adotada pelas associações que a criaram e pela maior iniciativa internacional de cidades pelo clima, o Global Covenant of Mayors for Climate and Energy[19] (GCoM, s.d.). No entanto, o GPC ainda é sumário no que tange à contabilização da remoção de emissões do setor Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra e pretende ampliar a metodologia nesse setor (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2021, p. 20).

O uso do GPC por cidades no mundo inteiro fez com que houvesse uma melhoria na metodologia, com superação de eventuais lacunas ou ambiguidades.

Por outro lado, em 2019, o IPCC promoveu a revisão das diretrizes para elaboração de inventários nacionais (IPCC, 2019d), causando a necessidade de ajustes no GPC. Isto porque a metodologia estabelecida pelo IPCC, além de pertinente, é aquela aceita pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ou seja, é a metodologia oficial. Nela, então, apoia-se a GPC, daí a correção. A versão atual da GPC é a 1.1, publicada em 2021.

---

[14] ICLEI – Local Governments for Sustainability, que é traduzido por Governos Locais pela Sustentabilidade. Página web: https://americadosul.iclei.org/ ou https://iclei.org/.

[15] C40 Cities Climate Leadership Group, traduzido por Grupo C40 de Cidades pela Liderança Climática. Página web: https://www.c40.org/.

[16] WRI – World Resources Institute, traduzido por Instituto de Recursos Mundiais. Página na internet: https://www.wri.org/.

[17] Em português: Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável.

[18] *Global Protocol for Community Scale Inventories* (GPC) pode ser traduzido como Protocolo Global para Inventários em Escala Comunitária (GPC).

[19] Global Covenant of Mayors pode ser traduzido como Pacto Global de Prefeitos.

4.2 A metodologia

Os objetivos da metodologia GPC (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2021) são os seguintes:

1) Ajudar as cidades a desenvolverem inventários consistentes para apoiar o planejamento da ação climática;
2) Auxiliar cidades a elaborarem inventários anuais, com metas de redução, bem como monitorarem seus desempenhos;
3) Oferecer mensurações consistentes e transparentes, que permitam inclusive a avaliação comparativa entre cidades segundo princípios e metodologia reconhecidos internacionalmente;
4) Permitir a agregação de vários inventários para formar o inventário de uma região;
5) Demonstrar o importante papel das cidades no campo da mudança do clima, facilitando análises entre dados comparáveis, bem como permitindo a agregação de dados.

A situação de São Paulo no cenário internacional, sua adesão às grandes associações internacionais de cidades e ao Global Covenant of Mayors for Climate and Energy (GCoM), bem como as dificuldades encontradas na elaboração dos inventários anteriores, motivaram a adoção da metodologia GPC para a elaboração do Inventário ora publicado.

Para elaborar inventário na metodologia GPC é necessário definir, de início, a entidade (se cidades, municípios ou regiões), a área geográfica a ser considerada, bem como os anos a serem inventariados.

Os gases de efeito estufa inventariados segundo a metodologia GPC são os seguintes:

Gás de Efeito Estufa	**Fórmula**
Dióxido de carbono	CO_2
Metano	CH_4
Óxido nitroso	N_2O
Hidrofluorcarbonos	HFCs
Perfluorcarbonos	PFCs
Hexafluoreto de Enxofre	SF_6
Trifluoreto de Nitrogênio	NF_3

A metodologia GPC calcula as emissões de gases de efeito estufa por setores de emissão compatíveis com os setores do IPCC. Os setores são os seguintes: Transporte; Energia Estacionária; Resíduos; Processos Industriais e Uso de Produtos; Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra.

A metodologia GPC adota, ainda, uma abordagem por escopos, segundo os quais as emissões nos setores são alocadas:

a) **Escopo 1**, ou territorial

São emissões setoriais produzidas dentro dos limites da cidade.

b) **Escopo 2**

Emissões nos setores Energia Estacionária e Transporte derivadas do uso de energia fornecida via rede de distribuição; no caso de São Paulo, temos apenas a energia elétrica fornecida pelo Sistema Interligado Nacional.

c) **Escopo 3**

São aquelas emissões resultantes de atividades ocorridas na cidade, mas que concretamente ocorrem fora do seu território. Nos setores IPPU e AFOLU as emissões do Escopo 3 são opcionalmente reportadas em separado, com a denominação “outras do Escopo 3”.

A Figura 1 apresenta a divisão por setores e subsetores das emissões de GEE estimadas em inventários GPC.

Figura 1: Estrutura setorial do método GPC.

Fonte: Adaptado de *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2021).

Assim, os setores, subsetores, fontes de emissão e escopos na metodologia GPC são os seguintes (Tabela 1):

Tabela 1: Fontes de emissão e escopos cobertos pelo GPC.

Setor, subsetor e fonte de emissão	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
Transporte			
Rodoviário	✓	✓	✓
Ferroviário	✓	✓	✓
Aquaviário	✓	✓	✓
Aeroviário	✓	✓	✓
Off-road	✓	✓	
Energia Estacionária			
Edifícios residenciais	✓	✓	✓
Edifícios comerciais e institucionais	✓	✓	✓
Indústria e construção	✓	✓	✓
Geração de energia	✓	✓	✓
Geração de energia enviada à rede	✓		
Agricultura, silvicultura e pesca	✓	✓	✓
Fontes não especificadas	✓		✓
Emissões fugitivas dos sistemas de carvão	✓		
Emissões fugitivas de sistemas de óleo e gás	✓		
Resíduos			
Disposição de resíduos sólidos gerados dentro da cidade	✓		✓
Disposição de resíduos sólidos gerados fora da cidade	✓		
Tratamento biológico de resíduo gerado dentro da cidade	✓		✓
Tratamento biológico de resíduo gerado fora da cidade	✓		
Incineração e queima aberta de resíduo gerado na cidade	✓		✓
Incineração e queima aberta de resíduo gerado fora da cidade	✓		
Efluentes líquidos gerados na cidade	✓		✓
Efluentes líquidos gerados fora da cidade	✓		
Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)			
Processos industriais	✓		
Uso de produtos	✓		
Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (AFOLU)			
Pecuária	✓		
Uso da Terra	✓		
Fontes agregadas e emissões não-CO_2 do uso da terra	✓		
Outras do Escopo 3			
Outras do Escopo 3			

Legenda	
✓	Fontes de emissão cobertas pelo GPC
	Fontes requeridas para relatórios no modo Basic
+	Fontes requeridas para relatórios no modo GPC/Basic+
	Fontes requeridas para o total territorial mas não para relatórios no modo Basic/Basic+
	Fontes incluídas em Outras do Escopo 3
	Emissões não aplicáveis

Fonte: *Global Protocol for Community Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2021).

Por outro lado, a metodologia GPC admite dois modos ou níveis de inventários:

Basic	Inventário dos três setores principais de emissão, ocorrentes em quase todas as cidades. Abrange as emissões de Escopo 1 e Escopo 2 de Transporte e Energia Estacionária, bem como as emissões de Escopo 1 e 3 de Resíduos, nos seguintes termos: Transporte: emissões do transporte realizado dentro dos limites municipais (Escopo 1) e de energia fornecida por rede (Escopo 2). Energia Estacionária: emissões de consumo dentro dos limites municipais (Escopo 1) e de energia fornecida por rede (Escopo 2). Resíduos: emissões de resíduos gerados dentro dos limites municipais e tratados ou dispostos dentro (Escopo 1) ou fora deles (Escopo 3).
Basic+	Contempla o nível Basic, acrescido de emissões de Escopo 1 (territorial) de AFOLU e IPPU e de Escopo 3 nos setores Energia Estacionária e Transporte.

A estimativa das emissões combina as informações sobre a extensão em que a atividade humana ocorre, denominada dado da atividade (DA), com coeficientes que quantificam as emissões ou remoções por unidade de atividade, chamados fator de emissão (FE). A equação básica, portanto, é:

$$\text{Emissão} = \text{DA} \cdot \text{FE}$$

Por exemplo, para o setor Transporte, um dado de atividade é o consumo de combustível e seu fator de emissão é a massa de dióxido de carbono emitida por unidade de combustível consumida.

A equação pode ser modificada para incluir outros parâmetros além dos fatores de emissão, como o tempo que leva o resíduo para se decompor em um aterro sanitário. Também são usadas abordagens mais complexas, como nos inventários com setor AFOLU, com o balanço de carbono no solo e a da biomassa.

Cabe ressaltar que no inventário municipal GPC (como no IPCC) as emissões de combustíveis (fósseis e biocombustíveis) nos setores Transporte e Energia Estacionária referem-se ao seu consumo, ficando as emissões relacionadas à sua produção vinculadas aos respectivos municípios e setores de emissão (IPPU, AFOLU).

Opcionalmente, as cidades podem reportar (separadamente de BASIC/BASIC+) as emissões indiretas da categoria Outras do Escopo 3. São aquelas emissões incorporadas nos produtos importados para consumo dentro dos limites do município, como combustíveis, água, alimentos e materiais de construção, etc., associadas com atividades na cidade, mas contabilizadas nos municípios onde esses bens foram produzidos (GREENHOUSE GAS PROTOCOL, s.d.). Para a cidade de São Paulo, são exemplos de emissões substanciais que poderiam ser reportadas como Outras do Escopo 3: uso de cimento na construção civil, consumo de carne bovina, consumo de combustíveis, etc.

5 Inventário de gases de efeito estufa 2010 – 2018

Este Inventário apresenta as emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do Município de São Paulo, no modo Basic da metodologia GPC, para o período 2010 – 2018. É importante lembrar que o Inventário 2010 – 2017 foi realizado como pré-requisito para a elaboração do Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020 – 2050, o PlanClima SP, no qual constou como capítulo 3, além de ter sido dado a público no Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia. Na presente publicação, a esse período é agregado o ano de 2018, compondo o período total de 2010 a 2018.

O Inventário de São Paulo do período de 2010 a 2017 fez parte da Revisão Programática 2019 – 2020 do Programa de Metas 2017 – 2020 da Prefeitura de São Paulo (São Paulo/Município, s.d.a). Já o inventário 2018 faz parte do Programa de Metas 2021 – 2024 (São Paulo/Município, s.d.b).

As emissões foram contabilizadas para setores, subsetores e escopos que ocorrem no Município de São Paulo, estando indicadas as fontes de dados e informações ao final do capítulo Bibliografia. Foram inventariados os três gases apontados pela metodologia GPC modo Basic:

CO_2 ..... Dióxido de carbono

CH_4 ..... Metano

N_20 ..... Óxido nitroso

Os potenciais de aquecimento global dos gases inventariados já foram apresentados no capítulo 2.2. Eles permitem a transformação para CO_2e, sendo 28 para o CH_4 e 265 para o N_2O, conforme o AR5 (IPCC, 2013).

O Inventário do período 2010 – 2017 foi dado a público no Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia em 30/07/2019 (São Paulo/Município, 2019a), bem como comunicada uma pequena correção (São Paulo/Município, 2020a) em fevereiro de 2020, publicadas ambas as comunicações em seu website.Como esse Inventário 2010 – 2017 não teve um relatório específico, constituiu-se este relatório, com o período 2010 – 2018. Assim, a variação anual das emissões pode ser mais compreensível de acordo com as circunstâncias motivadoras dessas emissões.

Também é importante lembrar que é intenção da SVMA realizar o inventário no modo GPC Basic+, incluindo os setores de emissão Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (comumente designado pela sigla inglesa AFOLU) e Processos Industriais e Uso de Produtos (comumente designado pela sigla inglesa IPPU). Entretanto, destaca-se o fato de que os gases e setores aqui inventariados compõem mais de 95% das emissões que ocorrem em São Paulo. À guisa de informação, lembramos que, nos inventários do período 2003 a 2009, as emissões ficaram em 1,8% para IPPU e 0,1% para AFOLU nos totais anuais, em média (São Paulo/Município, 2014a).

5.1 Emissões totais de GEE do Município de São Paulo

Este Inventário 2010 – 2018 apresenta as emissões de GEE calculadas para o Município de São Paulo segundo a metodologia GPC/Modo Basic, que aponta a contabilização dos gases CO_2, CH_4 e N_2O para três setores de emissão, Transporte, Energia Estacionária e Resíduos. As emissões dos setores se subdividem, sucessivamente, em subsetores e categorias, e também estão aqui apresentadas.

As emissões totais de GEE para o período 2010 – 2018 estão apresentadas na Tabela 2, a seguir:

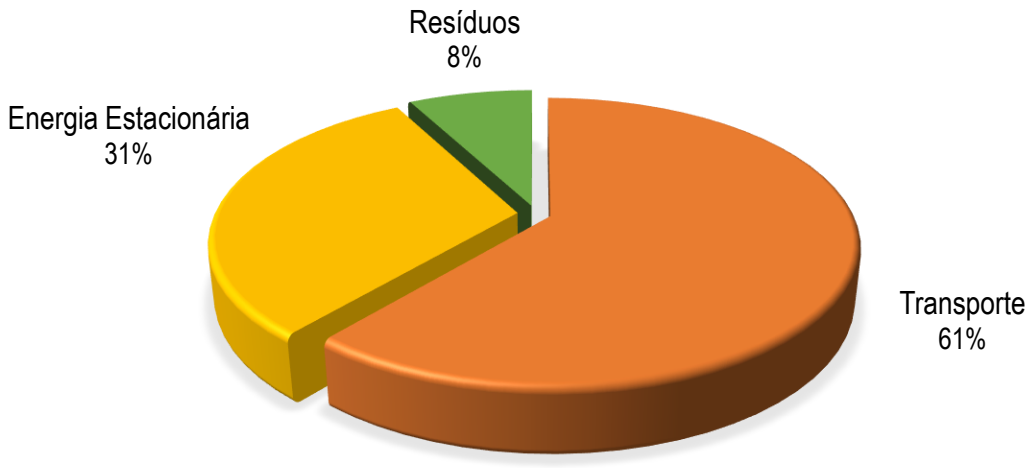
Tabela 2: Emissões totais de GEE e por setores de emissão relativas ao período 2010 – 2018 do Município de São Paulo.

Setor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	10^3 tCO_2e								
Transporte	8.360	9.209	9.827	9.680	9.858	9.128	9.327	9.577	8.470
Energia Estacionária	3.934	3.369	4.525	5.391	6.467	5.669	4.298	4.584	3.985
Resíduos	1.071	1.065	1.068	1.176	1.200	1.233	1.286	1.257	1.292
Total	13.365	13.643	15.420	16.247	17.525	16.030	14.911	15.418	13.747

Fonte: elaboração da SVMA.

A contribuição dos três setores de emissão em termos de quantidades emitidas em todo o período 2010 – 2018 é mostrada na Figura 2 abaixo. Fica evidente que o setor Transporte é o mais importante para a diminuição das emissões de GEE do Município, destacando-se, assim, a importância da substituição dos combustíveis fósseis, já que eles são a principal fonte dessas emissões.

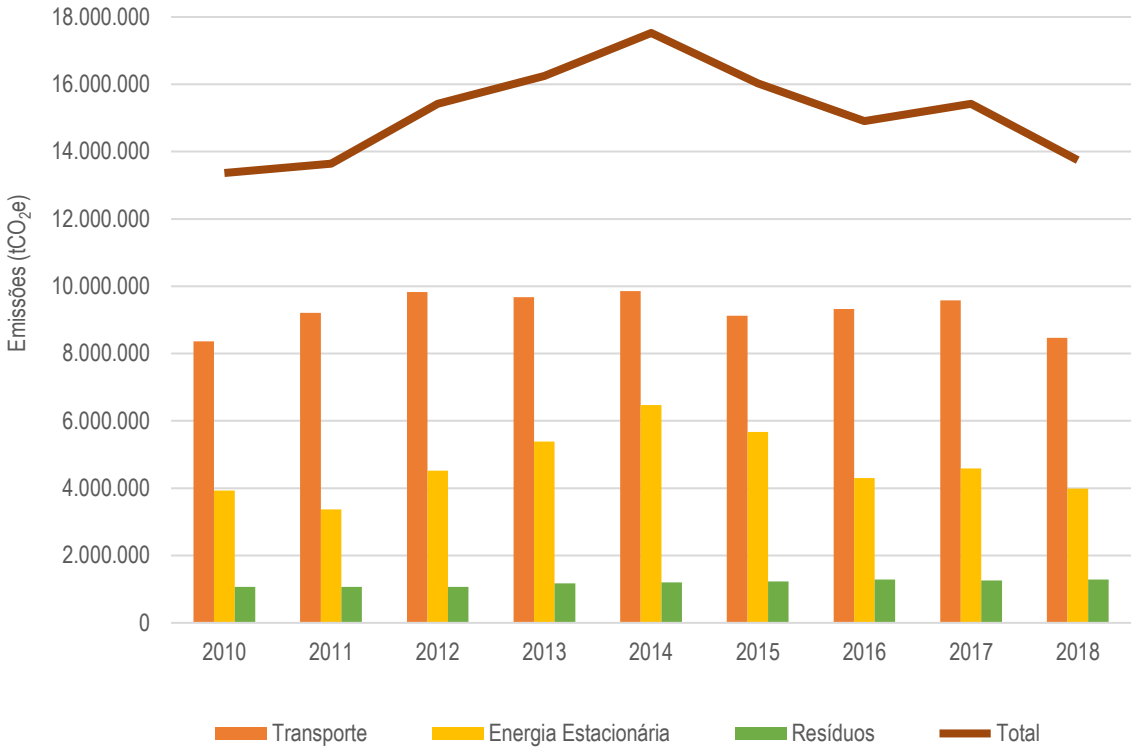
Figura 2: Participação dos setores nas emissões de GEE acumuladas de 2010 a 2018.



Fonte: elaboração da SVMA.

A Figura 3 abaixo ilustra a variação anual das emissões de GEE ao longo do período 2010 – 2018, tanto por valores totais quanto por setores de emissão:

Figura 3: Emissões de GEE totais e por setores.



Fonte: elaboração da SVMA.

Observa-se na Tabela 2 e na Figura 3 que as emissões de GEE do Município de São Paulo entre 2010 e 2018 são, em média, um pouco acima de 15 milhões de toneladas de CO_2e. Há um aumento nas emissões totais até 2014, com posterior decrescimento em 2016, um leve aumento em 2017 e nova queda em 2018. Transporte é o maior emissor, especialmente no subsetor Transporte Rodoviário. A seguir vem o setor Energia Estacionária, com destaque para emissões decorrentes do consumo de eletricidade[20]. As emissões do setor Resíduos são as menores, porém, apresentaram aumento durante todo o período.

A maior emissão de GEE ocorreu em 2014, ano do auge da crise hídrica, quando muitas usinas termoelétricas foram ativadas, elevando o fator de emissão da eletricidade do Sistema Interligado Nacional, uma vez que não havia disponibilidade de água para essa geração. Nesse ano, o Município ultrapassou 17 milhões de toneladas de CO_2e, seu maior resultado desde 2003. Embora o menor valor tenha sido em 2010, destaca-se a redução significativa em 2018 especialmente no setor Transporte, mas também na Energia Estacionária, por razões diversas, como se verá mais adiante.

Embora o setor Energia Estacionária apresente emissões menores, se comparado ao Transporte, elas também são expressivas, uma vez que correspondem a cerca de um terço das emissões de GEE inventariadas. Isso

[20] Apesar de a eletricidade não ser exatamente uma fonte energética, mas uma forma de energia obtida de diversas fontes energéticas, para fins deste trabalho iremos considerar que a eletricidade é uma fonte energética.

porque as emissões desse setor têm ligação com os combustíveis fósseis, aqui representados pelo gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural, além das emissões advindas da eletricidade, em especial na sua porção gerada por sistemas termoelétricos usuários de combustíveis fósseis.

5.2 Emissões por setores

Os setores são resultantes do agrupamento das fontes de emissão. Para fins de análise, são também apresentadas as emissões por fontes energéticas, nos setores relacionados ao consumo de energia, ou seja, Transporte e Energia Estacionária.

5.2.1 Setor Transporte

Os subsetores do setor Transporte são definidos pelos modos de transporte:

- Rodoviário
- Ferroviário
- Aeroviário
- Aquaviário

No inventário GPC/Modo Basic, as emissões do Setor Transporte são as dos escopos 1 e 2, decorrentes de viagens realizadas dentro do município.

No Escopo 1, os motores de combustão interna veiculares emitem CO_2, CH_4 e N_2O pelo consumo de diferentes tipos de combustíveis. Indiretamente, no Escopo 2, os combustíveis também respondem pelas emissões dos veículos com tração elétrica, em decorrência da participação de usinas térmicas na geração da eletricidade. E a maior parte desses combustíveis é de origem fóssil.

A combustão do etanol e do biodiesel, que são chamados biocombustíveis, emite CO_2 biogênico (originado do CO_2 capturado da atmosfera por fotossíntese no ciclo natural do carbono) que não é contabilizado para as emissões antropogênicas de GEE. Essa combustão também produz CH_4 e N_2O que são, sim, contabilizados (IPCC, 2006c).

É de se ressaltar que a existência de grandes distâncias entre os bairros e a concentração das oportunidades de trabalho na região central e no sudoeste do Município de São Paulo são fatores que colaboram para o uso intensivo de transporte, aumentando nossas emissões de GEE e de outros poluentes atmosféricos. Nesse contexto, destaca-se a alta emissão associada ao transporte individual motorizado, especialmente o do automóvel.

As oportunidades para redução de emissões de GEE são muitas e, por exemplo, estão ligadas à reorientação da localização das atividades produtivas geradoras de empregos, de modo a diminuir as distâncias casa-trabalho e, assim, diminuir a demanda por serviços de transporte. Da mesma forma, faz-se necessária a contínua melhoria do transporte coletivo, de modo a incentivar a redução do uso do transporte individual. A ampliação do transporte ativo, feito por pedestres e ciclistas, também é uma opção para a diminuição das emissões. No que diz

respeito ao transporte de carga, a criação de vários pequenos centros de distribuição e logística, a regulamentação de estacionamentos de carga e descarga, etc., são ações que precisam ser dinamizadas. Por outro lado, o maior potencial de redução de emissões está na melhoria da tecnologia automotiva e nas fontes energéticas utilizadas, ou seja, o maior potencial de transformação está na indústria automotiva. O motor elétrico tem a condição de quase zerar as emissões, apresentando-se atualmente como a melhor opção tecnológica, o que não impede o surgimento de novas tecnologias e soluções.

Para a realização do cálculo de emissões, todas as fontes energéticas são transformadas em uma mesma unidade de energia, o joule (J). O cálculo considera as diferentes quantidades de energia disponíveis em cada combustível (expressas em terajoule, TJ).

Dadas as dificuldades em se obter dados sobre a frota, sobre os padrões de circulação e emissão de cada categoria de veículo, adota-se o chamado consumo aparente, no qual se considera que todo o combustível vendido em São Paulo foi aqui consumido (IPCC, 2019). No caso do metrô e trólebus, há a informação do consumo de energia elétrica fornecida direta ou indiretamente pelas empresas operadoras desses sistemas. No que diz respeito à CPTM, foi feita uma apropriação para o território do Município da eletricidade consumida.

A Tabela 3 e a Figura 4 apresentam as emissões de GEE no setor Transporte, onde se destacam as emissões do subsetor Rodoviário com o uso da gasolina C e do óleo diesel.

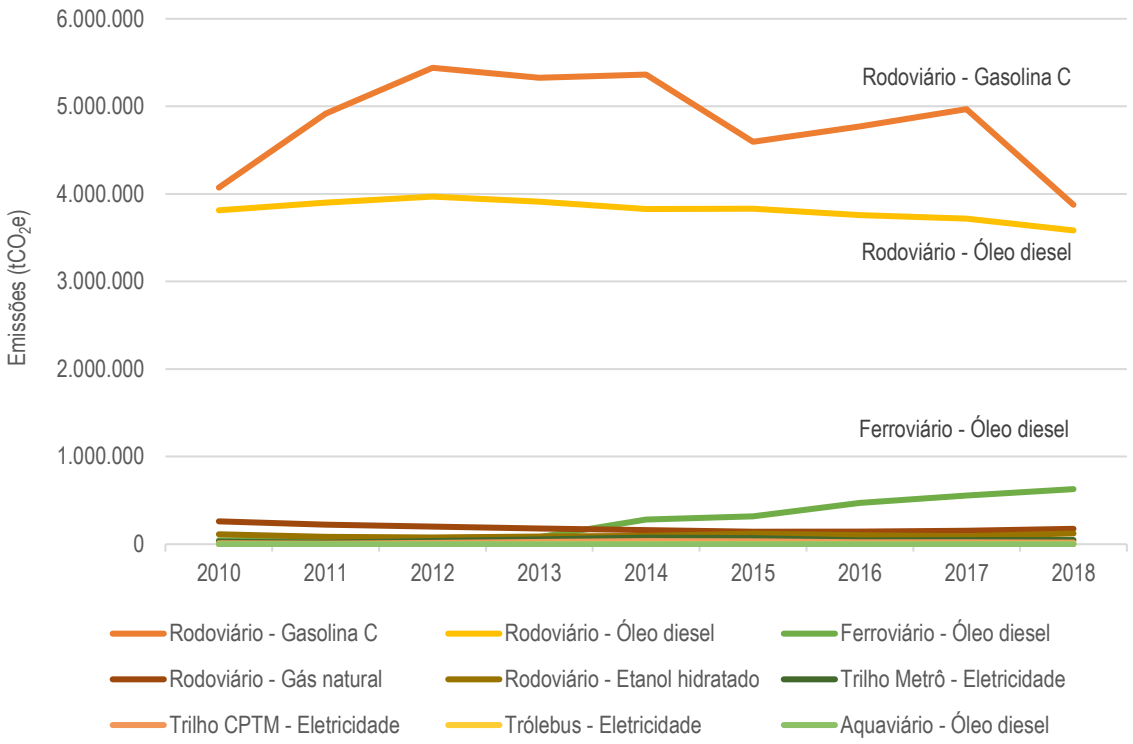
Tabela 3: Emissões de GEE do setor Transporte por subsetor e fonte de energia.

Subsetor	Fonte energética	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		10^3 tCO_2e								
Rodoviário	Gasolina C	4.074	4.918	5.441	5.327	5.363	4.595	4.771	4.968	3.876
Rodoviário	Óleo diesel	3.814	3.900	3.970	3.911	3.828	3.832	3.758	3.719	3.583
Ferroviário	Óleo diesel	43,9	47,3	68,8	80,0	280,6	317,2	471,0	556,0	628,8
Rodoviário	Gás natural	260,8	221,8	202,1	180,2	161,3	144,3	143,8	152,7	175,6
Rodoviário	Etanol	112,9	83,0	76,7	88,2	96,5	119,8	101,4	91,7	123,2
Ferroviário	Eletricidade	38,8	23,6	53	77,4	110,9	102	65,1	71,5	66,6
Rodoviário	Eletricidade	1,1	0,6	1,5	2,5	4,1	3,8	2,5	2,8	2,2
Aquaviário	Óleo diesel	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Aviação	Gasolina aviação	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Aviação	Querosene aviação	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Total		8.360	9.209	9.828	9.681	9.859	9.128	9.327	9.576	8.470

Fonte: elaboração da SVMA.
Nota: a eletricidade no subsetor Transporte Rodoviário é utilizada pelo sistema de trólebus (ônibus elétricos conectados à rede aérea).

O gráfico da Figura 4 a seguir ilustra a variação anual das emissões das diferentes fontes energéticas por subsetores:

Figura 4: Emissões do setor Transporte por subsetores e fontes energéticas.



Fonte: elaboração da SVMA.

5.2.1.1 Transporte Rodoviário

As emissões dos poluentes veiculares no Brasil — aqui incluídas as emissões de gases de efeito estufa — começaram a diminuir decisivamente após o início do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), instituído pela Resolução nº 18, de 06 de maio de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o CONAMA[21] (CONAMA, 1986).

O Proconve, vigente até hoje, estabelece diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de veículos e motores nacionais e importados. Sua principal meta é a redução das emissões dos poluentes veiculares, claramente danosos à saúde e ao planeta, por meio do estabelecimento de limites de emissão para veículos leves e pesados, segundo ensaios padronizados e usando combustível de referência, e em fases sucessivas, que induzem o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes no Brasil (IBAMA, 2016).

A mesma Resolução Conama que criou o Proconve também determinou o início dos estudos para banir o chumbo tetraetila da gasolina, bem como a diminuição do enxofre no óleo diesel. A partir de 1989, teve início a eliminação do chumbo tetraetila da gasolina, o qual acabou totalmente banido (exceto na gasolina de

[21] Essa Resolução foi posteriormente acolhida na Lei Federal nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, a qual dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências.

aviação) nos combustíveis brasileiros em 1992 (Brasil, 2008). No mundo (National Geographic, 2021), o primeiro país a decidir banir o chumbo da gasolina foi o Japão, em 1980, mas apenas em 2021 o último país aboliu sua utilização, a Argélia, o que mostra as dificuldades envolvidas neste tipo de assunto.

No Brasil, tanto a gasolina quanto o óleo diesel começaram a receber adição de biocombustíveis a partir do ano de 1931 (Brasil/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017), em percentuais variados, aplicáveis a diferentes regiões. O atual padrão de adição, que é válido para todo o território nacional, teve início em 1992. A gasolina C, que é aquela vendida nos postos de gasolina, é composta pela adição de etanol anidro combustível[22] à gasolina A. O percentual de adição do etanol anidro na gasolina variou ao longo dos anos (Tabela 4), em valores que foram definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Conselho Nacional de Política Energética e outros.

Tabela 4: Teores obrigatórios de etanol anidro na mistura carburante da gasolina C no Brasil.

Portaria	Teor de Etanol Anidro	Data de entrada em vigor
Portaria MAPA nº 51/2006	20%	01/03/2006
Portaria MAPA nº 278/2006	23%	20/11/2006
Portaria MAPA nº 143/2007	25%	01/07/2007
Portaria MAPA nº 7/2010	20%	01/02/2010
	25%	02/05/2010
Portaria MAPA nº 678/2011	20%	01/10/2011
Portaria MAPA nº 105/2013	25%	01/05/2013
Portaria MAPA nº 75/2015	27% para Gasolina Comum	16/03/2015
	25% para Gasolina Premium	

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017).

A Lei Federal nº 11.097/2005 introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. Em janeiro de 2008 entrou em vigor a mistura obrigatória de 2%, denominada B2. Esse percentual foi sucessivamente ampliado, e a Tabela 5 traz os valores vigentes no período deste inventário .

Tabela 5: Percentual de biodiesel adicionado ao óleo diesel no Brasil.

Teor de biodiesel	Janeiro 2010	Agosto 2014	Novembro 2014	Março 2017	Março 2018
	5%	6%	7%	8%	10%
Denominação	B5	B6	B7	B8	B10

Fonte: ANP (2021).

A Tabela 6 abaixo apresenta os consumos energéticos calculados do subsetor Transporte Rodoviário (expressos em terajoules, TJ) e a Figura 5 ilustra

[22] A Resolução ANP nº 9/2009 (ANP, 2015) alterou a nomenclatura utilizada de “álcool etílico” para “etanol” e definiu dois tipos de etanol combustível (EC): Etanol Anidro Combustível (EAC) e Etanol Hidratado Combustível (EHC), para fins automotivos. A Resolução ANP nº 740/2018 (ANP, 2018) definiu EAC com 0,7% e EHC com 7,5% de teor de água máximo, em massa.

graficamente a variação anual desses mesmos consumos.

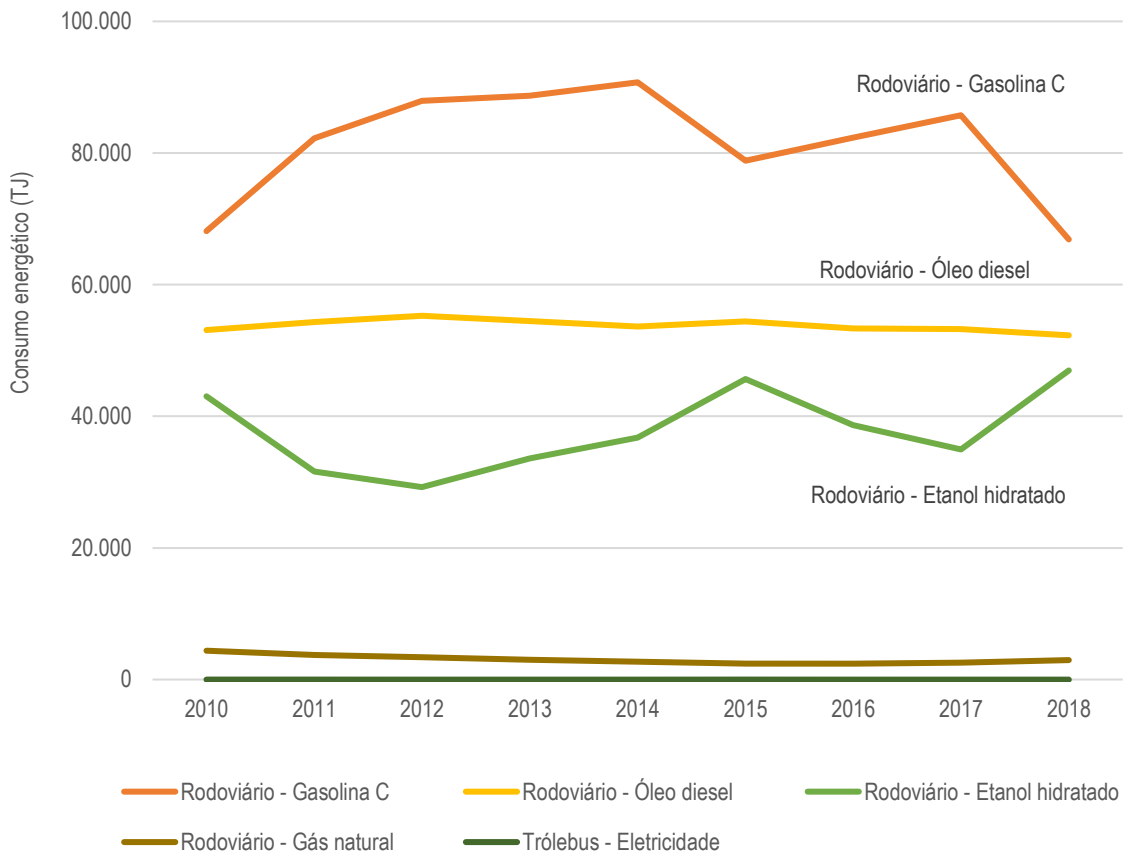
Tabela 6: Consumo energético do subsetor Transporte Rodoviário por fontes de energia.

Fonte de energia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					TJ				
Gasolina C	68.132	82.239	87.937	88.732	90.744	78.822	82.315	85.718	66.873
Óleo diesel	53.110	54.309	55.273	54.457	53.636	54.398	53.349	53.237	52.303
Etanol hidratado	43.030	31.615	29.242	33.602	36.784	45.653	38.656	34.965	46.965
Gás natural	4.385	3.730	3.399	3.031	2.712	2.426	2.418	2.568	2.953
Eletricidade	0,29	0,28	0,3	0,33	0,39	0,4	0,4	0,4	0,38

Fonte: elaboração da SVMA.

Nota: a eletricidade no Transporte Rodoviário acima apresentada é a utilizada pelo sistema trólebus (ônibus elétricos conectados à rede aérea).

Figura 5: Consumo energético do subsetor Transporte Rodoviário, por fontes.



Fonte: elaboração da SVMA.

Observa-se também na Tabela 6 acima que a soma dos consumos de gasolina C e etanol hidratado, característicos do transporte individual (automóveis e motocicletas), é mais do que o dobro do consumo de óleo diesel, característico do transporte coletivo mais o transporte de carga. Por outro lado, a Pesquisa Origem & Destino 2017 (Metrô, São Paulo/Estado, 2019) constatou que 30,9% das viagens diárias eram realizadas, em 2017, por transporte individual, contra 36,4% das viagens por modos coletivos. Estes fatos são indicativos da relevância

da implementação de ações que reduzam o transporte individual para a mitigação das emissões.

O consumo de óleo diesel pelo transporte rodoviário está relacionado com sua utilização em ônibus, caminhões e utilitários, sendo a grande maioria desses veículos composta pelos dois primeiros tipos. Considerando que a média de consumo anual de diesel pelos ônibus é de cerca de 400 milhões de litros (Neto, 2018), e considerando que a ANP informou que, em 2018, foram vendidos 1.482.952.718 de litros de óleo diesel em São Paulo para os modos rodoviários, temos que os ônibus urbanos municipais (gerenciados pela SPTrans) correspondem a menos de um terço, aproximadamente, do óleo diesel consumido. Os demais ônibus, os caminhões e os utilitários respondem pelos outros dois terços do consumo e das emissões.

As emissões do uso da gasolina C no Transporte Rodoviário, vide Tabela 7 abaixo, apresentaram um significativo aumento a partir de 2010 chegando a seu ápice em 2012, onde se mantiveram relativamente constantes até 2014; a partir de 2014 verificou-se uma redução importante, até 2015 e, na sequência, novo aumento até 2017 (sem atingir os patamares anteriores), para em seguida iniciar nova redução até 2018. Já as emissões do óleo diesel se mantiveram estáveis durante o período, com leve redução nos últimos anos.

As emissões totais de GEE do subsetor Transporte Rodoviário estão apresentadas na Tabela 7 sob a designação “Soma antropogênicas”.

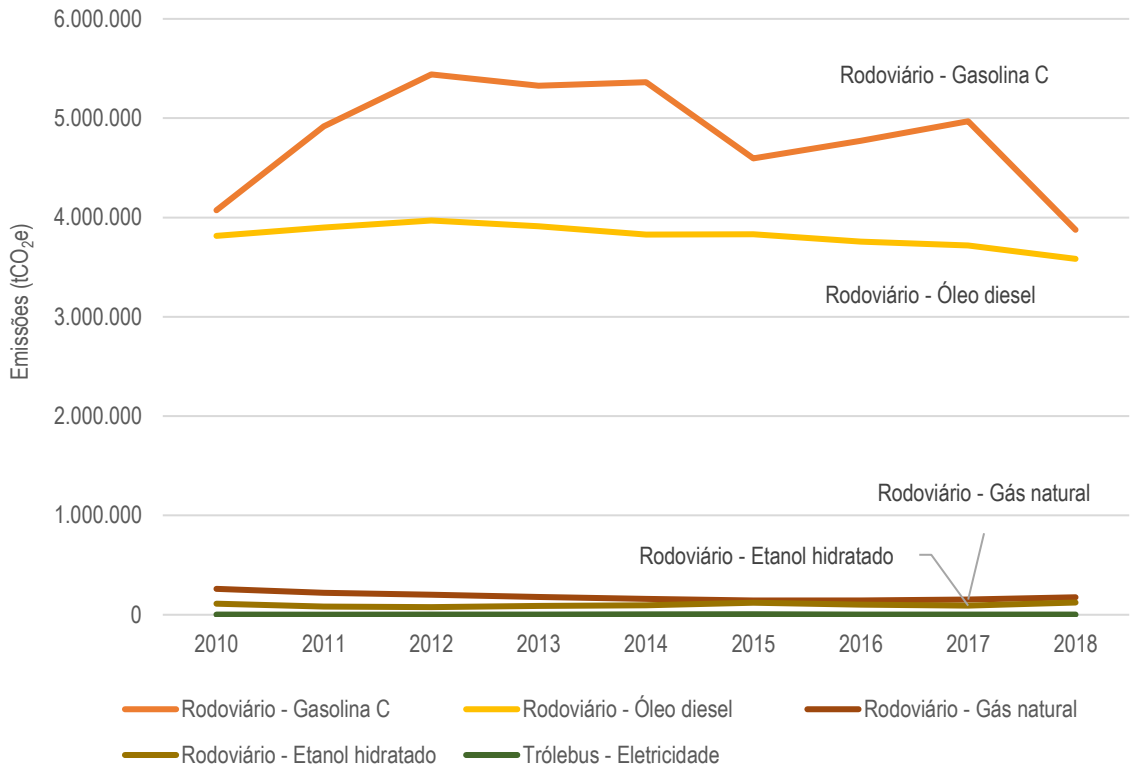
Tabela 7: Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por fontes energéticas.

Fonte de energia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	Emissões antropogênicas (tCO_2e)								
Gasolina C	4.074.182	4.917.758	5.440.816	5.326.708	5.362.579	4.594.740	4.770.913	4.968.149	3.875.914
Óleo diesel	3.814.345	3.900.405	3.969.649	3.911.060	3.827.529	3.831.929	3.758.033	3.719.488	3.583.446
Gás natural	260.762	221.846	202.135	180.242	161.310	144.285	143.788	152.716	175.623
Etanol hidratado	112.912	82.957	76.730	88.171	96.522	119.793	101.435	91.747	123.235
Eletricidade	1.134	627	1.536	2.451	4.054	3.830	2.497	2.829	2.179
Soma antropogênicas	8.263.335	9.123.594	9.690.865	9.508.632	9.451.994	8.694.577	8.776.666	8.934.929	7.760.397
	Emissões biogênicas ($tCO_2(b)$)*								
Gasolina C	832.696	1.005.110	893.910	1.063.969	1.172.297	1.081.102	1.156.197	1.203.996	939.301
Óleo diesel	207.006	209.537	216.262	214.422	248.321	298.038	300.080	340.241	425.844
Etanol hidratado	2.966.208	2.179.298	2.015.710	2.316.263	2.535.665	3.146.996	2.664.706	2.410.214	3.237.415
Soma biogênicas	4.005.910	3.393.945	3.125.883	3.594.654	3.956.284	4.526.137	4.120.983	3.954.450	4.602.560

Fonte: elaboração da SVMA.
* $CO_2(b)$ designa o CO_2 de origem biogênica, ou seja, as frações de etanol anidro na gasolina C e de biodiesel no óleo diesel, além do próprio etanol hidratado.

Ao longo do período inventariado, a maior participação da gasolina C é um destaque nas emissões do subsetor Transporte Rodoviário (Figura 6 e Tabela 7).

Figura 6: Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por fontes energéticas.



Fonte: elaboração da SVMA.

A oscilação das vendas de gasolina C (vide Tabela 8 e Figura 7), em função da variação do preço do etanol hidratado em relação ao dela, traz reflexos significativos nas emissões de GEE do Transporte Rodoviário. O nível de preço de equilíbrio situa-se em torno de 70% (EPE, 2013, p. 10) e, acima dele, seria menos dispendiosa a utilização da gasolina C nos automóveis bicombustíveis, que são os denominados *flex fuel*.

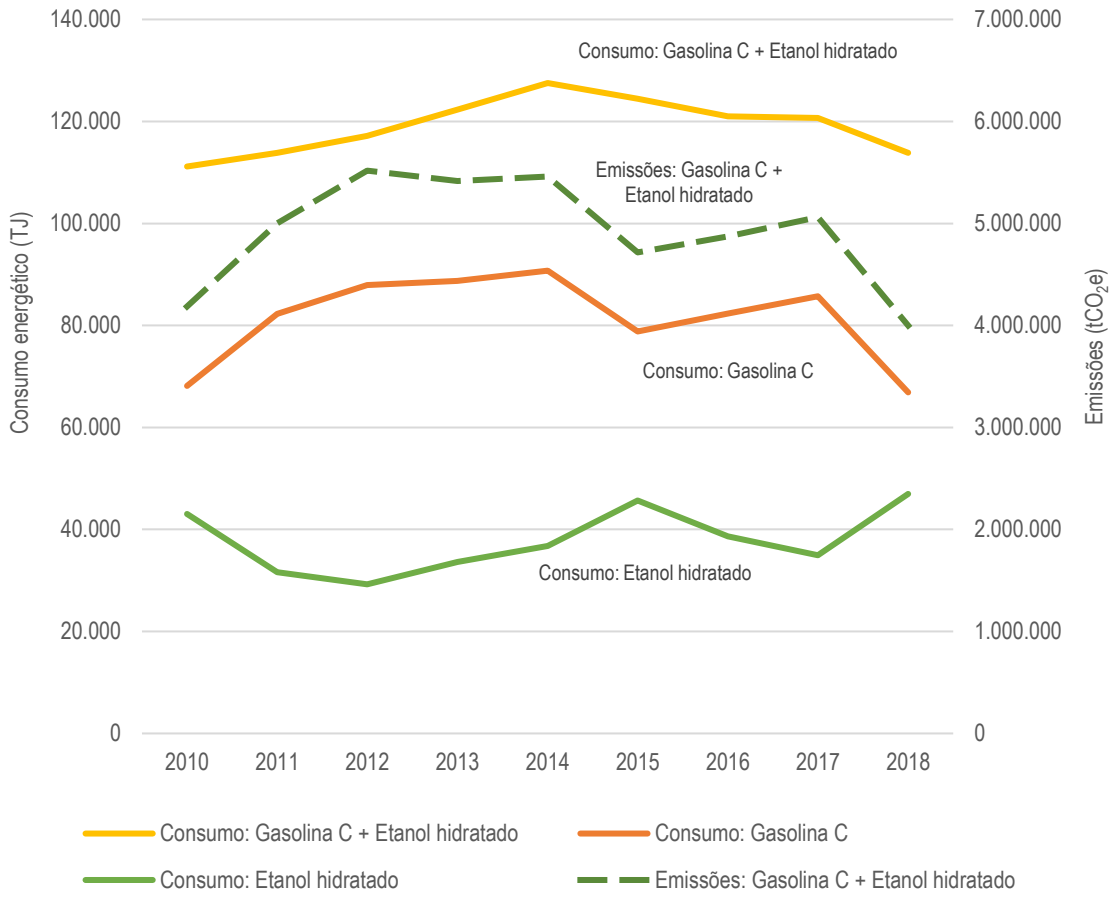
Tabela 8: Vendas de etanol hidratado e gasolina C.

Combustível	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					m^3				
Etanol hidratado	2.017.824	1.482.512	1.371.228	1.575.686	1.724.938	2.140.809	1.812.721	1.639.597	2.202.318
Gasolina C	2.276.740	2.748.149	2.902.380	2.961.028	3.045.007	2.657.535	2.780.728	2.895.687	2.259.078

Fonte: ANP (2021).

Mesmo que inversa, observa-se na Figura 7 uma correlação entre o consumo energético de gasolina C e de etanol hidratado, com a tendência predominante da queda no consumo de um deles quando aumenta o consumo do outro, exceto nos anos 2012 a 2013 e 2013 a 2014, quando ambos os consumos aumentaram ao mesmo tempo. Esse comportamento alternativo está relacionado à correlação de preço dos combustíveis, que provocam variações na preferência dos usuários dos veículos leves, pendendo para o combustível com melhor relação entre rendimento (quantidade de energia disponibilizada) e custo de aquisição.

Figura 7: Consumos energéticos (TJ) e emissões somadas (tCO_2e) de etanol hidratado e gasolina C.



Fonte: elaboração da SVMA.

Pode-se observar na Figura 7 que a curva das emissões da gasolina C somadas às emissões do etanol hidratado (linha tracejada) não segue uma trajetória semelhante à do consumo energético do etanol hidratado nem do consumo energético somado de gasolina C e etanol hidratado, mas segue bem a curva do consumo energético da gasolina C. Esse comportamento indica que as emissões dos veículos leves estão mais relacionadas ao consumo de gasolina C do que ao de etanol hidratado.

5.2.1.2 Transporte Ferroviário

Os modos coletivos de transporte de passageiros a eletricidade, além da maior capacidade, contribuíram para as emissões de CO_2 em escalas de grandeza substancialmente menores que os modos movidos a combustíveis fósseis, vide as emissões de metrô e CPTM (Figura 4 acima).

As emissões do transporte ferroviário de carga, com tração por locomotivas que consomem óleo diesel (diesel-elétricas), cresceram 14 vezes entre 2010 e 2018. Isso impactou significativamente as emissões totais do subsetor, principalmente a partir de 2014, conforme apresentado na Tabela 3.

5.2.1.3 Transporte Aeroviário

Em atendimento aos requisitos GPC/Basic, as emissões da aviação foram estimadas para o Escopo 1, isto é, considerando apenas os voos realizados inteiramente no território do Município, o que implica terem sido considerados apenas voos de helicópteros, que decolam e pousam em heliportos e helipontos localizados dentro do território do Município (Tabela 9).

Tabela 9: Emissões de GEE do subsetor Transporte Aeroviário por tipo de combustível (Escopo 1).

Combustível	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	tCO_2e								
Gasolina de Aviação	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523
Querosene de Aviação	12.768	12.768	12.768	12.768	12.768	12.768	12.768	12.768	12.768

Fonte: elaboração da SVMA.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis forneceu (ANP, s.d.) dados de consumo ou vendas de combustíveis para gasolina de aviação e querosene de aviação, respectivamente, para aeronaves com propulsão por motores a pistão ou turbina a jato. Entretanto, estes dados podem se referir a quantidades utilizadas em viagens fora dos limites do Município. Além disso, essas informações não discriminam que tipo de aeronave utilizou tais combustíveis, se avião ou helicóptero.

A imprensa especializada (Aeromagazine, 2015) e a prática da análise de estudos ambientais e de impacto de vizinhança de helipontos e heliportos no Município indicam que a maior parte dos helicópteros, tanto particulares como de frotas comerciais, que trafegam entre os helipontos da cidade, são abastecidos e hangarados em municípios limítrofes. Assim, devido aos dados de consumo apresentarem problemas de adaptação à metodologia, optou-se por calcular a emissão do Escopo 1 do nível Basic do inventário GPC, com base em viagens estimadas da frota de helicópteros que voam no Município. As emissões da aviação para as viagens domésticas originadas nos aeroportos que servem ao Município (Escopo 3 do GPC) serão avaliadas em inventários no modo GPC/Basic+.

A estimativa de emissões dos helicópteros foi feita a partir do consumo médio ponderado (por tipos e quantidades de aeronaves) da frota do Estado de São Paulo e das distâncias médias percorridas. Em função da inexistência de dados sistematizados com as extensões das viagens, adotou-se para o Município de São Paulo, dada a sua extensão territorial, um percurso médio de 50 km por trajeto.

Considerou-se também a regra municipal (Lei nº 15.723, de 24 de abril de 2013) de dois pousos e decolagens por heliponto. Adotou-se o número de 200 helipontos registrados na Agência Nacional Aviação Civil (ANAC) em 2017 para os anos 2010 a 2018 (ANAC, s.d.). Os helicópteros podem ter motores tipo turbina e consumir querosene de aviação, ou motores a pistão, consumindo gasolina de aviação (que difere da gasolina automotiva por não ter adição de etanol e utilizar o antidetonante chumbo tetraetila[4] na composição). A emissão

média para aeronaves a pistão consumindo gasolina de aviação foi considerada como sendo de 68,89 kg CO_2/100 km, e para aeronaves a turbina consumindo querosene de aviação foi de 248,26 kg CO_2/100 km, a partir de dados de emissões de obtidos pela calculadora Conklin & de Decker (Conklin & de Decker, s.d.).

5.2.1.4 Transporte Aquaviário

O transporte por água no Município, basicamente transporte por balsas e outras embarcações, em rios ou represas, foi contabilizado em subsetor específico em alguns anos-calendário (conforme Tabela 3), mas em outros foi contabilizado em conjunto com o subsetor rodoviário, por não haver dados específicos de vendas de combustíveis para esses tipos de veículo.

5.2.2 Setor Energia Estacionária

As emissões de CO_2, CH_4 e N_2O do setor Energia Estacionária são aquelas oriundas de fontes fixas, como os eletrodomésticos, máquinas, equipamentos, usinas de geração de energia, etc., que usam diferentes fontes energéticas, como a eletricidade[23], o carvão, o gás liquefeito de petróleo, o diesel, o gás natural, etc.

Os subsetores do setor Energia Estacionária segundo a metodologia GPC são:

- Edifícios residenciais
- Edifícios e instalações comerciais e institucionais
- Indústrias e construção
- Indústrias de energia
- Geração de energia enviada à rede
- Agricultura, silvicultura e pesca
- Fontes não especificadas
- Emissões fugitivas da mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão
- Emissões fugitivas de sistemas de distribuição de óleo e gás

Ocorre que, no Brasil, os dados referentes às quantidades consumidas das diversas fontes de energia são agrupados segundo diferentes classes de consumo, constituindo a base de informação para o cálculo das emissões de GEE.

No caso dos provedores de eletricidade, estas classes são regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) através da Resolução Normativa

[23] Conforme já esclarecido anteriormente, a eletricidade não é exatamente uma fonte energética, mas uma forma de energia obtida de diversas fontes energéticas, para fins deste trabalho iremos considerar que a eletricidade é uma fonte energética.

nº 414, de 9 de setembro de 2010. Os dados de consumo energético do Anuário de Energéticos por Município da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, assim como os dados da ANP, estão agrupados do seguinte modo, compondo os subsetores do setor Energia Estacionária a serem considerados:

- Residencial
- Comercial
- Industrial
- Poder Público[24]
- Serviço Público[25]
- Iluminação pública
- Rural[26]
- Consumo próprio
- Outros

No setor Energia Estacionária, a classe consumidora "Serviço Público" refere os consumos de motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento, que será neste Inventário designada "Água e Esgoto". Os consumos de tração elétrica do Serviço Público fazem parte do setor Transporte.

As fontes energéticas envolvidas no setor Energia Estacionária presentes em São Paulo a serem consideradas são:

- Eletricidade
- Gás natural
- Gás liquefeito de petróleo (GLP)
- Óleo diesel
- Óleo combustível
- Querosene

---

[24] A classe consumidora "poder público", independente da atividade a ser desenvolvida, caracteriza-se pelo fornecimento de eletricidade à unidade consumidora solicitado pela União, estados, Distrito Federal ou municípios, que assumam as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, incluindo a iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, exceto aqueles classificáveis como serviço público de irrigação rural, escola agrotécnica, iluminação pública e serviço público (art. 5º, § 5º, da Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 09/09/2010).

[25] A classe consumidora denominada "serviço público" caracteriza-se pelo fornecimento exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização (art. 5º, § 7º, da Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 09/09/2010).

[26] Para fins deste trabalho a classe consumidora Rural será denominada Agricultura para se adequar à terminologia do GPC.

Essas fontes energéticas são usualmente apresentadas em unidades de medida diferentes e precisam ser transformadas para uma mesma unidade de energia (o joule) a partir de fatores de conversão (poderes caloríficos e densidades), para que seja possível sua soma. A informação inicial obtida da venda dessas fontes (em litros, ou em kWh, ou em peso, etc.) é multiplicada por fatores estabelecidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações aferidos para esses produtos tal como disponíveis no mercado brasileiro.

As emissões de GEE oriundas da geração de eletricidade pelas duas usinas termoelétricas situadas no Município de São Paulo não foram contabilizadas, apenas reportadas, conforme previsto no método GPC, uma vez que essas emissões estão incluídas na emissão total do Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil e estão, assim, incorporadas no fator de emissão da eletricidade consumida no Município. Caso elas fossem incluídas neste Inventário, ocorreria uma dupla contagem com as emissões do consumo de energia elétrica do SIN.

Como exemplo de oportunidade de redução de emissões de GEE no setor Energia Estacionária é possível mencionar a melhoria da eficiência energética de equipamentos utilizados, nas diversas atividades humanas, produtivas ou não, como iluminação, cocção, aquecimento de água, ventilação ou condicionamento de ar, etc. o que requer avanço tecnológico. Mas, também é fundamental que a legislação urbanística, aqui incluída a relativa a edificações, seja revista objetivando-se a minimização de emissões de GEE. Isso significa que é necessário um aperfeiçoamento do desenho das cidades e da arquitetura das edificações, de modo a que seja diminuído o consumo de energia que eles ensejam para as utilizações acima indicadas. O desenho urbanístico e de implantação dos edifícios deve contemplar mais atentamente a incidência solar e a arborização, objetivando proporcionar maior conforto térmico e reduzindo o consumo energético. O gás natural, embora produza menores emissões por unidade de energia fornecida que o óleo diesel, também é combustível fóssil. Enfim, muitas são as oportunidades de melhoria, embora nem sempre de fácil realização.

Os dados de consumo do setor Energia Estacionária por subsetor, em terajoules (TJ), estão apresentados na Tabela 10 a seguir:

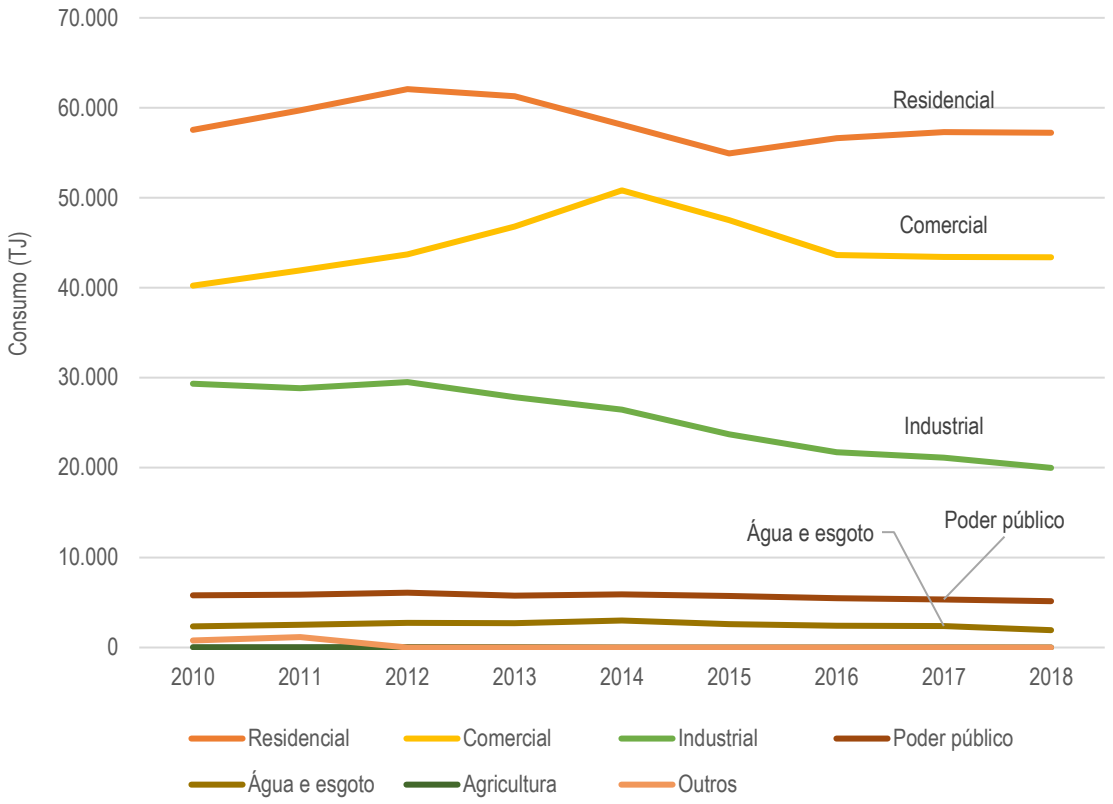
Tabela 10: Consumo energético do setor Energia Estacionária por subsetores.

Subsetor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					TJ				
Residencial	57.542	59.721	62.076	61.300	58.125	54.926	56.620	57.299	57.232
Comercial	40.227	41.906	43.695	46.792	50.822	47.511	43.645	43.404	43.381
Industrial	29.312	28.818	29.510	27.840	26.436	23.698	21.693	21.101	19.968
Poder público	5.792	5.863	6.095	5.755	5.914	5.734	5.476	5.349	5.150
Água e esgoto	2.337	2.517	2.743	2.697	3.001	2.598	2.430	2.387	1.929
Agricultura	30,8	41,4	52,4	18,9	12,3	8,4	8,5	8,3	9,1
Outros*	772,3	1.158,3	8,8	1,0	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0
Total	136.013	140.025	144.180	144.405	144.310	134.475	129.873	129.549	127.669

Fonte: elaboração da SVMA.
* Outros: categoria de consumo de GLP e óleo diesel segundo a ANP.

Esse consumo pode ser graficamente assim expresso:

Figura 8: Consumo de energia dos subsetores de Energia Estacionária.



Fonte: elaboração da SVMA.

O consumo do setor Energia Estacionária pode ser apresentado segundo as fontes energéticas utilizadas para as diversas atividades. Como exemplo, podemos dizer que um apartamento residencial usa eletricidade para iluminação e gás natural para cocção e aquecimento de água; uma indústria pode usar óleo combustível para máquinas, GLP para cocção e eletricidade para iluminação. Assim, no subsetor Residencial, ou em cada subsetor, o consumo expresso em energia (em TJ) implica a soma das diferentes fontes de energia para aquele subsetor específico. A Tabela 11 apresenta o consumo do setor Energia Estacionária segundo as fontes de energia:

Tabela 11: Consumo energético do setor Energia Estacionária por fonte energética.

Fonte de energia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					TJ				
Eletricidade	95.567	99.381	102.430	103.153	105.213	99.557	95.809	95.485	94.474
GLP	15.843	15.834	16.672	17.154	16.635	15.764	15.767	15.580	14.910
Gás natural	15.505	16.210	16.181	15.972	14.972	14.271	14.693	15.298	15.282
Óleo diesel	6.787	6.281	7.006	7.152	6.726	3.564	3.040	2.779	2.595
Óleo combustível	1.526	1.151	1.879	966	762	1.317	562	405	408
Querosene	13	9	3	7	4	3	1	2	1
Total	135.241	138.867	144.171	144.404	144.310	134.475	129.872	129.549	127.669

Fonte: elaboração da SVMA.

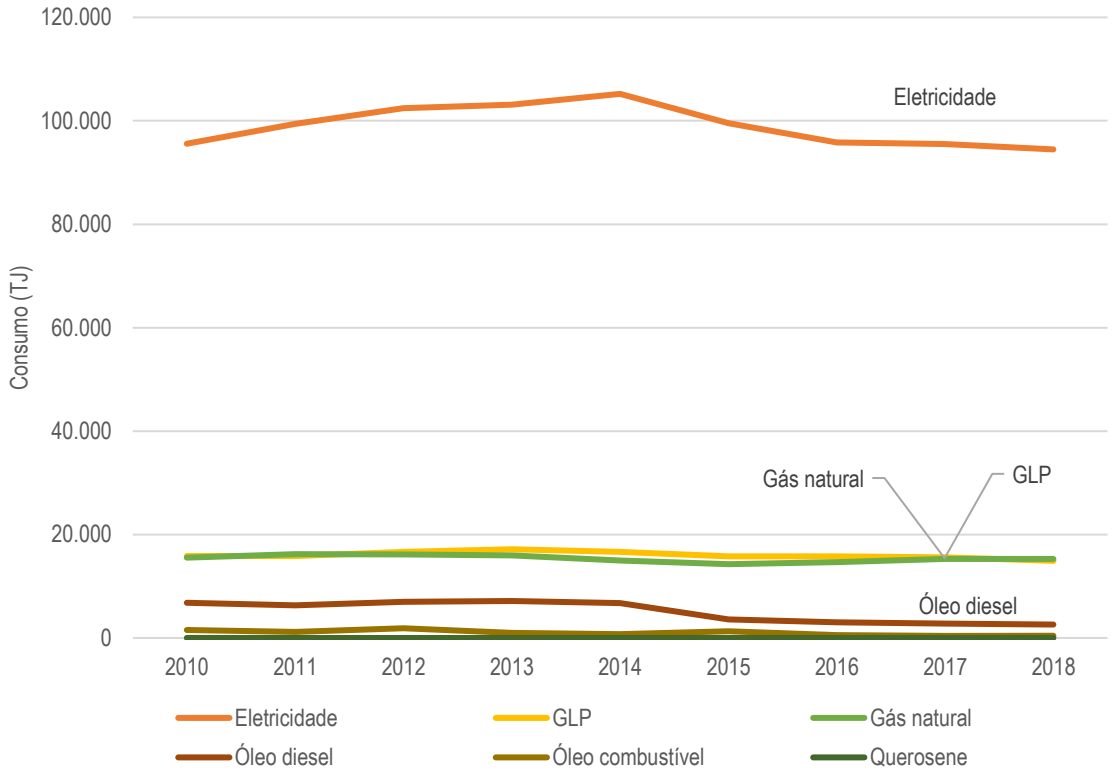
Um aspecto interessante da Tabela 11 é o da flutuação geral dos consumos anuais. Há uma certa constância nos consumos de gás natural, mas, por outro lado, é visível o declínio do consumo de óleo diesel, óleo combustível (apesar dos consumos destoantes nos anos de 2010, 2012 e 2015) e querosene.

O consumo de eletricidade também varia, mas as razões para esse comportamento são mais complexas. No entanto, é fato que as temperaturas médias mensais durante todo o ano de 2014 foram superiores às médias históricas (IAG/USP, 2014).

Segundo a EPE (2015), o consumo de energia no setor de comércio e serviços liderou a expansão do consumo de energia, com aumento de 7,3% em 2014, com a influência de altas temperaturas. O mesmo se verificou no setor residencial, com crescimento anual de 5,7% e de 7,1% nos meses de verão, contribuindo para este resultado a expansão da posse e intensificação do uso de condicionadores de ar.

As diversas fontes energéticas utilizadas no setor Energia Estacionária implicam a seguinte variação do consumo em TJ:

Figura 9: Consumo energético do setor Energia Estacionária por fontes de energia.



Fonte: elaboração da SVMA.

Esse consumo energético acima apresentado acarreta o perfil de emissões de GEE do setor Energia Estacionária, expressas por subsetor na Tabela 12.

Tabela 12: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por subsetores.

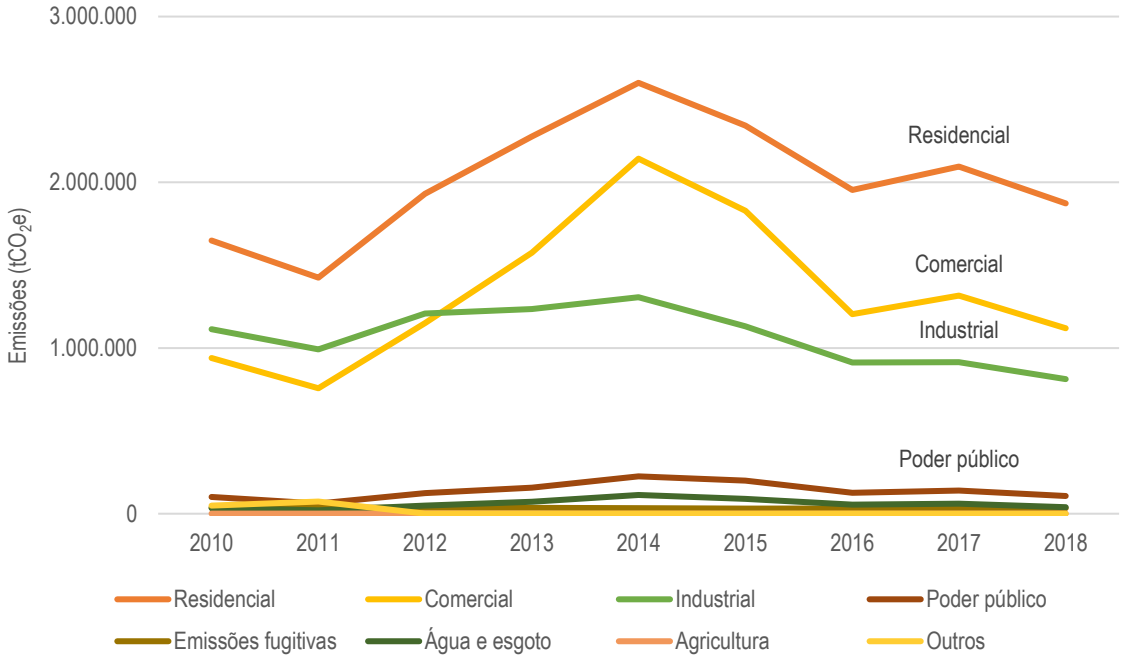
Subsetor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					tCO_2e				
Residencial	1.648.762	1.424.507	1.930.178	2.276.554	2.600.087	2.342.261	1.953.490	2.095.435	1.873.307
Comercial	938.701	757.006	1.151.007	1.574.955	2.142.585	1.827.322	1.205.015	1.316.276	1.118.536
Industrial	1.112.707	990.949	1.208.501	1.235.376	1.306.376	1.131.033	912.367	914.926	812.064
Poder público	100.406	61.438	124.591	157.543	225.411	199.496	126.722	139.323	107.763
Emissões fugitivas*	51.137	41.034	58.635	74.028	79.312	78.630	45.218	56.638	33.794
Água e esgoto	33.239	20.413	49.748	71.912	112.946	89.783	55.138	61.461	39.649
Agricultura	468	745	1.870	725	499	290	195	214	246
Outros	48.914	73.340	621	71	13	0	50	0	0
Total	3.934.335	3.369.432	4.525.151	5.391.165	6.467.228	5.668.816	4.298.196	4.584.272	3.985.360

Fonte: elaboração da SVMA.
* Emissões fugitivas da distribuição de gás natural.

Neste inventário, as emissões fugitivas do gás natural são as do sistema de distribuição desse combustível aos usuários finais. Elas resultam de perdas do sistema e não são tratadas como consumo energético. As emissões fugitivas são calculadas para CO_2 e CH_4 com base nos volumes de gás natural consumidos, conforme a metodologia do IPCC (2006d).

As emissões de GEE apuradas para os subsetores do setor Energia Estacionária apresentam a variação anual abaixo indicada:

Figura 10: Emissões de GEE dos subsetores do setor Energia Estacionária.



Fonte: elaboração da SVMA.

O consumo energético no setor Energia Estacionária redunda nas seguintes emissões de GEE, segundo suas fontes energéticas:

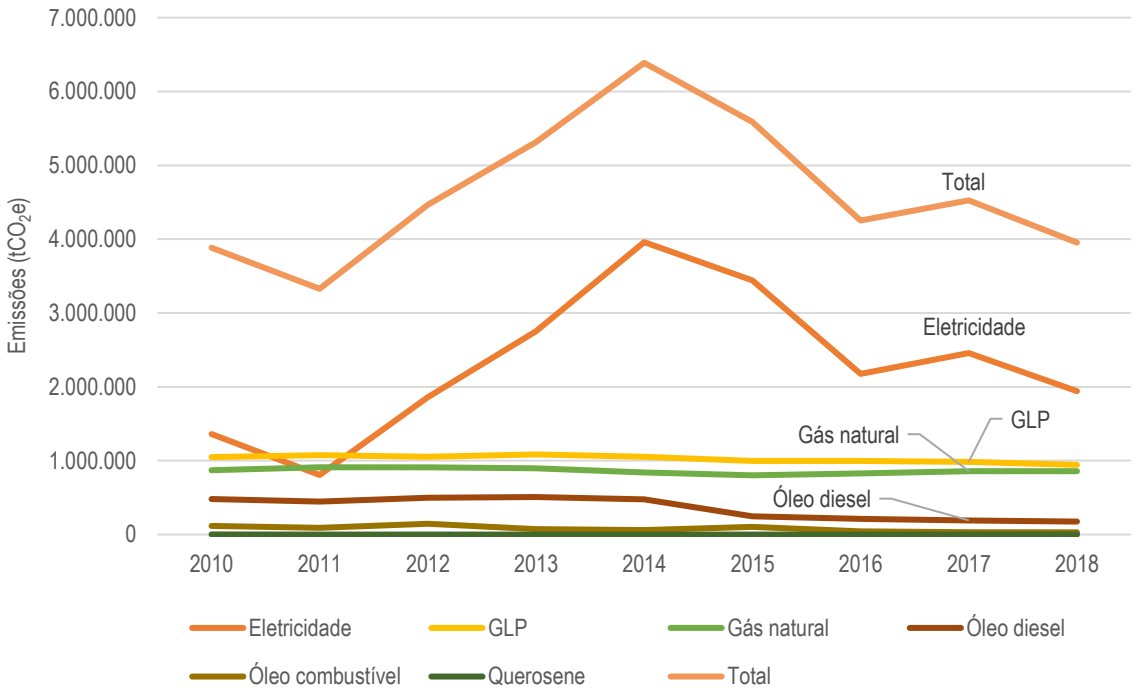
Tabela 13: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por fontes energéticas.

Fonte de energia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					tCO_2e				
Eletricidade	1.359.178	806.090	1.857.962	2.750.753	3.960.085	3.440.233	2.174.341	2.458.748	1.941.958
GLP	1.050.591	1.074.417	1.054.678	1.085.128	1.052.265	997.159	997.362	985.560	943.196
Gás natural	871.344	910.993	909.393	897.678	841.516	802.149	825.887	859.936	859.059
Óleo diesel	482.577	446.790	498.337	508.051	474.583	248.023	211.562	191.749	175.564
Emissões fugitivas*	51.137	41.034	58.635	74.028	79.312	78.630	45.218	56.638	33.794
Óleo combustível	118.567	89.443	145.963	75.038	59.204	102.421	43.727	31.516	31.713
Querosene	941	665	183	489	263	201	100	125	75
Total	3.934.335	3.369.432	4.525.151	5.391.165	6.467.228	5.668.816	4.298.196	4.584.272	3.985.360

Fonte: elaboração da SVMA.
* Emissões fugitivas da distribuição de gás natural.

A variação das emissões deriva da fonte energética utilizada. Por exemplo: em 2011, no setor Energia Estacionária, a eletricidade supriu três vezes mais energia do que o gás natural e o GLP somados, mas ela emitiu apenas 40% do que esses dois gases emitiram (vide Tabela 11 e Tabela 13).

Figura 11: Emissões de GEE do setor Energia Estacionária por fonte energética.

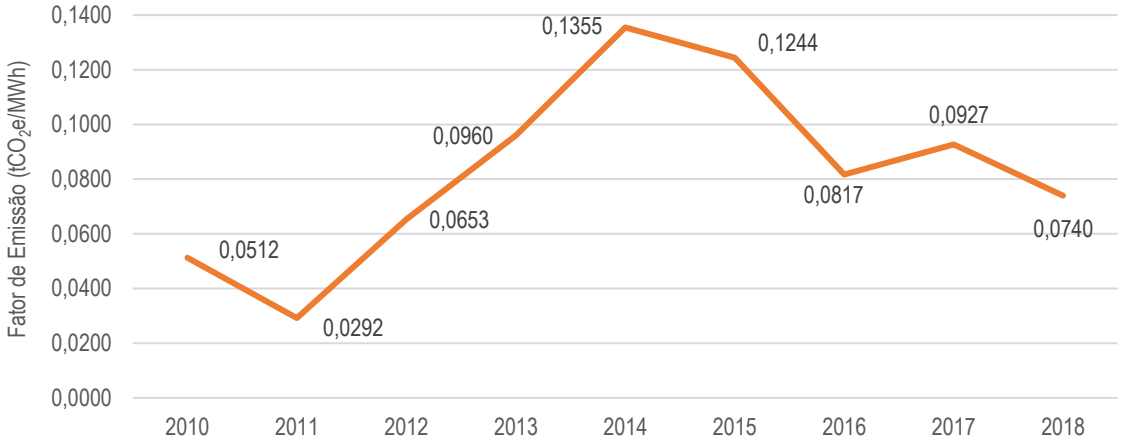


Fonte: elaboração da SVMA.

A curva da variação total das emissões do setor Energia Estacionária na Figura 11 acima é concordante com a curva da variação do fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) que, afinal, é quem mais a influenciou, vide Figura 12 abaixo. Isso pode ser explicado por ser a eletricidade a energia mais consumida no setor, mas também pela crise hídrica, que teve seu pico em 2014, forçando o uso das termoelétricas para geração de eletricidade, dada a insuficiência de

água nos reservatórios das hidrelétricas. Apesar de haver muitas fontes renováveis no SIN, ainda há também combustível fóssil sendo utilizado para gerar eletricidade que, dado o grande consumo, acaba repercutindo no aumento das emissões e dando a tônica da variação do setor Energia Estacionária.

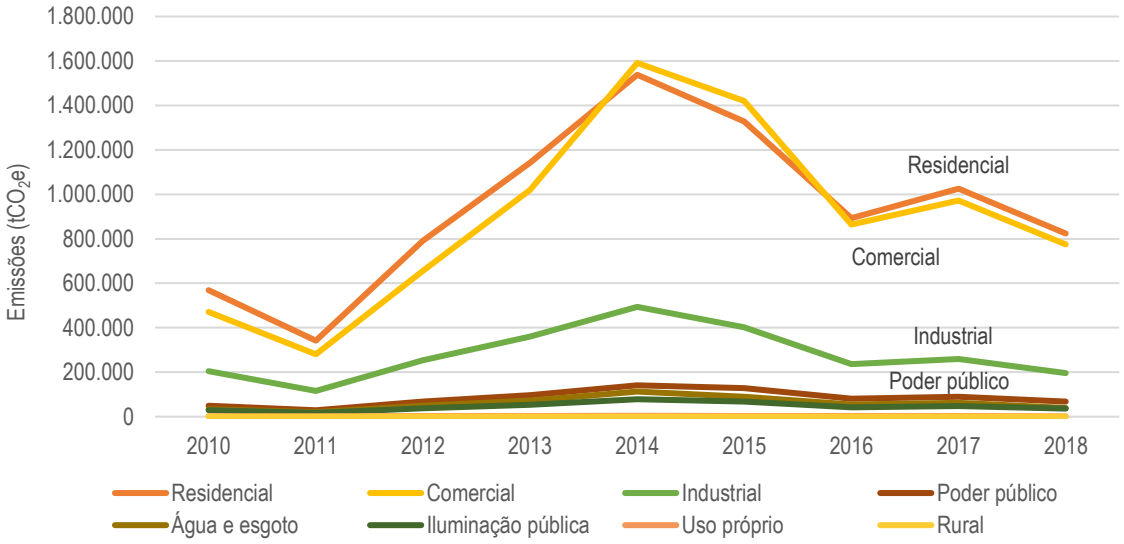
Figura 12: Fator de emissão do Sistema Interligado Nacional - SIN



Fonte: elaboração da SVMA.

Essa variação das emissões mostra a relevância da atuação do governo federal no exercício de sua competência legislativa privativa sobre energia, aqui se destacando a energia elétrica. Os gráficos mostram, claramente, que o padrão de gestão adotado é o que determina as emissões de GEE.

Figura 13: Emissões da eletricidade no setor Energia Estacionária (tCO_2e).



Fonte: elaboração da SVMA.

Quanto menor a participação das usinas térmicas a combustíveis fósseis na matriz elétrica nacional, como foi o caso de 2011 (Figura 13), maior redução da emissão de GEE pode ser obtida pelo uso de energia elétrica.

A Tabela 14 a seguir compara, para o ano de 2018, quanto de energia foi consumida e a respectiva emissão de GEE.

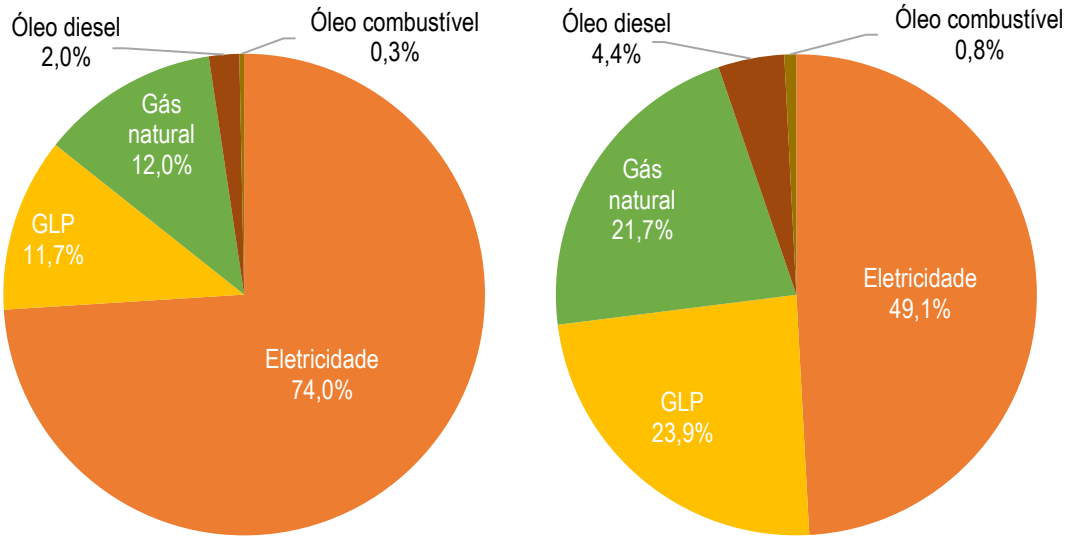
Tabela 14: Emissões de GEE e consumo de energia do setor Energia Estacionária por fontes energéticas no ano 2018.

Fonte de energia	Emissões de GEE		Consumo de energia	
	tCO_2e	%	TJ	%
Eletricidade	1.941.958	49,144	94.474	73,999
Combustíveis fósseis – soma	2.009.608	50,856	33.196	26,001
GLP	943.196	23,869	14.910	11,679
Gás natural	859.059	21,740	15.282	11,970
Óleo diesel	175.564	4,443	2.595	2,033
Óleo combustível	31.713	0,803	408	0,319
Querosene	75	0,002	1	0,001
Soma*	3.951.566	100,000	127.669	100,000

Fonte: elaboração da SVMA.
* Neste cálculo não estão incluídas as emissões fugitivas do gás natural.

Por exemplo, para o ano de 2018, conforme Tabela 14 acima e Figura 14 abaixo, é possível observar que, embora o consumo energético dos combustíveis fósseis equivalha a 26% do consumo total de energia do setor Energia Estacionária, as emissões de gases de efeito estufa deles decorrentes são 51% do total de emissões desse setor. Ou seja: oferecendo apenas 26% da energia, os combustíveis fósseis no setor Energia Estacionária causam 51% das emissões.

Figura 14: Consumo energético (a) e emissões de GEE (b) por fontes energéticas no setor Energia Estacionária em 2018.



a) **Consumo**
de energia por fontes
no setor Energia Estacionária

b) **Emissões**
de GEE por fontes energéticas
no setor Energia Estacionária

Fonte: elaboração da SVMA.

A Figura 14 expressa graficamente a Tabela 14, mostrando a relevância de se

abandonar as tradicionais fontes energéticas de origem fóssil, para reduzir as emissões de GEE.

Caso seja adicionado o critério de eficiência térmica à comparação entre o uso de combustíveis fósseis versus eletricidade, a balança tende ainda mais ainda a favor da última. Para aquecimento de água, por exemplo, um aquecedor eficiente, como os que utilizam a tecnologia da bomba de calor[27], pode utilizar apenas cerca de um terço da energia que os aquecedores a gás consomem. Neste caso, sendo necessária menor quantidade de energia fornecida pela eletricidade do que pelos combustíveis, para uma mesma quantidade de água aquecida, as emissões da eletricidade resultam ainda menores do que os gráficos acima indicam.

Nesse contexto, com a vantagem da eletricidade como opção energética de baixa emissão de GEE e a necessidade da adoção de políticas que reduzam o uso de combustíveis fósseis, é importante avaliar os riscos climáticos e econômicos de investimentos que possam induzir um modelo de negócios que atrele o uso de gás natural, carvão etc., em longo prazo.

5.2.3 Setor Resíduos

O setor Resíduos divide-se nos seguintes subsetores:

- Aterros Sanitários
- Incineração
- Tratamento Biológico
- Efluentes Líquidos

Consideram-se no Escopo 1 as emissões dos resíduos tratados e dispostos dentro do Município, e no Escopo 3 as dos resíduos gerados dentro do Município que são dispostos em outros municípios.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, promulgada pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, estabelece os parâmetros de gestão.

No Município de São Paulo, temos o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (São Paulo/Município, 2014b), aprovado pelo Decreto nº 54.991, de 02 de abril de 2014, com horizonte temporal de 2034, elaborado em consonância com a Política Nacional, que dá as diretrizes para a gestão de resíduos sólidos.

Já os efluentes líquidos, os esgotos, são gerenciados pela concessionária de saneamento, a Sabesp.

As informações aqui utilizadas sobre as atividades geradoras de emissões de GEE derivadas de resíduos têm origem na SABESP, na antiga Autoridade

[27] A Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INMETRO, 2021), traz valores de referência de eficiência dos sistemas de aquecimento de água: 65% para um aquecedor de passagem e 200% para uma bomba de calor.

Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB[28] e no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS).

A produção de CO_2, CH_4 e N_2O pelos resíduos pode ocorrer nas fases de tratamento ou de disposição, por processos aeróbios ou anaeróbios, ou pela incineração. O cálculo das emissões segue o caminho pelo qual se faz a destinação final do resíduo que, na maior parte das vezes, vai para os aterros sanitários, mas pode ser direcionado para receber tratamento biológico (que no Município de São Paulo é feito apenas por compostagem) ou incineração.

Se o metano gerado é recuperado por algum dispositivo para gerar energia, não sendo assim emitido, ele deve ser relatado no setor Energia Estacionária.

As emissões totais do setor Resíduos estão apresentadas na Tabela 15:

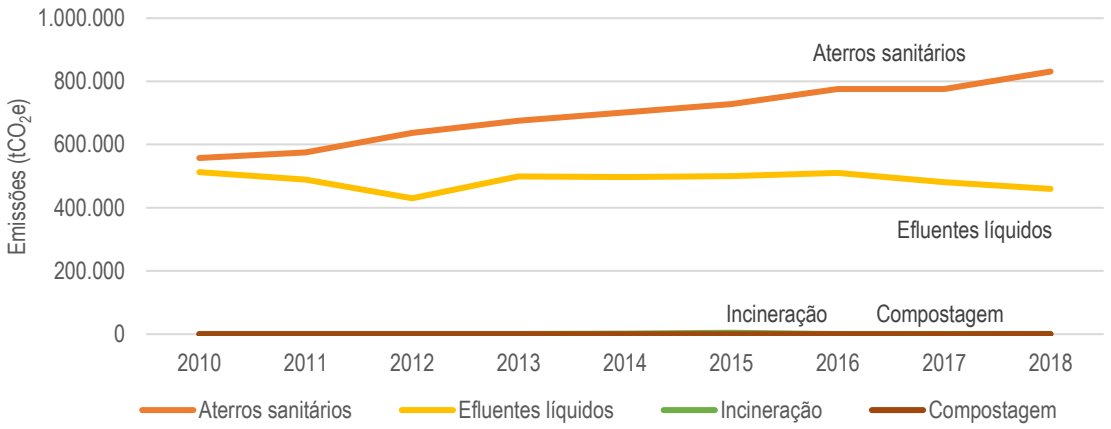
Tabela 15: Emissões do setor Resíduos por subsetores.

Subsetor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	tCO_2e								
Aterros sanitários	557.493	575.143	636.655	675.805	701.570	728.256	775.568	775.671	831.072
Efluentes líquidos	512.758	489.061	429.994	499.052	496.768	500.441	510.095	481.017	459.476
Incineração	608	874	962	930	1.708	4.520	279	281	983
Compostagem*	0	0	0	0	0	0	0	167	263
Total	1.070.858	1.065.079	1.067.610	1.175.788	1.200.046	1.233.217	1.285.942	1.257.136	1.291.794

Fonte: elaboração da SVMA.
* Compostagem é a única forma de tratamento biológico de resíduos sólidos atualmente usada no Município.

A variação anual das emissões dos subsetores do setor Resíduos pode ser visualizada na Figura 15 a seguir. Elas se mostram crescentes no que tange aos aterros sanitários, e têm uma variação em efluentes que, neste momento, não permite identificar tendência clara.

Figura 15: Evolução das emissões de GEE dos subsetores do setor Resíduos.



Fonte: elaboração da SVMA.

[28] A AMLURB está em processo de extinção determinado pela Lei nº 17.433, de 29 de julho de 2020 (artigo 32 e seguintes), sendo suas atribuições delegadas à Agência Reguladora de Serviços Públicos do Município de São Paulo – SP Regula, criada pela mesma lei.

Dentre os setores inventariados, Resíduos apresenta as menores emissões, mas em crescimento, especialmente no subsetor Aterros Sanitários. Há oportunidades para diminuir emissões por meio da transformação dos processos produtivos para que não gerem resíduos ao seu final, com aumento de reciclagem, compostagem, biodigestão e aproveitamento do metano advindo do biogás (biometano) para fins energéticos, entre outros.

É possível dizer, observando-se a Figura 15 acima, que o modo como consumimos em São Paulo gera o que chamamos “lixo”, origem das emissões do subsetor Aterros Sanitários. Fica clara a necessidade de a sociedade paulistana ter que mudar.

É possível também aumentar a proporção de esgotos tratados, aperfeiçoar o tratamento nas estações de tratamento de esgotos (ETE) visando menores emissões de GEE, bem como reduzir a carga orgânica remanescente na água lançada nos rios após o tratamento. Cabe destacar que, apesar de as emissões no setor Resíduos serem proporcionalmente menores em relação ao total, muitas ações necessárias para mitigá-las estão ao alcance do Município.

5.2.3.1 Aterros Sanitários

A disposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários responde pelas emissões de CO_2, CH_4 e N_2O, as quais resultam dos processos de decomposição dos diferentes materiais que compõem os resíduos (IPCC, 2006e).

Segundo o IPCC (2019a), as emissões de N_2O nos aterros sanitários ocorrem em quantidades não significativas. O biogás emitido pelos aterros sanitários é formado principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Este CO_2 é considerado biogênico, por ter origem no CO_2 capturado da atmosfera por fotossíntese e, portanto, não é contabilizado nas emissões antropogênicas de GEE (IPCC, 2019b). O metano (CH_4) formado nos aterros sanitários em ambiente anaeróbio por bactérias metanogênicas, que atuam na degradação da matéria orgânica dos resíduos sólidos depositados, é considerado antropogênico e é contabilizado.

Neste inventário foi adotado o método Decaimento de Primeira Ordem, *First Order Decay* (IPCC, 2019a), que considera as frações de GEE efetivamente emitidas durante o ano considerado. O resíduo depositado vai se degradando ao longo dos anos e, com isso, produzindo emissões de biogás. Há maior emissão quando o depósito do resíduo é recente, e ela vai decaindo com o tempo, até chegar a zero, quando se esgotarem os materiais decomponíveis. Por essa razão, em um ano determinado a emissão dos resíduos é a daquele ano mais as frações das emissões dos resíduos de anos anteriores, sendo de observar que o método estabelece que o resíduo depositado durante os meses de um determinado ano começa a emitir em janeiro do ano subsequente. Neste inventário 2010 – 2018, foram consideradas as emissões dos resíduos depositados em aterros sanitários desde 1978.

Em São Paulo, a estrutura de coleta e disposição de resíduos sólidos diferencia os resíduos domiciliares, industriais, de serviços de saúde, dos grandes geradores, varrição, feiras, podas de árvores e lodo de estação de tratamento de esgotos.

O serviço público municipal de coleta está direcionado aos resíduos domiciliares, varrição, feiras, podas de árvores e lodo de estação de tratamento de esgotos e serviços de saúde.

Os resíduos industriais e os dos grandes geradores[29] de resíduos (como restaurantes, mercados, shopping centers, ou grandes condomínios empresariais) devem ser coletados e destinados por empresas particulares, sob supervisão da AMLURB. Os resíduos de grandes geradores, cadastrados ou não, não foram discriminados, ou nem considerados (caso entregues a empresas contratadas pelos grandes geradores), pois esses dados não estavam sistematizados para serem disponibilizados. Desde 2019, a PMSP cadastra os grandes geradores e a sistematização desses dados possibilitará uma estimativa mais exata das emissões nesse setor. A AMLURB, no prazo de elaboração deste Inventário, ainda não dispunha de base de dados sistematizada em forma digital que pudesse ser disponibilizada.

Tabela 16: Gravimetria das frações dos resíduos sólidos domiciliares coletados.

Fração do resíduo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					%				
MATÉRIA ORGÂNICA	63,9	55,1	45,3	41,7	51,1	39,7	48,8	50,1	47,3
EMBALAGEM LONGA VIDA	0,9	0,9	0,9	1,1	0,8	2,2	1,0	0,6	0,6
EMBALAGEM PET	0,5	0,7	0,7	1,0	0,9	2,0	1,3	0,8	0,8
ISOPOR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,4
PLÁSTICO MOLE	7,0	6,5	8,5	12,0	7,9	11,2	12,8	9,6	10,1
PLÁSTICO DURO	6,1	5,6	7,9	2,5	3,9	5,5	4,7	5,5	7,1
METAIS FERROSOS	1,3	1,6	2,5	2,3	1,3	1,6	1,0	1,2	1,0
PILHAS E BATERIAS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VIDROS	1,7	1,8	2,2	2,9	1,2	3,1	2,1	2,7	2,2
TERRA E PEDRA	2,5	3,6	3,2	1,1	1,4	2,9	1,6	0,9	2,1
MADEIRA	1,3	2,1	2,8	1,3	0,4	1,9	1,8	1,6	1,9
TRAPOS E PANOS	2,1	2,5	2,9	4,4	4,4	4,6	4,1	8,2	5,8
DIVERSOS	2,1	2,0	2,4	2,7	3,0	1,1	1,0	0,4	0,3
ALUMÍNIO	0,3	0,4	0,3	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
BORRACHA	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3	1,9	0,8	0,6	0,2
ESPUMA	0,0	0,0	2,6	0,1	0,1	0,8	0,5	0,2	0,2
FRALDAS E ABSORVENTES	0,0	6,5	4,3	10,2	6,6	7,4	8,1	6,1	8,5
RESÍDUO ELETRÔNICO	1,7	0,0	0,0	0,3	0,8	1,1	0,5	0,0	0,1
PERDAS NO PROCESSO	0,0	1,3	1,5	0,3	0,6	0,3	0,4	0,6	0,5

Fonte: AMLURB.

[29] Grandes geradores são definidos pela Lei nº 14.973, de 11 de setembro de 2009 como os estabelecimentos públicos ou privados com geração de resíduos sólidos, caracterizados como resíduos Classe 2 pela NBR 10.004, da ABNT acima de 200 litros por dia, bem como os condomínios de edifícios não-residenciais ou de uso misto cuja soma dos resíduos sólidos Classe 2 gerados pelas unidades autônomas que os compõem, e que totalize o volume médio diário igual ou superior a 1.000 (mil) litros.

A composição média dos resíduos urbanos coletados no âmbito da gestão da AMLURB implica um padrão de emissões de GEE, pois a emissão de resíduos alimentares, por exemplo, é diferente da emissão de papel, que é diferente da emissão de madeira, etc. Há inclusive materiais que não emitem GEE nos aterros por não serem decomponíveis pelos microorganismos. A composição do RSU, ou o "lixo" como é chamado popularmente, é aferida quadrimestralmente pelas concessionárias, resultando na chamada gravimetria dos resíduos, conforme ilustra a Tabela 16, acima.

Para fins de cálculo, dada a inexistência de informações específicas, foi assumido, como já vinha sendo feito nos inventários anteriores da PMSP, que os resíduos de varrição e feiras livres apresentam a mesma composição gravimétrica que os resíduos domiciliares. Assim, os mesmos índices e fatores pertinentes foram adotados.

Os resíduos de construção civil (entulho) têm como destinação final os aterros de inertes, para os quais se assume não ocorrer emissão de GEE.

Ecopontos são estações de entrega voluntária de inservíveis. A Secretaria Municipal das Subprefeituras (SMSUB) disponibiliza locais de entrega voluntária de pequenos volumes de entulho (resíduos da construção e demolição produzida por pequenos geradores), grandes objetos (móveis, etc.), poda de árvores e resíduos recicláveis (São Paulo/Município, 2021b). O Ecoponto não recebe resíduos domiciliares decomponíveis. Quanto à parcela dos resíduos de Ecoponto destinada a aterros sanitários, assumiu-se, para fim de cálculo, que foram resíduos de poda.

Uma vez que o Ecoponto também recebe materiais não decomponíveis, como os recicláveis, uma parte do resíduo destinado a aterros sanitários poderia ser composta de materiais não aproveitados no processo da reciclagem. Nesse caso, com a disponibilização dos dados necessários, seria possível refazer os cálculos, desconsiderando as parcelas não decomponíveis dos resíduos de Ecopontos, como recicláveis não aproveitados, ou entulho, por exemplo.

Da parcela dos resíduos de serviços de saúde que são tratados em autoclave[30], para fins de cálculo, assume-se que 100% da quantidade tratada tem como destinação final os aterros sanitários.

A geração de resíduos sólidos em São Paulo, segundo dados fornecidos pela AMLURB, é mostrada na Tabela 17.

[30] Os resíduos são submetidos a tratamento térmico, por meio de autoclaves. Nesse processo de tratamento, há a combinação de quatro variáveis: a temperatura, a pressão, o tempo de residência ou tratamento, além do contato ou penetração do vapor na massa de resíduo. Assim, o material contaminado é exposto a calor (temperatura de até 150 °C) e umidade a alta pressão por um período de tempo suficiente para eliminar os microorganismos patógenos e reduzir a carga microbiana presente nesse tipo de resíduo.

Tabela 17: Quantidades de resíduos sólidos por tipos, tratamentos e destinações.

Tipo de resíduo	Tratamento / disposição final	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		10^3 t								
Domiciliar	Aterro Sanitário	3.722,1	3.807,0	3.799,6	3.831,5	3.802,9	3.800,4	3.583,5	3.649,6	3.729,8
Entulho	Aterro de Inertes	1.940,7	1.533,8	1.552,1	1.127,1	843,1	707,5	444,1	500,2	515,6
Ecoponto	Aterro Sanitário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	287,0	366,2	413,8
Varrição/Limpeza	Aterro Sanitário	600,0	722,3	903,7	849,9	790,1	794,8	714,2	636,2	579,4
Feira Livre	Aterro Sanitário	0,0	0,0	66,4	83,4	94,2	92,7	86,4	80,2	69,2
Poda	Aterro Sanitário	48,1	53,9	50,5	50,7	45,2	49,0	42,3	33,8	37,7
Lodo de ETE	Aterro Sanitário	111,7	119,9	166,8	170,6	179,1	163,7	157,4	211,9	211,9
Seletiva	Reciclagem	36,3	48,5	40,3	66,4	65,8	86,7	84,6	87,9	76,9
Resíduos de Saúde	Autoclave	32,2	32,5	34,1	36,2	35,0	26,7	40,2	40,9	41,0
Resíduos de Saúde	Incineração	1,9	2,7	3,0	2,9	5,3	14,0	0,9	0,9	1,1
Feiras e Jardins	Compostagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	1,4
Outros*	Aterro Sanitário	4,6	2,7	2,8	0,4	0,1	14,1	11,6	11,9	10,5

Fonte: elaboração da SVMA a partir de informações da AMLURB.
* Outros é uma categoria de resíduos coletados que agrega diferentes tipos de materiais ou coletas que sofreram descontinuidade administrativa em seu monitoramento, ou seja, há informação em um ano e não há em outros.

Para o período 2010 – 2018 três aterros sanitários foram utilizados como destinação final para resíduos domiciliares: Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) Leste, Centro de Disposição de Resíduos (CDR) e o CTR Caieiras. Os dois primeiros ficam no Município de São Paulo e, portanto, dentro do Escopo 1; já o terceiro fica no Município de Caieiras e, estando fora dos limites do território de São Paulo, fica incluído no Escopo 3.

Além dos resíduos transportados diretamente da coleta para os aterros, também foram depositados nos aterros os resíduos que passaram pelos transbordos, sendo que os transbordos Santo Amaro, Itatinga, São João e Vergueiro tiveram como destinação final o CTR Leste, e o Transbordo Ponte Pequena destinou para o CTR Caieiras (São Paulo/Município, s.d.).

O lodo que resulta do tratamento de efluentes líquidos pelas ETEs é enviado para disposição final nos aterros sanitários e, por isso, tem suas emissões contabilizadas neste subsetor (e não no subsetor Efluentes Líquidos).

O metano recuperado por equipamentos instalados nos aterros, que, portanto, deixa de ser lançado na atmosfera, é usualmente destruído por combustão, em queimadores tipo *flare*[31], ou é purificado para ser utilizado como combustível para geradores de energia elétrica. Neste caso, as emissões são consideradas dentro do setor Energia Estacionária. O dióxido de carbono da queima de metano emitido pelo aterro, capturado pelo sistema de recuperação e finalmente destruído, é considerado biogênico e, por essa razão, não é contabilizado.

Em um aterro sanitário moderno, em média 85% (CIRIS, s.d.) do gás é coletado pelo sistema de recuperação, ou seja, o fator de eficiência de coleta é de 0,85.

[31] O queimador comumente conhecido por sua designação em inglês *flare* é uma enorme tocha situada nos aterros sanitários (ou mesmo em refinarias ou outras indústrias) que queima os gases que emanam do aterro. A combustão do metano expelido nos *flares* torna-o CO_2, o que já reduz em 28 vezes o poder de aquecimento global do gás emitido por essas estruturas.

Este inventário adotou essa elevada eficiência de coleta e uma taxa de destruição pelo *flare* igual a 0,90 (CIRIS, s.d.).

As emissões de GEE do subsetor Aterros Sanitários são, portanto, as seguintes:

Tabela 18: Emissões antropogênicas do subsetor Aterros Sanitários por escopos.

Gás	Escopo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		10^3 tCO_2e								
CH_4	1	348	385	417	432	447	473	487	510	543
	3	227	251	259	267	276	294	278	279	288
Total contabilizado	1 + 3	575	637	676	699	723	767	765	789	831

Fonte: elaboração da SVMA.

Tabela 19: Emissões biogênicas não contabilizadas do subsetor Aterros Sanitários por escopos.

Gás	Escopo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		10^3 t								
CO_2	1	451	499	540	559	579	612	631	661	703
	3	294	326	336	346	357	381	360	362	373
Soma	1 + 3	745	825	876	905	936	993	991	1023	1076

Fonte: elaboração da SVMA.

5.2.3.2 Tratamento Biológico

Este subsetor usualmente engloba a compostagem, o tratamento mecânico biológico e a digestão anaeróbica de resíduos orgânicos (restos de alimentos ou de poda, lodo de ETE e outras fontes de resíduos orgânicos). No caso do Município de São Paulo, só é realizada a compostagem, sendo reportadas as emissões de CH_4 e N_2O.

No Município de São Paulo, obedecendo ao PGIRS, uma fração dos resíduos orgânicos de feiras livres e dos resíduos vegetais de poda de árvores é tratada por compostagem, um processo biológico de baixa emissão de GEE, feito de modo predominantemente aeróbico, que emite principalmente CO_2 biogênico e bem pouco metano.

Estruturou-se o denominado Programa Feiras e Jardins Sustentáveis (São Paulo/Município, 2021c), dentro do qual a compostagem começou a ser feita em 2016, com a inauguração do Pátio de Compostagem da Lapa. Em 2018, foram inaugurados mais três pátios: Sé, Mooca, São Mateus. Faz parte dos planos da cidade, de acordo com o PGIRS, aumentar a participação da compostagem no tratamento de resíduos orgânicos, evitando sua destinação para aterros, sendo possível ainda, o aproveitamento do produto final para aplicação no melhoramento de solos.

Para o cálculo do subsetor Tratamento Biológico foram considerados os dados oferecidos pela AMLURB para os anos 2016 a 2018, dado que não havia compostagem entre 2010 e 2015:

Tabela 20: Quantidades de resíduos sólidos orgânicos encaminhados para compostagem.

2016	2017	2018
	t	
887,8	948,4	1.375

Fonte: AMLURB/SISCOR.

As emissões de GEE advindas da compostagem foram calculadas utilizando fatores de emissão padrões do IPCC (2006f).

Tabela 21: Emissões de GEE (CH_4 e N_2O) da compostagem de resíduo sólidos.

Gás	2016	2017	2018
		tCO_2e	
CH_4	99	106	154
N_2O	71	75	109
Total	161	181	263

Fonte: elaboração da SVMA.

5.2.3.3 Incineração

Há dois incineradores utilizados pelo Município para tratamento de resíduos de serviços de saúde (RSS), situados nos municípios de Pirapora do Bom Jesus e Taboão da Serra, na região metropolitana. As emissões da incineração estão incluídas no Escopo 3, pois foram originadas de resíduos do Município, mas efetivamente ocorreram em outros municípios.

Os RSS são os resíduos produzidos por hospitais, farmácias, clínicas médicas, odontológicas e veterinárias, centros de saúde, laboratórios, ambulatórios, centros de zoonoses, prontos-socorros e casas de saúde, entre outros. Os geradores deste tipo de resíduo devem se cadastrar na AMLURB, que realiza a coleta e destinação ao tratamento. Cabe ressaltar que apenas uma parte dos RSS do Município (especialmente os resíduos clínicos e farmacêuticos não tratáveis por autoclave) é incinerada, pois também são utilizados processos de desativação de RSS por autoclavagem, sendo que a destinação final, neste caso, são os aterros sanitários.

Nesse processo são gerados CO_2, CH_4 e N_2O. Para fins de cálculo é adotado conforme a metodologia IPCC (2006g) que 60% do carbono do resíduo incinerado é de origem fóssil. O total anual de RSS que é incinerado está apresentado a seguir:

Tabela 22: Quantidade de resíduos de serviços de saúde incinerados.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
				t				
1.884	2.707	2.978	2.878	5.288	13.994	865	869	1.095

Fonte: AMLURB.

As oportunidades de redução de emissões estão ligadas, por exemplo, a

embalagens e produtos utilizados nos serviços de saúde, dado que os materiais orgânicos, os agentes infectantes, etc., continuarão a existir.

As emissões foram calculadas utilizando fatores padrão do IPCC (2006g). Foi adotada a mesma composição do resíduo sólido municipal, dada a inexistência de estudos gravimétricos específicos. O tratamento por incineração implica a emissão de GEE indicada a seguir:

Tabela 23: Emissões de GEE do subsetor Incineração (Resíduos de Saúde).

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
				tCO_2e				
608	874	962	930	1.708	4.520	279	281	983

Fonte: elaboração da SVMA.

5.2.3.4 Efluentes Líquidos

Os efluentes líquidos — que compõem o esgoto — podem ser tratados por processos aeróbios, anaeróbios, ou em modo combinado. Quando o tratamento é anaeróbio, há produção de CH_4 e, em ambos os tipos de tratamento, há produção de N_2O através de nitrificação e denitrificação. O CO_2 também é produzido, em maior proporção nos tratamentos aeróbios, mas é considerado biogênico, pois originado de vegetais e animais. Foram calculadas as emissões dos efluentes líquidos nas seguintes categorias:

- coletados e tratados em estação de tratamento de esgoto (ETE);
- coletados e tratados, com destinação em rios, pós-tratamento em ETEs;
- coletados e não tratados, com destinação em rios e lagos;
- não coletados e não tratados, com destinação em rios e lagos;
- não coletados e tratados em fossas sépticas;
- não coletados e tratados em latrinas.

Dentre as ETEs que servem o Município, ETE ABC, ETE Parque Novo Mundo, ETE São Miguel e ETE Bandeirantes estão localizadas dentro dos limites do Município. Suas emissões, portanto, são contabilizadas no Escopo 1 do inventário GPC. Entretanto, a ETE Barueri, onde são tratados cerca de dois terços dos efluentes líquidos gerados no Município que passam por ETE, está localizada no município de Barueri, e esses efluentes são contabilizados no Escopo 3 do inventário GPC.

A Sabesp, concessionária dos serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, enviou os dados necessários para os anos 2010 a 2017, mas as informações para 2018 foram obtidas no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (Brasil/Ministério de Desenvolvimento Regional, s.d.). Não foi possível obter informações sobre quantidades e cargas orgânicas dos efluentes industriais coletados pela Sabesp, os quais, antes do lançamento nas redes, são parcialmente tratados, de forma a atender aos padrões das ETEs. Além do benefício que a eficiência das ETEs traz para a despoluição das bacias hidrográficas, a melhor disponibilização das informações

relativas ao tratamento de esgotos irá possibilitar aprimoramentos nos cálculos das emissões desse importante subsetor, contribuindo para o planejamento de estratégias de mitigação. O volume de esgoto tratado informado pela Sabesp foi o seguinte:

Tabela 24: Volume de esgoto do Município de São Paulo tratado em ETEs.

Estação de tratamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
					10^3 m^3				
ETE ABC	16.635	13.385	12.983	12.894	19.143	21.564	20.040	14.714	
ETE Barueri	284.001	272.425	282.782	281.628	254.140	229.108	280.856	294.487	
ETE Pq. Novo Mundo	78.156	72.857	81.146	82.455	79.753	62.982	79.353	81.173	
ETE São Miguel	25.356	25.842	29.620	29.845	31.434	31.836	28.677	34.619	
ETE Bandeirantes	86	71	90	118	97	69	64	60	
Volume Total	404.235	384.580	406.620	406.940	384.569	345.559	408.991	425.053	451.509

Fonte: elaboração da SVMA a partir de informações de Sabesp e SNIS.
* Os volumes de esgoto tratados por ETE foram informados diretamente pela concessionária, exceto em 2018, no qual o volume total foi obtido de forma indireta, no website do SNIS.

A quantidade total de esgoto produzida pela população do Município foi estimada tomando por base as quantidades de esgoto tratadas nas ETEs fornecidas pela Sabesp e os índices de tratamento e destinação do Plano Municipal de Saneamento Básico estimados para o ano de 2016 (São Paulo/Município, 2021d). Desses índices deriva que a parcela do esgoto total produzido que é coletada e tratada corresponde a 63% do total, o que permite inferir o volume total produzido. Assim, temos o seguinte volume total de esgoto que é considerado para o cálculo de emissões:

Tabela 25: Volume total de esgoto estimado por escopo.

Escopo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
					10^6 m^3				
Escopo 1	1.908	1.780	1.966	1.989	2.070	1.848	2.034	2.072	2.238*
Escopo 3	4.508	4.324	4.489	4.470	4.034	3.637	4.458	4.674	4.929*
Volume Total	6.416	6.104	6.454	6.459	6.104	5.485	6.492	6.747	7.167

Fonte: elaboração da SVMA.
* Os volumes nos escopos 1 e 3 para o ano de 2018 foram estimados pela multiplicação da proporção média entre escopos 1 e 3 dos anos anteriores pelo volume total desse ano.

Para as demais combinações de tipo de tratamento e de destinação apontadas no Plano Municipal de Saneamento Básico, que são as condições básicas para estruturar o cálculo das emissões, foi considerado que o *coletado e não tratado* corresponde a 21% do esgoto total, *não coletado e não tratado* 13% (sendo estes dois últimos casos direcionados a rios e lagos), *não coletado mas tratado em fossas sépticas* 2%, e *não coletado mas tratado em latrinas*, 1%.

Para calcular a Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) total, os dados demográficos da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade) foram associados aos padrões de emissão de DBO por habitante no Estado de São Paulo, de 54 g DBO/hab.dia, seguindo a metodologia utilizada pela Cetesb (2013) em inventários estaduais.

Para cada tipo de destinação, foram calculadas as emissões de CH_4 com base nas quantidades de efluentes e nos fatores de emissão do IPCC (2006h), os quais variam em função principalmente dos graus de anaerobiose das respectivas destinações. Foi adotada a premissa de que cerca de dois terços da carga orgânica sejam degradadas aerobicamente no sistema de lodo ativado utilizado nas ETEs. Ou seja, que 67% da carga orgânica recebida no tratamento por lodo ativado são tratadas de forma aeróbia e 33% de forma anaeróbia, conforme os padrões adotados por Cetesb (2013). Para a ETE com sistema misto, com reator aeróbico e digestor anaeróbico de lodo, foi utilizado o fator de emissão equivalente a 0,192 kg CH_4/kg DBO5 (Noyola et al., 2018). Não foram estimadas separadamente as emissões de metano que ocorrem antes da fase anaeróbica do tratamento, do GEE dissolvido no efluente líquido que chega na estação de tratamento, bem como as emissões na própria tubulação da rede coletora. Em parte, essas emissões estão sendo estimadas como ocorrendo na fase anaeróbia do tratamento nas ETEs.

A eficiência (% da DBO removida) das ETEs foi obtida no Relatório de Qualidade de Águas Superficiais no Estado de São Paulo da Cetesb (2013). A DBO nos efluentes das ETEs foi estimada subtraindo-se a DBO removida pelas ETEs da DBO por elas tratada. Foram calculadas e contabilizadas as emissões de metano da digestão da DBO remanescente na água efluente das ETEs descarregadas em cursos d'água, utilizando o fator de emissão para rios e lagos. A DBO removida na forma de lodo e destinada aos aterros sanitários foi estimada pela multiplicação das quantidades de lodo informadas pela Sabesp e pelos fatores de 1,0 t DQO/t lodo, que é a média dos valores utilizados nos cálculos do Inventário de Emissão de GEE dos anos 2003 a 2009 (São Paulo/Município, 2014a) e de 0,5 t DBO/t DQO (Cetesb, 2013).

Foi considerado que 100% do biogás capturado nos digestores anaeróbios passa por queimadores que têm 50% de eficiência, destruindo 50% do metano capturado (Cetesb, 2013); disso decorre que ainda é emitido 50% do metano capturado.

Para o cálculo das emissões de N_2O, foi adotado o valor da ingestão diária de proteína animal recomendada pela Anvisa para adultos, de 0,05 kg/pessoa.dia (BRASIL/Anvisa, 2005), e demais fatores do IPCC (2006h). Foi considerado que as ETEs que servem ao Município não utilizam etapa de remoção de nitrogênio, e que o nitrogênio não é removido do lodo encaminhado para os aterros.

A disposição final do lodo gerado nas ETEs da Sabesp ocorre nos mesmos aterros sanitários que servem ao Município de São Paulo, sendo as emissões de GEE relativas ao lodo contabilizadas nas emissões do respectivo aterro sanitário. Nos aterros que não possuem estação de tratamento de chorumes, estes são coletados e transportados em caminhões tanque até as ETEs da Sabesp, onde são tratados.

Nestas circunstâncias, a emissão de GEE do subsetor Efluentes Líquidos resultou no seguinte (Tabela 26):

Tabela 26: Emissões de GEE (CH_4 e N_2O) por escopos no subsetor Efluentes Líquidos.

GEE	Escopo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		tCO_2e								
CH_4	1	125.353	115.834	102.809	125.044	136.755	136.930	130.176	118.555	112.798
	3	296.092	281.361	234.762	281.025	266.466	269.398	285.330	267.396	248.419
	1+3	421.445	397.195	337.571	406.069	403.221	406.328	415.506	385.951	361.218
N_2O	1	27.963	27.579	28.971	29.466	32.645	32.628	30.483	30.035	30.683
	3	66.051	66.990	66.156	66.223	63.608	64.193	66.815	67.742	67.575
	1+3	94.014	94.569	95.127	95.689	96.253	96.822	97.298	97.777	98.258
CH_4 + N_2O	1	153.316	143.413	131.780	154.510	169.400	169.558	160.659	148.589	143.482
	3	362.143	348.351	300.918	347.248	330.075	333.592	352.145	335.138	315.994
	1+3	515.459	491.764	432.698	501.758	499.475	503.150	512.804	483.728	459.476

Fonte: elaboração da SVMA.

Os efluentes das próprias ETEs, ao final do processo de tratamento, são lançados com cargas orgânicas equivalentes às dos corpos d'água receptores, que já apresentam elevados níveis de matéria orgânica dissolvida, com ocorrência de anaerobiose e emissão de metano para a atmosfera. Um melhoramento possível nas ETEs é aumentar a remoção de DBO, nitrogênio e nutrientes nos tratamentos secundários e terciários, reduzindo a carga orgânica que é lançada nos corpos de água e colaborando para atenuar a poluição hídrica.

6 Considerações finais

Elaborar continuamente inventários com qualidade, isto é, com transparência, completude, consistência, comparabilidade e acurácia, é essencial para a compreensão e monitoramento das emissões de GEE. Possibilita decidir em que intensidade e velocidade elas devem ser eliminadas ou atenuadas. Atualmente, publicar inventários de emissões de gases de efeito estufa é fundamental para governos e empresas, pois tem forte impacto econômico-financeiro, afetando tanto as decisões sobre investimentos como a obtenção de financiamentos.

Uma transição macroeconômica mundial está em curso, alavancada pela Convenção do Clima e pela necessidade de descarbonizar nossos modos de produção e de consumo. Para o aquecimento global ficar abaixo de 1,5 °C em 2100, conforme apontou o IPCC em seu relatório *Global Warming of 1.5°C* (Aquecimento Global de 1,5 °C), de 2018, é necessário começar "ontem" a neutralização das emissões de CO_2, para chegar a zero líquido (*net zero*) preferencialmente até 2050. Ou, como consta no Pacto Climático de Glasgow: "...esforços acelerados na redução da energia a carvão não-abatível e a eliminação dos subsídios aos combustíveis fósseis ineficientes", onde a escolha cuidadosa de cada palavra reflete as dificuldades do caminho.

A transformação provocada pelo cumprimento dos objetivos da Convenção do Clima implica, inevitavelmente, a perda econômica e de poder de muitas instituições, como é o caso do setor petrolífero ou de países dele dependentes. No caso das cidades, quanto mais elas conheçam e estejam preparadas para se adequar a este "novo mundo", mais condição terão seus habitantes de enfrentarem as alterações trazidas pela mudança do clima e pela nova economia.

As informações científicas disponíveis são constantemente atualizadas e sempre implicam opções políticas que podem ter diferentes abordagens. O exemplo do metano é clássico: a escolha do GWP para 100 anos no cálculo dos inventários pode implicar opções políticas muito diferentes, já que o metano é um gás de vida curta na atmosfera. Caso fosse utilizado o GWP de 20 anos, bem diferentes poderiam ser os resultados, com emissões (medidas como CO_2e) muito maiores, dado que considerariam a relevante influência do metano nesse período. Similar a este, há outros casos, mas em situação inversa. O que importa é ver que cada número tem por trás de si implicações de ordem política.

As emissões de GEE do Município de São Paulo, para os anos de 2010 a 2018, totalizaram um pouco mais de 15 milhões de toneladas de CO_2e anuais, em média. Até 2014 houve um aumento nas emissões totais com posterior decrescimento em 2016, um leve aumento em 2017 e nova queda em 2018. Energia Estacionária é o segundo setor nas emissões, com destaque para a energia elétrica, que apresenta variações devidas aos fatores de emissão do SIN. Já as emissões do setor Resíduos são as menores, porém, tiveram aumento durante o período inventariado.

O setor Transporte é o mais importante a ser considerado em políticas que visem a diminuição das emissões de GEE do Município, sendo de se destacar a

importância de reduzir ou eliminar o uso combustíveis fósseis, já que são a principal fonte dessas emissões. As grandes distâncias entre os locais de moradia e de oportunidades de trabalho, estas concentradas na região central e no sudoeste do Município de São Paulo, são fatores que agravam o uso intensivo do transporte, com destaque para o uso do transporte individual motorizado, e aumentam as emissões de GEE e de outros poluentes atmosféricos.

No subsetor Transporte Rodoviário, há substanciais variações nas emissões antropogênicas anuais, relacionadas com as diferenças nos preços de gasolina C e etanol hidratado, que são determinantes na utilização do combustível fóssil ou do biocombustível nos veículos *flex fuel*. Se comparado ao Transporte, o setor Energia Estacionária apresenta emissões menores, mas que correspondem a cerca de um terço das emissões de GEE inventariadas. Isso porque as emissões desse setor têm ligação com os combustíveis fósseis, aqui representados pelo gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural, além das emissões advindas do uso da eletricidade, em parte gerada por sistemas termoelétricos a combustíveis fósseis.

As oportunidades para redução de emissões de GEE são muitas e, por exemplo, estão ligadas à reorientação da localização das atividades econômicas, particularmente aquelas geradoras de empregos, de modo a diminuir as distâncias casa-trabalho. Além disso, a melhoria crescente do transporte coletivo e de sua intermodalidade tende a atrair novos usuários, favorecendo a redução do uso do transporte individual motorizado.

Nas grandes cidades e regiões metropolitanas, como a de São Paulo, o transporte metroferroviário de passageiros (de propulsão elétrica) consegue fazer frente ao uso intensivo de veículos particulares, mas a extensão atual da malha ainda é insuficiente e não atende às demandas das principais cidades da Região Metropolitana de São Paulo. A ampliação do transporte ativo (feito por pedestres e ciclistas), por meio da melhoria e expansão da infraestrutura a eles destinadas (calçadas e sistema cicloviário) e do seu gerenciamento de tráfego, é outra opção tanto mais valorizada quanto menor a distância casa-trabalho. Já para o transporte de cargas, medidas como a criação de vários pequenos centros de distribuição e logística e a regulamentação de estacionamentos de carga e descarga proporcionariam redução da concentração de veículos e aumento da fluidez no trânsito.

Além da redução do consumo de combustíveis fósseis, há oportunidades para a redução das emissões do setor Energia Estacionária através da melhoria da eficiência energética dos equipamentos utilizados em atividades humanas, produtivas ou não, como iluminação, cocção, aquecimento de água, ventilação ou condicionamento de ar, funcionamento de maquinário, etc. Isso implica a necessidade de melhoria tecnológica e de mercado, pois os produtos postos à disposição dos consumidores precisam ser acessíveis e ter maior eficiência energética.

Deve-se considerar que o gás natural, embora produza menores emissões que o óleo diesel, também é combustível fóssil. Por outro lado, o biometano, que é um biocombustível, pode substituir ou ser misturado ao gás natural, utilizando o

mesmo sistema de distribuição, com a vantagem de não gerar emissões antropogênicas. Enfim, muitas são as oportunidades de melhoria, embora nem sempre de fácil realização.

Em 2014, no auge da crise hídrica que atingiu o Estado de São Paulo, quando não havia água suficiente para geração da eletricidade demandada, as emissões chegaram a 17 milhões de toneladas de CO_2e, pressionadas pela ativação de muitas usinas termoelétricas, o que elevou o fator de emissão da eletricidade do Sistema Interligado Nacional e determinou a variação da emissão total em São Paulo.

Também é fundamental que a legislação urbanística seja revista contemplando a minimização de emissões de GEE. O desenho urbano e o de implantação de edifícios devem permitir maior infiltração das águas de chuva e o incremento da arborização, objetivando proporcionar maior conforto térmico e recarga de aquíferos. Já o desenho arquitetônico das edificações implica maior ou menor necessidade de consumo energético e seus padrões precisam ser transformados para novas possibilidades de minimização desse consumo, principalmente para as edificações destinadas à população de baixa renda.

Embora o setor Resíduos apresente as menores emissões de GEE, a Cidade pode contribuir para sua redução. Estão em estudo os Ecoparques previstos no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e a perspectiva da redução de emissões de GEE é uma diretriz. A compostagem de resíduos orgânicos gera adubo que poderá ser utilizado na manutenção das áreas verdes públicas ou em outras atividades, como a agricultura agroecológica. Incentivos e expansão aos Programas já existentes, como o Feiras e Jardins Sustentáveis e Compostagem nas Escolas, e criação de novos programas, como a compostagem na origem, isto é, nas residências e nos estabelecimentos comerciais e de serviços, podem contribuir nesse processo, muito relevante para transformação dos comportamentos no rumo da descarbonização.

A efetividade de todas estas políticas dependerá da articulação entre os diversos entes federativos. A Política Nacional sobre Mudança do Clima, que tem projeto de lei de alteração apresentado no final de 2021, traz um compromisso nacional voluntário de redução de emissões, o qual demanda um esforço conjunto de mitigação entre governos, empresas e sociedade. Além disso, as ações e medidas de adaptação aos efeitos da mudança do clima exigem recorte local e regional. As especificidades de cada cidade ou região precisam ser contempladas, pois medidas que atendem as necessidades de uma área podem não responder positivamente aos problemas de outra.

Crescer e combater a pobreza sem aumentar as emissões de gases de efeito estufa, e ainda neutralizar a emissão de carbono até 2050, é um enorme desafio. A crise provocada pela pandemia da Covid 19 poderá ser, nesse sentido, uma oportunidade para uma recuperação mais sustentável. Para tanto, além das competências municipais (que envolvem tanto a Prefeitura como a Câmara Municipal), estão as de ordem estadual e federal, que podem acelerar ou impedir as devidas transformações e transições para um modo de gestão urbana alinhado ao Acordo de Paris e à emergência climática. No entanto, esse objetivo

só será atingido com a adesão do setor empresarial, da academia, das entidades da sociedade civil, consórcios e comitês, etc., ou seja, de toda a sociedade.

A elaboração de inventários é um processo contínuo de aperfeiçoamento, de mesmo modo que o são as metodologias ou modelos utilizados para a contabilização. Os arquivos e bancos de dados utilizados como base para o cálculo são usualmente frutos dos respectivos processos de gestão praticados pelos órgãos ou empresas competentes. Isso implica o acesso adequado (ou não) à informação necessária para o cálculo. A melhoria desses arquivos ou bancos de dados, inclusive de sua transparência, poderá proporcionar melhoria na qualidade dos inventários e, evidentemente, proporcionar mais qualidade ao processo decisório a eles vinculado.

Por fim, é essencial que as equipes técnicas municipais que elaboram os inventários sejam continuamente treinadas para acompanhar a evolução desse campo de atividade, capacitando-se para apoiar a execução das políticas de descarbonização. As prefeituras precisam contar com técnicos que conheçam o tema da mitigação de emissões de GEE, ou de inventários de emissões de GEE, para qualificar sua interlocução em discussões sobre o que é melhor para cada uma de suas cidades, evitando falsas soluções.

Bibliografia

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Lista de aeródromos civis cadastrados**. (s.d.). Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/lista-de-aerodromos-civis-cadastrados (acesso em 03/02/2022).

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010**. 2010. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf (acesso em 12/11/2021).

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Consumidores**. 2017. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/classe/654800?inheritRedirect=false (acesso em 26/01/2022).

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Solicitação de Informações para inventário 2010 – 2017** [mensagem institucional]. Mensagem recebida por <mudancasclimaticas@prefeitura.sp.gov.br> em15/03/2019.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Solicitação de Informações para inventário 2018** [mensagem institucional]. Mensagem recebida por <mudancasclimaticas@prefeitura.sp.gov.br> em 18/08/2021.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Mistura de biodiesel ao diesel passa a ser de 13% a partir de hoje (1/3)**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3 (acesso em 04/11/2021).

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico**. (s.d.). Disponível em: http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico (acesso em 22/011/2021).

BBC NEWS. ***COP26: India PM Narendra Modi pledges net zero by 2070***. 2021. Disponível: https://www.bbc.com/news/world-asia-india-59125143 (acesso em 13/01/2021).

BLACKROCK. *A Framework for our clients.* ***How to invest in the net zero transition***. 2022. Disponível em: https://www.blackrock.com/us/individual/transition-investing (acesso em 18/02/2022).

BP. British Petroleum. ***Statistical Review of World Energy – 2021***. 2021. Disponível em: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf (acesso em 14/02/2022).

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Diretoria Colegiada. **Resolução-RDC nº 269-2005**. 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0269_22_09_2005.html (acesso em 30/05/2020).

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. **Despacho de 04 de novembro de 2021**. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/despacho-de-4-de-novembro-de-2021-356944266 (acesso em 14/02/2022).

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (Constituição Federal), de 05 de outubro de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm (acesso em 19/07/2020).

BRASIL. **Decreto nº 9.172, de 17 de outubro de 2017**. Institui o Sistema de Registro Nacional de Emissões - Sirene, dispõe sobre os instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima a que se refere o inciso XIII do caput do art. 6º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, e altera o Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamenta a referida Política. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19361351/do1-2017-10-18-decreto-n-9-172-de-17-de-outubro-de-2017-19361289 (acesso em 26/01/2022).

BRASIL. **Lei nº 8.721, de 28 de outubro de 1993**. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm (acesso em 26/01/2022).

BRASIL. **Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993**. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm (acesso em 03/01/2022).

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478 de 06 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em: https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=11097&ano=2005&ato=d18QTVE5EMRpWT68f (acesso em 15/01/2022).

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm (acesso em 26/01/2022).

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm (acesso em 03/02/2022).

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 6539, de 2019**, altera a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, para atualizá-la ao contexto do Acordo de Paris e aos novos desafios relativos à mudança do clima. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140343 (acesso em 14/02/2022).

BRAZIL CLIMATE ACTION HUB. **Nosso agradecimento por fazer do BRAZIL HUB** — O espaço da sociedade brasileira na COP26! (s.d.). Disponível em: https://www.brazilclimatehub.org/ (acesso em 14/02/2022).

C40 CITIES. ***Reporting GHG emissions inventories - City Inventory Reporting and Information System – CIRIS***. (s.d.). Disponível em: https://resourcecentre.c40.org/resources/reporting-ghg-emissions-inventories (acesso em 27/01/2022).

C40/WRI/ICLEI. ***Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories***. *An Accounting and Reporting Standard for Cities Version 1.1.* 2021. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf (acesso em 27/01/2022).

CADE/ANP/EPE. Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Empresa de Pesquisa Energética. **Manual Orientativo de Boas Práticas Regulatórias do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural (CMGN)**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/novo-mercado-de-gas/cmgn/publicacoes/manual-de-boas-praticas-regulatorias_final.pdf (acesso em 26/01/2021).

CBC. Centro Brasil no Clima. **Governadores lançam o Consórcio Brasil Verde, em Glasgow, na COP26**. 2021. Disponível em: https://www.centrobrasilnoclima.org/post/governadores-lan%C3%A7am-o-cons%C3%B3rcio-brasil-verde-em-glasgow-na-cop26 (acesso em 12/02/2022).

CCAC. Climate and Clean Air Coalition. ***Methane***. (s.d.). Disponível em: https://www.ccacoalition.org/en/slcps/methane (acesso em 14/02/2022).

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Relatório de Qualidade de Águas Superficiais no Estado de São Paulo**. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/ (acesso 30/05/2020).

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 035/2021/P, de 13 de abril de 2021**. Dispõe sobre os critérios para a elaboração do inventário de emissões de gases de efeito estufa e dá outras providências. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/DD-035-2021-P-Criterios-para-a-elaboracao-do-inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-no-Estado-de-Sao-Paulo-e-da-outras-providencias.pdf (acesso em 28/01/2022).

CIMC. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília. 2008. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf (acesso em 28/01/2022).

CLIMAINFO. **Na COP26, sociedade brasileira amplia sua participação no debate climático**. (s.d.). Disponível em: https://climainfo.org.br/2021/11/17/na-cop26-sociedade-brasileira-amplia-sua-participacao-no-debate-climatico/ (acesso em 02/01/2022).

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986**. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=41 (acesso em 31/01/2022).

CONCKLIN & de DECKER. JSSI Company. ***Report Calculator***. (s.d.). Disponível em: https://report.conklindd.com/login?returnUrl=%2Fcalculator%3F (acesso em 30/05/2020).

CREDENDIO, J. E. Nível de poluição por chumbo despenca na Grande SP em 20 anos. **Folha de São Paulo**, 28 de setembro de 2009. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2809200914.htm (acesso em 24/01/2022).

ELEMENT ENERGY. ***Assessment of Options to Reduce Emissions from Fossil Fuel Production and Fugitive Emissions – Final report***. 2019. Disponível em: https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/Assessment-of-Options-to-Reduce-Emissions-from-Fossil-Fuel-Production-and-Fugitive-Emissions.pdf (acesso em 24/01/2022).

ENERGÊS. **A linguagem da energia**. (s.d.). Disponível em: https://energes.com.br/o-que-e-flare-para-biogas/ (acesso em 25//01/2022).

EPA. United States Environmental Protection Agency. ***Understanding Global Warming Potentials***. (s.d.). Disponível em: https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials (acesso em 31/01/2022).

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Avaliação do Comportamento dos Usuários de Veículos *Flex Fuel* no Consumo de Combustíveis no Brasil**. 2013. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-296/EPE-DPG-SDB-001-2013-r0[1].pdf (acesso em 26/01/2022).

EUROPEAN PARLIAMENT. ***What is carbon neutrality and how can it be achieved by 2050?*** *2021.* Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190926STO62270/what-is-carbon-neutrality-and-how-can-it-be-achieved-by-2050 (acesso em 26/01/2022).

FAPESP. Seminário online: **Caminhos para o Brasil pós COP26**. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dxApsFHQ7XY (acesso em 16/11/2021).

FEA/USP. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. XVII ENGEMA - Encontro Internacional sobre gestão empresarial e Meio Ambiente. **Inventários urbanos de emissões de gases de efeito estufa no Brasil: uma análise preliminar**. 2015. Disponível em: http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/307.pdf (acesso em 26/01/2022).

FGV/Ces; WRI. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Segunda Edição. 2020. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf (acesso em 26/02/2022).

FGV/EAESP/Ces. Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. (s.d.). Disponível em: https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol?gclid=Cj0KCQiAys2MBhDOARIsAFf1D1ci3ms7yMZCFCLR0s2RIMG2StPGeKRoBxjp1MQpDXhoCYDtFVT3gx8aAmOsEALw_wcB (acesso em 11/11/2021).

GCMCE. Global Covenant of Mayors for Climate and Energy. ***A Definition of Compliance for cities that use CDP or ICLEI's carbon Climate Registry for reporting***. (s.d.). Disponível em: https://www.globalcovenantofmayors.org/wp-content/uploads/2018/05/GCoM-Definition-of-Compliance-2018.pdf (acesso em 09/11/2021).

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. ***About Us***. (s.d.). Disponível em: https://ghgprotocol.org/about-us (acesso em 30/01/2022).

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. ***GHG Protocol for Cities***. (s.d.). Disponível em: https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities (acesso em 28/01/2021).

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores** — Proconve/Promot/Ibama. 3 ed. Brasília: Ibama/Diqua, 2011. 584 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes — Gestão Ambiental, nº 3). Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/veiculosautomotores/manual%20proconve%20promot_portugues.pdf (acesso em 04/01/2022).

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação dos impactos econômicos e dos benefícios socioambientais do Proconve**. Brasília. 2016. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/LIVROPROCONVEDIGITAL.pdf (acesso em 24/01/2022).

ICLEI. ***The Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)***. (s.d.). Disponível em: http://old.iclei.org/activities/agendas/low-carbon-city/gpc.html (acesso em 10/11/2021).

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021**. Aprova a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que aperfeiçoa os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), especificando os critérios e os métodos para a classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto à sua eficiência energética. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002707.pdf (acesso em 24/01/2022).

IPAM – Amazônia. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Conheça *o* Brazil Climate Action Hub**, iniciativa da sociedade civil na COP26. (s.d.) Disponível em: https://ipam.org.br/conheca-o-brazil-climate-action-hub-iniciativa-da-sociedade-brasileira-na-cop26/ (acesso em 03/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, First Assessment Report***. 1990. Disponível em: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_first_assessment_1990_wg1.shtml (acesso em 03/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. 1996. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/revised-1996-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/ (acesso em 03/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. 2006a. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ (acesso em 26/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Introduction to the 2006 Guidelines***. 2006b. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf (acesso em 09/11/2021).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Energy. Mobile Combustion. Chapter 3.* 2006c. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf (acesso em 31/10/2021).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Energy. Fugitive Emissions*. *Chapter 4, Volume 5.* 2006d. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf (acesso em 27/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Waste. Solid Waste Disposal. Chapter 3, Volume 5.* 2006e. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf (acesso em 05/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Waste. Biological Treatment of Solid Waste. Chapter 4, Volume 5.* 2006f. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_4_Ch4_Bio_Treat.pdf (acesso em 04/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Incineration and open burning of waste. Chapter 5, Volume 5.* 2006g. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf (acesso em 06/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*** Wastewater treatment and discharge. *Chapter 6*, *Volume 5*. 2006h. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf (acesso em 28/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Fourth Assessment Report***: *Climate Change 2007*: Synthesis *Report*. 2007. Disponível em: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains2.html (acesso em 27/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Climate Change 2013: The Physical Science Basis***. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Chapter 08*. 2013. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (acesso em 15/11/2021).

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **Alterações Climáticas 2014 - Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – Resumo para decisores. Grupo de Trabalho II do IPCC. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf (acesso em 03/09/2021).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Solid Waste Disposal. Chapter 3*. 2019a. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_3_Ch03_SWDS.pdf (acesso em 10/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Incineration and open burning of waste. Chapter 5.* 2019b. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_5_Ch05_IOB.pdf (acesso em 06/02/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. *Wastewater Treatment and Discharge*. *Chapter 6*. 2019c. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_6_Ch06_Wastewater.pdf (acesso em 08/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories***. 2019d. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (acesso em 09/11/2021).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***Summary for Policymakers. In: Climate Change: The Physical Science Basis***. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. 2021a. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf (acesso em 31/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***The Physical Science Basis***. 2021b. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf (acesso em 26/01/2022).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ***About the IPCC***. 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/about/ (acesso em 10/02/2022).

KRACHECKE, E. **Sustentabilidade ambiental**. São Paulo, Editora Fundação Perseu Abramo, 2013. Disponível em: https://fpabramo.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/Desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-web.pdf (acesso em 24/01/2022).

LANZA, Mauricio. Onde hangarar seu helicóptero. Aero Magazine, 01/08/2015. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/onde-hangarar-seu-helicoptero_2275.html (acesso em 27/12/2021).

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Chega ao fim o uso da gasolina com chumbo. Após décadas de pressão internacional exercida por um grupo da ONU, a gasolina com chumbo parou de ser produzida**. 2021. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2021/09/chega-ao-fim-o-uso-da-gasolina-com-chumbo (acesso em 16/02/2022).

NATURE. ***How China could be carbon neutral by mid-century***. 2020. Disponível em: https://www.nature.com/articles/d41586-020-02927-9 (acesso em 26/01/2022).

NATURE. ***The meaning of net zero and how to get it right****.* 2021. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41558-021-01245-w (acesso em 10/01/2022).

NETO, SIMÃO SAURA. **A experiência da SPTrans no uso de alternativas energéticas ao diesel e petróleo**. Apresentação realizada no seminário Eletromobilidade aplicada ao transporte público por ônibus. Brasília, 2018. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/ArquivosPDF/eficiencia/eletromobilidade/AexperienciadaSPTransnousodealternativasenergeticasaodieselepetroleo.pdf (acesso em 03/11/2021).

NOYOLA, A. *et al*. *Methane correction factors for estimating emissions from aerobic wastewater treatment facilities based on field data in Mexico and on literature review.* ***Science of the Total Environment***. Vol. 639, 2018, p 84-91. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718317522 (acesso em 30/05/2020).

O ECO. **Na COP26, ministro mente sobre ambição de meta climática do Brasil**. 2021. Disponível em: https://oeco.org.br/reportagens/na-cop26-ministro-mente-sobre-ambicao-de-meta-climatica-do-brasil/ (acesso em 23/01/2022).

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Na contramão do mundo, Brasil aumentou emissões em plena pandemia**. 2021. Disponível em: https://www.oc.eco.br/na-contramao-do-mundo-brasil-aumentou-emissoes-em-plena-pandemia/ (acesso em 05/01/2022).

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)**. Plataforma. 2021. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission (acesso em 27/01/2022).

ONU. United Nations. Human Rights. Office of the High Commissioner. Escritório do Alto Comissariado para os Direitos Humanos (ONU). ***UN expert condemns failure to address impact of climate change on poverty***. (s.d.). Disponível em: https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=24735&LangID=E (acesso 28/01/2022).

ONU. United Nations. ***There's No Planet B for Youth***. 2014. Disponível em: https://www.un.org/youthenvoy/2014/09/no-planet-b-for-youth/ (acesso em 14/02/2022).

POLITICO EUROPE. ***The last minute coal demand that almost sunk the Glasgow climate deal***. 2021. Disponível em: https://www.politico.eu/article/coal-demand-cop26-climate-deal-india-china/ (acesso em 07/02/2022).

REUTERS. ***Brazil's Bolsonaro, under U.S. pressure, vows climate neutrality by 2050***. 2021. Disponível em: https://www.reuters.com/business/environment/bolsonaro-says-brazil-will-reach-climate-neutrality-by-2050-2021-04-22/ (acesso em 07/02/2022).

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **A Sabesp no Município**. (s.d.). Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaoId=18&id=607 (acesso em 04/02/3022).

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009**. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html (acesso em 24/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo**. Relatório 3. 2005. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/11yLdCWDlQlGzwPssevrVLI3KEqDByRyF/view (acesso em 07/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo de 2003 a 2009, com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos**. 2014a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/CT_INVEMI.PDF (acesso em 20/10/2021).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Serviços. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PGIRS)**. 2014b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf (acesso em 21/08/2020).

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB. **Prefeitura inaugura maior Central de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde da América Latina em autoclaves**. 2017. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/noticias/?p=233961 (acesso em 01/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB. **Equipamentos públicos**. 2018. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/equipamentos_publicos/index.php?p=5459 (acesso em 04/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **73ª Reunião do Comitê de Mudança do Clima e Ecoeconomia do Município de São Paulo**. Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do Município de São Paulo. 2019a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Apres%20Inventario%20GEE%20-%20CMMCE%2030-07-2019.pdf (acesso em 07/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB. **Aterros sanitários e transbordos**. 2019b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/aterros_e_transbordos/index.php?p=4633 (acesso em 22/05/2020).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: **Retificação do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010-2017**. 2020a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Apres%20Retificacao%20do%20Inventario%20GEE%202010-2017.pdf (acesso em 07/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria de Governo Municipal. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050**. 2020b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf (acesso em 13/12/2021).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Síntese do inventário de gases de efeito estufa do Munícipio de São Paulo - 2018**. 2021a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/Ciris%20para%20publicar%202021%2012%2022%20sintese%20do%20inventario%20gee.pdf (acesso em 07/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB. **ECOPONTO - Estação de Entrega Voluntária de Inservíveis**. 2021b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/ecopontos/index.php?p=4626 (acesso em 06/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – AMLURB. **Resíduos orgânicos. Compostagem em São Paulo**. 2021c. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/index.php?p=283430#:~:text=Em%20dezembro%20de%202015%2C%20a,de%20feiras%20livres%20da%20capital (acesso em 06/02/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Habitação. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2021d. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/habitacao/fmsai/plano_de_saneamento/index.php?p=145815 (acesso em 12/01/2022).

SÃO PAULO (Município). Secretaria de Governo Municipal. **Programa de Metas (2017 – 2020)** - Versão final participativa. (s.d.a). Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/arquivos/programa_de_metas/2017-2020%20-%20Programa%20de%20Metas%20-%20Vers%C3%A3o%20Final%20(Participativa).pdf (acesso em 13/02/2021).

SÃO PAULO (Município). Secretaria de Governo Municipal. **Programa de Metas (2021 – 2024)** - Versão final participativa. (s.d.b). Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/SEPEP/arquivos/pdm-versao-final-participativa.pdf (acesso em 05/01/2022).

SÃO PAULO (Município). **Lei nº 14.933, de 05 de junho de 2009**. Institui a Política Municipal de Mudança do Clima no Município de São Paulo. Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14933-de-05-de-junho-de-2009 (acesso em dezembro de 2021).

SÃO PAULO (Município). **Lei nº 14.973, de 11 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a organização de sistemas de coleta seletiva nos Grandes Geradores de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14973-de-11-de-setembro-de-2009 (acesso em dezembro de 2021).

SÃO PAULO (Município). **Lei nº 15.723, de 24 de abril de 2013**. Estabelece diretrizes e normas relativas à implantação, à construção e à reforma com ou sem ampliação, para instalação e funcionamento de aeródromos, heliportos, helipontos e similares, no Município de São Paulo. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-15723-de-24-de-abril-de-2013 (acesso em 04/01/2022).

SÃO PAULO (Município). **Lei nº 17.433, de 29 de julho de 2020**. Dispõe sobre a reorganização da Administração Pública Municipal Indireta, na forma que especifica, incluindo a criação e extinção de entidades e a criação, transferência, alteração e extinção de cargos de provimento efetivo e em comissão e de funções admitidas, bem como a criação de empregos públicos. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17433-de-29-de-julho-de-2020/consolidado (acesso em 05/02/2022).

SÃO PAULO (Município). **Decreto nº 54.991, de 02 de abril de 2014**. Aprova as alterações e consolida o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo (2014/2033). Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-54991-de-2-de-abril-de-2014/consolidado (acesso em 03/01/2022).

SÃO PAULO (Município). **Decreto nº 60.289, de 03 de junho de 2021**. Institui o Plano de Ação Climática do Município de São Paulo – PlanClima SP. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-60289-de-3-de-junho-de-2021 (acesso em 12/11/2021).

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020** o Brasil 1970 – 2020. 2021. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/10/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf (acesso em 12/02/2022).

UK Parliament. House of Commons Library. ***COP26: Delivering on $100 billion climate finance****. The $100bn target for 2020 has probably been missed and will be a main isso at COP26 in November.* 2021. Disponível em: https://commonslibrary.parliament.uk/cop26-delivering-on-100-billion-climate-finance/ (acesso em 07/02/2022).

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. ***Catching technological waves innovation with equity****. Technology and innovation report.* 2021. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf (acesso em 10/11/2021).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Convention***. 1992. Disponível em: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf (acesso em 31/01/2022).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change***. 1997. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/l07a01.pdf (acesso em 31/01/2022).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto sobre su octavo período de sesiones****, celebrado em Doha del 26 de noviembre al 8 de diciembre de 2012*. 2012. Disponível em: https://unfccc.int/resource/docs/2012/cmp8/spa/13a01s.pdf (acesso em 12/11/2021).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***World Leaders Kick Start Accelerated Climate Action at COP26***. 2021a. Disponível em: https://unfccc.int/news/world-leaders-kick-start-accelerated-climate-action-at-cop26 (acesso em 12/01/2021).

UNFCCC. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. **Glasgow *Climate Pact*. *Decision -/CMA.3*.** 2021. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%20decision.pdf (acesso em 24/12/2021).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Glasgow Climate Change Conference***. 2021. Disponível em: https://unfccc.int/conference/glasgow-climate-change-conference-october-november-2021 (acesso em 07/02/2022).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***COP26 Reaches Consensus on Key Actions to Address Climate Change***. 2021. Disponível em: https://unfccc.int/news/cop26-reaches-consensus-on-key-actions-to-address-climate-change (acesso em 26/01/2021).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period***. (s.d.). Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period (acesso em 10/11/2021).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***The Paris Agreement. What is the Paris Agreement?*** (s.d.). Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement (acesso em 08/02/2022).

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. ***Parties & Observers***. (s.d.). Disponível em: https://unfccc.int/parties-observers (acesso em 14/02/2022).

UNTERM. The United Nations Terminology Database. ***Unite Conferences Portal***. *Annex II party.* (s.d.). Disponível em: https://unterm.un.org/unterm/Display/record/UNHQ/Annex_II_party/50CDE5A687FC84AB852574980059EBE8 (acesso em 10/02/2022).

WAY CARBON. **Inventário de GEE: As melhores referências**. 2017. Disponível em: https://blog.waycarbon.com/2017/02/referencias-inventario-de-gee/ (acesso em 31/01/2022).

WEF. WORLD ECONOMIC FORUM. ***What does net-zero emissions mean and how can we get there?*** 2021. Disponível em: https://www.weforum.org/agenda/2021/11/net-zero-emissions-cop26-climate-change/ (acesso em 31/01/2022).

WEF. WORLD ECONOMIC FORUM. ***The Global Risks***. *17th Edition, Insight Report*. 2022. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf (acesso em 04/02/2022).

WRI BRASIL. **Nova NDC do Brasil: entenda por que a meta climática foi considerada pouco ambiciosa**. 2021. Disponível em: https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/nova-ndc-do-brasil-entenda-por-que-meta-climatica-foi-considerada-pouco-ambiciosa (acesso em 03/02/2022).

WRI BRASIL. **O saldo da COP26: o que a Conferência do Clima significou para o Brasil e o mundo**. 2021. Disponível em: https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/o-saldo-da-cop26-o-que-conferencia-do-clima-significou-para-o-brasil-e-o-mundo (acesso em 11/11/2021).

WRI/THE NEW CLIMATE ECONOMY. **Uma nova Economia para uma nova era**: elementos para a construção de uma economia mais eficiente e resiliente para o Brasil. 2020. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/af_neb_synthesisreport_digital.pdf (acesso em 09/01/2022).

Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010 – 2018 Fontes de dados e informações utilizados nos cálculos		
Dado	**Nome da fonte**	**Fornecedor**
	Endereço eletrônico	
Vendas de gasolina C, óleo diesel, GLP, etanol hidratado, óleo combustível e querosene iluminante no Município de São Paulo	Comunicação da ANP – e-mail	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis
Vendas de gás natural no Município de São Paulo	Consumo de gás por município (gás natural)	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo
	http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/PetroGas/index.html	
Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores	Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
	https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018	
Fatores de emissão	*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*	Intergovernmental Panel on Climate Change
	www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php	
Fatores de emissão	Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013	Ministério do Meio Ambiente
	https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviarios_2013.pdf	
Composição da gasolina	Cronologia da Mistura Carburante Etanol Anidro - Gasolina no Brasil.pdf	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
	http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/cronologia-da-mistura-carburante-etanol-anidro-gasolina-no-brasil.pdf/view	
Consumo de eletricidade	Anuário de Energéticos por Município	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo
	https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/Eletricidade/index.html.	
Fator médio anual (tCO_2/MWh)	Fator de emissão de CO_2 para a geração de energia elétrica no SIN (Sistema Interligado Nacional)	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC)
	https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial	
Consumo de energia elétrica para operação do Metrô - SP	Comunicação de: METRÔ - Companhia do Metropolitano de São Paulo - e-mail	Companhia do Metropolitano de São Paulo - METRÔ
Consumo de energia elétrica para operação das linhas de metrô concedidas ao Grupo CCR - linha amarela (Viaquatro) e linha lilás (Viamobilidade)	Dados sobre as emissões da operadas pelo CCR Group obtidos no CDP – Disclosure Inside Action	CCR Group
	https://www.cdp.net/pt/formatted_responses/responses?campaign_id=66216852&discloser_id=821270&locale=pt&organization_name=Grupo+CCR&organization_number=3642&program=Investor&project_year=2019&redirect=https%3A%2F%2Fcdp.credit360.com%2Fsurveys%2F2019%2F9hz110bc%2F44187&survey_id=65670419	
Consumo de energia elétrica para operação da CPTM	Comunicação de: CPTM - Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - e-mail	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM
Quantidade, composição e destinações dos resíduos sólidos	Comunicação de: AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - e-mail	Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB
Estimativas e destinações dos efluentes líquidos e lodo de ETE	SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento	Ministério do Desenvolvimento Regional
	http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica	
	Comunicação da SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP
Emissões de CO_2 da aviação	*Emissions calculator - Conklin & de Decker Aviation Information*	Conklin & de Decker Associates
	https://www.conklindd.com/CDALibrary/CO2Calc.aspx	
Frota de helicópteros do estado de São Paulo	Base de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro - RAB	Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC
	https://www.gov.br/anac/pt-br/sistemas/rab/arquivos/base_dados_rab.xlsx/view	
Estimativas populacionais	Informações dos Municípios Paulistas	Fundação Seade
	https://populacao.seade.gov.br/	
Fatores de emissão do biodiesel	Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões E Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência - Setor Energia	Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação
	https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial	
Consumo de eletricidade na tração de trólebus	Comunicação direta da SPTRANS	Secretaria Municipal de Transportes

Índice remissivo

Academia 22, 67
Acordo de Paris 17, 18, 19, 20, 21, 66
Adaptação 17, 19, 42, 66
Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra 24
Agropecuária 20
Álcool etílico 37
ANEEL 5, 43, 44
Anexo I 17
Anexo II 17
Antropogênico 10, 55
Aquecimento global 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 23, 58, 64
Aterro sanitário 30, 58, 63
Atmosfera 10, 11, 13, 16, 17, 18, 34, 55, 58, 63, 64
Autoclave 57, 60
Bactérias metanogênicas 55
Balanço de carbono 30
Basic 24, 28, 30, 31, 41, 42
Bens importados 15
Berlim 16
Biocombustíveis 30, 34, 37
Biodiesel 34, 37, 82
Biogás 54, 55, 63
Biogênico 34, 55, 58, 59, 60
Biometano 54, 65
Brazil Climate Action Hub 20
Captura e armazenamento de carbono 19
Carga orgânica 54, 62, 63
Carvão 11, 19, 28, 43, 52, 64
Chumbo tetraetila 36
Ciclistas 34, 65
Ciclo de vida 15
Circular 22
CIRIS 5, 24, 58
Classe consumidora 44
Climate Change 2021 - The Physical Science Basis 12
Climatologia 11
CO_2(b) 5, 39
Combustíveis fósseis 11, 17, 19, 21, 24, 32, 33, 34, 41, 50, 51, 52, 64, 65
Comércio de Emissões 17
Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia 31
Competência legislativa privativa em matéria de energia 21
Compostagem 53, 54, 58, 59, 66
Compostagem nas Escolas 66
Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento 16
Conferência das Partes 6, 16

Conferência de Glasgow 18
Conforto térmico 45, 66
Consórcio Brasil Verde 19
Convenção do Clima 13, 16, 17, 23, 64
Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima 6, 13, 26
COP26 ..... 11, 18, 19
Cúpula da Terra 16
Dado de atividade 30
Descarbonização 17, 19, 20, 23, 66, 67
Desenho urbanístico 45
Desigualdade 21
Desmatamento 18, 19
Digestão anaeróbica 58
Dióxido de carbono equivalente 14
Diretrizes 16, 25, 26, 36, 53
Diversidade 20
Economia verde 21, 22
Ecoponto 56, 57
Ecossistemas 18
Efeito estufa 10, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 25, 27, 31, 36, 51, 64, 66
Eficiência energética 45, 52, 65
Eficiência térmica 52
Emergência climática 18, 19, 66
Emissões e remoções antropogênicas 13
Emissões fugitivas 28, 43, 48, 49
Emissões incorporadas 15, 30
Emissões pelo consumo 15
Entes federativos 66
Entulho 56, 57
Equidade 22
Esgotos 53, 54, 55, 61
Estilos de vida 15
Etanol Anidro 6, 37, 39, 82
Etanol hidratado 6, 37, 38, 39, 40, 41, 65, 82
Fator de emissão 30, 33, 45, 49, 62, 66
Fatores de conversão 44
Feiras e Jardins Sustentáveis 66
First Order Decay 55
Flare 58, 71
Fontes e sumidouros 9, 13
Forçamento radiativo 10, 11
GCoM 6, 24, 26, 27
GEE de vida curta 11
Geração de energia elétrica 21, 82
GHG Protocol 14
Glasgow 11, 18, 19, 20
Global Covenant of Mayors for Climate and Energy 6, 26, 27
Global Methane Pledge 12

Governança 20, 22
Governo federal 19, 20, 21, 23, 50
Governos Locais pela Sustentabilidade 6
Grandes geradores 55
Gravimetria 56
GWP 11, 12, 64
Helicópteros 42, 82
Impactos 9, 17, 18, 21, 23, 24
Inventários com base em consumo 15
Investimentos 19, 21, 52, 64
IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 13
Lodo ativado 62
Logística 35, 65
Matriz energética 37
Mecanismo de Desenvolvimento Limpo 6, 17
Mensuração, relato e verificação 15
Mercado de carbono 18, 19
Metas de emissão 23
Metas de redução 17, 27
Método GPC 29, 45
Metodologia 9, 13, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 42, 43, 62
Metodologia do IPCC 23
Metodologia GPC 24, 25, 27, 28, 29, 31, 43
Metropolitana 22, 59
Mitigação 9, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 38, 61, 66, 67
Motor elétrico 35
Motores de combustão interna 34
Net zero 18, 21, 64
Neutralidade de carbono 18
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 21
Observatório do Clima 16
OCDE 17
Oceano 12
ODS 21
Ônibus urbanos 39
Outras do Escopo 3 ..... 28, 30
Pacto Climático de Glasgow 18, 19, 20, 64
Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas 6, 16
Pedestres 34, 65
PlanClima SP 9, 24, 31
Planilhas 24
Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos 53, 66
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos 55
Plano Municipal de Desenvolvimento Econômico 22
Planos municipais 21
Política Municipal de Mudança do Clima 6, 9, 23
Política Nacional de Resíduos Sólidos 53
Política Nacional sobre Mudança do Clima 66

Poluentes atmosféricos 34, 65
Poluição do ar 21
Poluição hídrica 63
Potencial de Aquecimento Global 11, 12
Processos Industriais e Uso de Produtos 6, 24, 31
Processos naturais 13
Proconve 6, 36
Programa de Metas 2019 – 2020 9
Programa de Metas 2021– 2024 9
Programa Feiras e Jardins Sustentáveis 59
Prosperidade 22
Protocolo de Kyoto 13, 17
Protocolo de Montreal 13, 15
Protocolo Global para Inventários de Emissões de
Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade 6, 24
Questão climática 10, 21
Radiação infravermelha 10
Radiação ultravioleta 10
Remoções antrópicas 13, 17, 23, 25, 31
Rio 92 16
Saneamento 21, 44, 53
Sensibilidade climática 12
Sequestro de carbono 18, 23
Setor privado 22
Silvicultura e Mudança do Uso da Terra 26
Sistema climático 11, 12, 16
Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de
Gases de Efeito Estufa 7, 16
Sistema de Registro Nacional de Emissões 7, 15
Sistema Interligado Nacional 29, 33, 45, 49, 50, 66, 82
Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento 53, 61
Sociedade civil 15, 20, 67
Socioambiental 22
SPTrans 7, 39
Sumidouros de carbono 18
Sustentabilidade 19, 22, 82
Sustentáveis 9, 21
Temperatura 10, 11, 12, 17, 18, 21, 57
Termoelétricas 33, 45, 49, 66
Territorial 28, 42
Território 13
Tração elétrica 44
Tráfego 21, 65
Transbordo 58
Transição 17, 21, 64
Transição verde 21
Transporte ativo 34, 65
Transporte coletivo 34, 38, 65

Transporte de carga 35, 38
Transporte individual 34, 38, 65
Transporte público 21
Tratamento de esgoto 60, 61
Trólebus 35, 38, 82
Unabatable 19
União 15, 21, 44
Vapor d'água 10
Veículos particulares 21, 65
Vulnerabilidade 21
Vulneráveis 17
Zero líquido 64

ISBN: 978-65-87274-08-9
CBL
9 786587 274089