

PRODUTO 04

Cálculo das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Região Metropolitana de Campinas

Inventário de Emissão Atmosféricas da Região
Metropolitana de Campinas

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS
DEZEMBRO 2018



WWW.WAYCARBON.COM

CLIENTE



**PREFEITURA DE
CAMPINAS**

PROJETO

CAMP-INV-17

ENTREGÁVEL

Produto 4 - Cálculo das Emissões de GEE da Região Metropolitana de Campinas

AUTORES

WAYCARBON

Felipe Bittencourt; fbittencourt@waycarbon.com

Matheus Brito; mbrito@waycarbon.com

Adriana Mello; adriana.mello@waycarbon.com

Bruna Dias; bruna.dias@waycarbon.com

Fernando Salina; fernando.salina@waycarbon.com

ICLEI

Igor Albuquerque; igor.albuquerque@iclei.org

Camila Chabar; camila.chabar@iclei.org

Iris Coluna; iris.coluna@iclei.org

COLABORADORES

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Cezar Capacle; cezar.capacle@campinas.sp.gov.br

Gustavo D'Estefano; gustavo.destefano@campinas.sp.gov.br

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão
Produto 4_04OUT18 - V01	04/10/2018	Primeira versão.
Produto 4_29OUT18 - V02	29/10/2018	Segunda versão.
Produto 4_09NOV18 - V03	09/11/2018	Terceira versão.
Produto 4_20NOV18 - V04	20/11/2018	Quarta versão
Produto 4_27NOV18 - V05_CP	27/11/2018	Quinta versão
Produto 4_11DEZ18 - V06_CONSULTA PÚBLICA	11/12/2018	Sexta versão
Produto 4_21DEZ18 - Final	21/12/2018	Versão Final

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	4
1. INTRODUÇÃO	6
2. FRONTEIRAS DO INVENTÁRIO	7
2.1 PERÍODO COBERTO	8
2.2 GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)	8
2.3 ABORDAGEM DO INVENTÁRIO	10
2.4 SETORES DE ATIVIDADES	10
2.5 CONSIDERAÇÕES DO INVENTÁRIO	14
3. MÉTODO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE	17
3.1 ENERGIA ESTACIONÁRIA E TRANSPORTES.....	19
3.1.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS.....	19
3.1.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E PERDAS NA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO (T&D).....	20
3.1.3 EMISSÕES FUGITIVAS DA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS.....	21
3.1.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS.....	22
3.2 RESÍDUOS.....	23
3.2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DESTINADO PARA ATERRO	23
3.2.2 EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	26
3.2.3 EFLUENTES INDUSTRIAIS	27
3.3 PROCESSOS INDUSTRIAIS	28
3.4 AGRICULTURA, FLORESTAS E USO DA TERRA.....	30
3.4.1 REBANHOS.....	30
3.4.2 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO ₂	33
3.5 PRINCÍPIOS DE CONTABILIZAÇÃO E ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO	34
4. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	35
4.1 SETOR DE TRANSPORTES.....	38
4.2 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA.....	41
4.3 SETOR DE RESÍDUOS.....	44
4.3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DESTINADO PARA ATERRO	44
4.3.2 DISPOSIÇÃO E TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS.....	46
4.4 SETOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS (IPPU)	50
4.5 SETOR DE AGRICULTURA, FLORESTAS E USO DA TERRA (AFOLU)	51
4.5.1 REBANHOS.....	52
4.5.2 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO ₂	54
4.6 RESULTADOS DA RMC - EMISSÕES RELATIVAS	56
5. ANÁLISE DE INCERTEZAS.....	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO A - EMISSÕES DE GEE EM 2016 POR MUNICÍPIO DA RMC	65
ANEXO B - FATORES DE EMISSÃO	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da localização geográfica da Região Metropolitana de Campinas.....	7
Figura 2. Resultados de emissões de GEE da RMC em 2016 por setor definido pelo GPC.....	38
Figura 3. Resultados de emissões de GEE do subsetor de transporte terrestre, por município da RMC em 2016.	39
Figura 4. Resultados de emissões de GEE do subsetor de transporte aéreo, por município da RMC em 2016.....	40
Figura 5. Resultados de emissões estacionárias de Escopo 1 por subsetor definidos pelo GPC.....	42
Figura 6. Resultados de emissões estacionárias de Escopo 2 e 3 por subsetor definidos pelo GPC.....	44
Figura 7. Resultados das emissões de GEE do subsetor de resíduos sólidos por município da RMC em 2016.....	46
Figura 8. Resultados das emissões de GEE de Escopo 1 do subsetor de tratamento de efluentes domésticos por município da RMC em 2016.....	47
Figura 9. Resultados de emissões do setor de AFOLU por subsetores definidos pelo GPC.....	52
Figura 10. Resultados de emissões do subsetor por tipo de rebanho na RMC em 2016.	53
Figura 11. Resultados de emissões do subsetor de emissões agregadas e outras de não-CO ₂ por município da RMC em 2016.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Municípios da RMC contemplados no Inventário, sua população, área e Produto Interno Bruto (PIB).....	7
Tabela 2. PAG dos Gases de Efeito Estufa	9
Tabela 3. Fontes de emissão contempladas no Inventário de GEE da RMC referente ao ano de 2016.	11
Tabela 4. Considerações do Inventário de GEE da RMC referente ao ano de 2016.	17
Tabela 5. Referências para os fatores de emissão.....	18
Tabela 6. Composição média dos resíduos sólidos urbanos na América Latina.	24
Tabela 7. Classificação dos aterros sanitários da RMC.....	25
Tabela 8. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) da RMC em 2016, por escopo e por setor.....	35
Tabela 9. Resultados de emissões de CO ₂ renovável da RMC em 2016, por escopo e por setor.	36
Tabela 10. Resultados de emissões de GEE (tCO ₂ e) por município da RMC em 2016.	37
Tabela 11. Resultados de emissões de GEE (tCO ₂ e) do setor de transportes da RMC, por fonte de emissão e subsetor em 2016.	38
Tabela 12. Resultados de emissões de GEE (tCO ₂ e) do setor de transportes, por subsetor e por município da RMC em 2016.	40
Tabela 13. Resultados de emissões de GEE (tCO ₂ e) do setor de energia estacionária da RMC, por fonte de emissão e escopo em 2016.....	41
Tabela 14. Resultados de emissões de GEE (tCO ₂ e) de Escopo 1 do setor de energia estacionária, por subsetor e por município da RMC em 2016.....	43
Tabela 15. Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de destino dos resíduos gerados na RMC em 2016.....	44
Tabela 16. Dados da taxa de coleta e tratamento de efluentes, tipo de tratamento e classificação por município da RMC em 2016.	48
Tabela 17. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) de Escopo 1 provenientes da disposição e tratamento de efluentes domésticos e industriais por município da RMC em 2016.	49
Tabela 18. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) do setor industrial por empresa, setor e município da RMC em 2016.	50
Tabela 19. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) provenientes da pecuária por município da RMC em 2016.	53
Tabela 20. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) provenientes do uso de fertilizantes na RMC em 2016.....	54

Tabela 21. Resultados das emissões de GEE (tCO ₂ e) provenientes do subsetor de emissões agregadas e outras de não-CO ₂ por município da RMC em 2016.....	55
Tabela 22. Resultados de emissões de GEE relativas por número de habitantes (tCO ₂ e/hab.) e PIB (tCO ₂ e/mil R\$), por Município da RMC para 2016.....	56
Tabela 23. Resultados das incertezas do Inventário de GEE da RMC de 2016.....	60
Tabela 24. Níveis de incerteza por grupo de fonte de emissão.	62

1. INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes do aquecimento global e das mudanças do clima colocam o tema da economia de baixo carbono como uma questão central para o desenvolvimento sustentável e cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático. Neste contexto, torna-se relevante quantificar e gerenciar as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O Inventário de Emissões de GEE é um instrumento gerencial que permite quantificar as emissões de uma determinada instituição ou de comunidades. Para cidades, a partir da definição de sua abrangência, da identificação das fontes e sumidouros de GEE, e da contabilização de suas respectivas emissões ou remoções, o Inventário possibilita conhecer o perfil das emissões resultantes das atividades de seus diferentes setores.

A WayCarbon, em parceria com o ICLEI, foi contratada pela Prefeitura Municipal de Campinas para prestação de serviços técnicos especializados para coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e Indiretas de Gases de Efeito Estufa (GEE) e Poluentes de Campinas e da Região Metropolitana de Campinas (RMC).

Este relatório apresenta o **Produto 4 - Cálculo das Emissões de GEE da RMC** em consonância com o item 6.4 do documento denominado 'Projeto Básico versão 2.4' (doravante 'Projeto Básico'), encaminhado via e-mail pela Prefeitura Municipal de Campinas. O objetivo deste Produto é apresentar os resultados do cálculo das emissões e remoções de GEE da RMC a partir dos dados obtidos durante a elaboração do Produto 3.

Para a elaboração do Inventário de Emissões de GEE da RMC foi utilizado o método proposto pelo GPC (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*), desenvolvido pelo ICLEI, WRI (*World Resources Institute*) e C40 (*Climate Leadership Group*) em 2014, tendo como base o guia nacional de inventários, publicado em 2006 pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

A estrutura desse produto e o conteúdo resumido dos capítulos nele presente estão listados abaixo:

- **Capítulo 1 - Introdução:** apresenta o conteúdo e a estrutura do presente relatório;
- **Capítulo 2 - Fronteiras do Inventário:** define a abrangência do Inventário e apresenta as fontes de emissão mapeadas no Produto 3;
- **Capítulo 3 - Método de Cálculo das Emissões e Remoções de GEE:** descreve os princípios de contabilização e elaboração do inventário, apresenta o método de cálculo e as equações matemáticas utilizadas para cada tipo de fonte de emissão, assim como os fatores de emissão utilizados;

- **Capítulo 4 - Avaliação dos Resultados:** apresenta os resultados do Inventário da RMC e por município; e
- **Capítulo 5 - Análise das Incertezas:** apresenta o método e cálculos das incertezas associadas ao Inventário de GEE da RMC.

2. FRONTEIRAS DO INVENTÁRIO

De acordo com a Agência Metropolitana de Campinas (AGEMCAMP), a Região Metropolitana de Campinas (RMC) é uma unidade regional do Estado de São Paulo criada pela Lei Complementar Estadual nº 870, de 19 de junho de 2000, sendo constituída pelo agrupamento de 20 municípios (Figura 1).

Figura 1. Mapa da localização geográfica da Região Metropolitana de Campinas.



Fonte: Pedro Carvalho e Freitas

A região possui uma área de 3.792 km² e uma população de 2.976.433 habitantes. Apresenta uma diversificada produção industrial, uma estrutura agrícola e agroindustrial bastante significativa e conta com a presença do Aeroporto de Viracopos, o segundo maior do País, localizado no município de Campinas (AGEMCAMP, 2018).

O Inventário de GEE contempla os 20 municípios da RMC, listada na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1. Municípios da RMC contemplados no Inventário, sua população, área e Produto Interno Bruto (PIB), em 2016.

Município	População (habitantes)	Área (km ²)	PIB (mil R\$) ¹
Município de Americana	231.621	133,91	10.101.729,32

¹ Os dados de PIB dos municípios informados são referentes ao ano de 2015.

Município	População (habitantes)	Área (km ²)	PIB (mil R\$) ¹
Município de Artur Nogueira	51.126	178,03	960.169,20
Município de Campinas	1.173.370	796,40	56.400.145,94
Município de Cosmópolis	67.960	154,66	1.283.380,85
Município de Engenheiro Coelho	18.110	109,94	373.096,77
Município de Holambra	13.698	65,58	799.618,04
Município de Hortolândia	219.039	62,42	10.787.568,44
Município de Indaiatuba	235.367	311,54	12.158.900,86
Município de Itatiba	114.912	322,28	5.351.307,49
Município de Jaguariúna	53.069	141,39	8.903.620,63
Município de Monte Mor	56.335	240,57	2.964.708,68
Município de Morungaba	13.085	146,75	394.926,83
Município de Nova Odessa	57.504	73,79	2.752.343,52
Município de Paulínia	100.128	138,78	27.060.731,53
Município de Pedreira	46.094	108,81	1.074.872,17
Município de Santa Bárbara d'Oeste	191.024	271,03	5.280.768,35
Município de Santo Antônio de Posse	22.597	154,13	813.300,26
Município de Sumaré	269.522	153,46	12.663.336,60
Município de Valinhos	122.163	148,54	5.242.015,46
Município de Vinhedo	73.855	81,60	7.635.817,73

Fonte: População e Área - IBGE, 2017. / PIB - AGEMCAMP, 2017.

2.1 PERÍODO COBERTO

O método do GPC foi desenhado para contabilizar as emissões de GEE em um único ano de reporte. O guia recomenda que os inventários cubram um período contínuo de 12 meses, idealmente alinhado a um ano civil ou a um ano financeiro, consistente com os períodos mais comumente usados pelas cidades ou regiões.

Seguindo essa recomendação, os inventários terão como base o ano de 2016 (1 de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2016), já que esse foi o período comum mais recente de disponibilidade de dados à todas as fontes de emissão mapeadas, por município.

2.2 GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)

De acordo com o GPC, os Inventários devem contemplar os 7 tipos de GEE que fazem parte do reporte do Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrogênio (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆), e trifluoreto de nitrogênio (NF₃).

Cada GEE possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG) associado, que é a medida do quanto cada gás contribui para o aquecimento global. O PAG é um valor relativo que compara o potencial de aquecimento de uma determinada quantidade de gás com a mesma quantidade de CO₂ que, por padronização, tem PAG de valor igual a 1. O PAG é sempre expresso em termos de equivalência de CO₂ - CO_{2e}. A Tabela 2 abaixo apresenta os valores do PAG utilizados no Inventário da RMC:

Tabela 2. PAG dos Gases de Efeito Estufa.

Gás	PAG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	25
Óxido nitroso (N ₂ O)	298
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22.800
Trifluoreto de nitrogênio (NF ₃)	17.200
PFCs	7.390 - 17.700
HFCs	12 - 14.800

Fonte: PBGHGP, 2018.

O Inventário da RMC considerou as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O de acordo com as fontes de emissão mapeadas e a disponibilidade de dados. Adicionalmente, o inventário também computou as emissões de CO₂ de origem renovável². Os gases CO₂, CH₄ e N₂O são gerados na RMC das seguintes maneiras:

- CO₂: gerado na queima de combustíveis fósseis (como carvão, petróleo, gás natural e derivados) por fontes móveis e estacionárias, em processos industriais, pelo uso de fertilizantes calcário dolomítico e ureia e pelo desmatamento de floresta nativa;
- CH₄: gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias, na decomposição de matéria orgânica em processos de tratamento anaeróbio de efluentes e resíduos sólidos, fermentação entérica de animais e manejo de dejetos animais;
- N₂O: gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias; em processos de tratamento de efluentes e uso de fertilizantes nitrogenados.

² Emissões Renováveis do Inventário de GEE da RMC - emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotada a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (EB 23, Anexo 18). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo, visto que fazem parte do ciclo natural de carbono.

2.3 ABORDAGEM DO INVENTÁRIO

O método do GPC define o requisito de relato das emissões segundo duas abordagens distintas, porém complementares:

- A **abordagem de Escopos (Scopes Framework)** permite que as cidades reportem de forma abrangente todas as emissões de GEE atribuíveis a atividades que ocorram dentro do limite geográfico da cidade, classificando as fontes de emissão em fontes territoriais (Escopo 1 ou "territorial"), fontes de energia fornecidas pela rede nacional (Escopo 2) e fontes de emissões de GEE que ocorrem fora dos limites geográficos estabelecidos, porém que são resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade (Escopo 3). O Escopo 1 permite uma abordagem territorial para agregação de inventários de várias cidades, consistente com relatórios de GEE a nível nacional;
- A **abordagem orientada pela cidade (City-induced Framework)** contabiliza as emissões de GEE atribuíveis a atividades que se realizam dentro do limite geográfico da cidade, o que abrange fontes selecionadas de emissão de escopo 1, 2 e 3. A abordagem dispõe de dois tipos de relatório de acordo com níveis de completude: o nível BASIC e o BASIC+. O nível BASIC cobre as fontes de emissão que normalmente ocorrem em cidades e que possuem metodologia de cálculo estabelecidas e disponíveis: energia estacionária, transporte e resíduos gerados dentro dos limites geográficos estabelecidos. O nível BASIC+ é mais abrangente em termos de fontes de emissão, incluindo as fontes do nível BASIC adicionadas a processos industriais e uso de produtos (IPPU), agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU), transporte transfronteiriço e perdas de transmissão e distribuição de energia). O nível BASIC+ reflete procedimentos de coleta e cálculo de dados mais complexos.

No Inventário da RMC e dos municípios, os Escopos 1, 2 e 3 foram definidos de acordo com a abordagem de localização geográfica da cidade ou região das atividades, nível BASIC+. As emissões separadas por Escopos foram calculadas por município e para a RMC como um todo. As análises contidas nesse relatório focam nos resultados da RMC, considerando como Escopo 1, as emissões provenientes das atividades que se realizam dentro do limite geográfico dos 20 municípios da região. Os resultados desagregados por município são apresentados no Anexo A do presente relatório.

2.4 SETORES DE ATIVIDADES

O método do GPC busca desagregar os dados de emissões para que sejam identificadas as maiores fontes de GEE em uma cidade. Para tanto, determina setores nos quais as atividades emissoras podem

ser alocadas. O inventário da RMC considerou cinco setores estabelecidos pelo GPC conforme aplicabilidade e disponibilidade de dados:

- Energia Estacionária;
- Transporte;
- Resíduos;
- Processos industriais e uso de produtos (IPPU);
- Agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU).

As fontes de emissão consideradas no Inventário da RMC são apresentadas na Tabela 3, categorizadas por escopo e por setor, conforme descrição acima.

Tabela 3. Fontes de emissão contempladas no Inventário de GEE da RMC referente ao ano de 2016.

Escopo	Setor	Fonte de Emissão	Fonte de Dados
Escopo 1	I - Energia Estacionária	<p>Emissões provenientes de combustão estacionária. Foram coletados os dados de compra de combustíveis em 2016 de órgãos competentes nacionais e estaduais. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 - Edifícios residenciais: gás natural (GN) e gás liquefeito de petróleo (GLP); • 12 - Edifícios comerciais e institucionais: GN, GLP e óleo diesel; • 13 - Indústrias de manufatura e construção: GN, GLP, óleo combustível e óleo diesel; • 14 - Indústria de energia: GN; processo de produção de combustíveis • 15 - Atividades agrícolas, florestais e de pesca: GN, GLP e óleo diesel. • 18 - Emissões fugitivas de sistemas de óleo e gás natural 	<p>Compra anual de gás natural: Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Energia e Mineração (2017) Compra anual dos outros combustíveis: Agência Nacional do Petróleo (ANP) Emissões fugitivas da REPLAN: Chan, Wai N., 2006 Emissões dos processos produtivos da REPLAN: Agência Nacional do Petróleo (ANP) e Programa Brasileiro do GHG Protocol</p>

Escopo	Setor	Fonte de Emissão	Fonte de Dados
	II - Transporte	<p>Emissões provenientes de combustão móvel. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • II1 - Terrestre: etanol, gasolina, GNV e diesel; • II2 - Ferroviário: as emissões de transporte ferroviário não puderam ser desagregadas e foram consideradas juntamente com a categoria II1 de transporte terrestre. • II4 - Aviação: gasolina de aviação e querosene de aviação • II5 - Off-road: as emissões de transporte off-road não puderam ser desagregadas e foram consideradas juntamente com a categoria II1 de transporte terrestre. 	<p>Compra anual de GNV: Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Energia e Mineração (2017)</p> <p>Compra anual dos outros combustíveis: Agência Nacional do Petróleo (ANP)</p>
	III - Resíduos	<p>Emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • III1 - Disposição de resíduos em aterro sanitário 	<p>Resíduos: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB 2017)</p> <p>Dados populacionais: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)</p>
		<p>Emissões provenientes do tratamento de efluentes sanitários. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • III4 - Tratamento anaeróbico de efluentes domésticos; • III4 - Tratamento em fossa séptica de efluentes domésticos; • III4 - Tratamento anaeróbico de efluentes industriais. 	<p>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Prefeituras Municipais da RMC, CETESB (2013) e Licenças de Operação (LO) emitidas pela CETESB (para indústrias)</p>
	IV - IPPU	<p>Emissões provenientes de processos industriais. Foram considerados indústrias das seguintes atividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produção de pneu/borracha; • Indústria Química; • Produção de nego de fumo; e • Produção de fertilizantes fosfatados. 	<p>LO emitidas pela CETESB</p>

Escopo	Setor	Fonte de Emissão	Fonte de Dados
	V - AFOLU	<p>Emissões provenientes de metano produzido nos processos digestivos da pecuária (animais ruminantes), manejo de nutrientes para fins agrícolas, mudanças no uso da terra que alteram a composição do solo e aplicação de fertilizantes. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • V1 - Rebanhos: bovinos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, suínos e aves; • V3 - Emissões agregadas e outras de não CO₂: aplicação de calcário, ureia e nitrogênio. 	<p>Número de animais: IBGE Área plantada: IBGE Massa de calcário: Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) Massa de nitrogenados e ureia: <i>International Plant Nutrition Institute</i> (INPI)</p>
Escopo 2	I - Energia Estacionária	<p>Emissões provenientes do consumo de energia elétrica da rede nacional. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 - Edifícios residenciais • 12 - Edifícios comerciais e institucionais: divididos em comercial, iluminação pública, poder público e serviço público • 13 - Indústrias de manufatura e construção • 14 - Indústria de energia • 15 - Atividades agrícolas, florestais e de pesca 	<p>Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Energia e Mineração (2017)</p>
	II - Transporte	<p>As emissões de Escopo 2 do setor (II) Transportes não puderam ser desagregadas e estão consideradas no setor (I) Energia Estacionária em (I2) Emissões Comerciais e Institucionais.</p>	
Escopo 3	I - Energia Estacionária	<p>Emissões provenientes das perdas de transmissão e distribuição de energia elétrica da rede nacional. As emissões são divididas nos seguintes subsetores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 - Edifícios residenciais • 12 - Edifícios comerciais e institucionais: divididos em comercial, iluminação pública, poder público e serviço público • 13 - Indústrias de manufatura e construção • 14 - Indústria de energia • 15 - Atividades agrícolas, florestais e de pesca 	<p>Anuário Estatístico de Energia Elétrica (ano base 2016), Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2017</p>
	II - Transporte	<p>As emissões de Escopo 3 do setor (II) Transportes não puderam ser desagregadas e estão consideradas no setor (I) Energia Estacionária em (I2) Emissões Comerciais e Institucionais.</p>	

Escopo	Setor	Fonte de Emissão	Fonte de Dados
	III - Resíduos	Emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos. As emissões são divididas nos seguintes subsetores: <ul style="list-style-type: none"> • III1 - Disposição de resíduos em aterro sanitário 	Resíduos: CETESB, 2017 Dados populacionais: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

A partir da análise da Tabela 3 acima, nota-se que o Escopo 2 e 3 do inventário serão compostos somente pelo setor de Energia Estacionária, já que não foi possível segregar a informações de consumo de energia do setor de transportes. Além disso, não existem emissões de Escopo 3 referentes a resíduos para a RMC, pois o nenhum dos 20 municípios enviam seus resíduos sólidos urbanos para tratamento fora dos limites geográficos da região.

2.5 CONSIDERAÇÕES DO INVENTÁRIO

As diretrizes do GPC estabelecem notações para os dados para que seja possível identificar limitações dos inventários de cidades. As notações definidas pelo GPC são:

- Emissões incluídas em outras fontes: IO;
- Emissões não estimadas: NE;
- Emissões não aplicáveis: NA;
- Emissões confidenciais: C.

No inventário de GEE foram excluídas algumas fontes de emissão dado indisponibilidade de dados e/ou baixa representatividade (NE):

- Disposição de resíduos industriais - de acordo com levantamento realizado em 2013 pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), em 2008 a destinação de resíduos industriais no Brasil era de 78% para aterros, 14% para coprocessamento, 1% para incineração, 5% para tratamento biológicos e 2% para outros tipos de tratamento. Dada a indisponibilidade de informações públicas e a baixa representatividade da disposição de resíduos industriais para tratamento biológico (subsetor III.2 - 5%) e incineração (subsetor III.3 - 1%), as emissões desses tipos de tratamento não serão consideradas no inventário da RMC. As emissões do coprocessamento (14%) também não serão contempladas dada a dificuldade em se obter tal informação, visto que as indústrias geradoras de resíduos perigosos contratam empresas terceiras especializadas nesse tipo de tratamento que, por sua vez, realizam o tratamento dos resíduos em diferentes localizações a depender de fatores legais, de mercado e de gestão de unidade operacional.

- Disposição de resíduos de saúde - a única estimativa encontrada publicamente referente ao tratamento de resíduos dessa natureza foi realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no documento Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016, que estima que 2,271 toneladas de resíduos de serviços de saúde por habitante sejam geradas na região Sudeste do país e que 34,5% desses resíduos são destinados para incineração. De acordo com estimativa prévia realizada pela Consultoria, as emissões provenientes dessa incineração representariam menos de 1% das emissões do setor de resíduos. Portanto, devido à baixa representatividade e falta de precisão dos dados (região Sudeste e não RMC), as emissões da incineração de resíduos de saúde não serão contabilizadas no inventário da RMC.
- Tratamento de efluentes industriais - segundo o relatório de Emissões do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos 2009-2010 (CETESB, 2013), as maiores responsáveis pela emissão de GEE devido ao tratamento de efluentes industriais são as indústrias produtoras de cerveja e de papel, com cerca de 79% de representatividade no total dessa fonte de emissão. Os 21% restantes, referentes às indústrias de álcool, açúcar, leite cru e pasteurizado, algodão, suínos, aves e bovinos, foram excluídos do inventário devido à baixa representatividade de emissão e pela dificuldade em se conseguir os dados necessários com as indústrias. Adicionalmente, para suínos, aves e bovinos, foram consideradas as emissões provenientes do manejo de dejetos, que contempla tratamento em reatores e lagoas anaeróbicas, digestores etc., podendo assim incorrer em dupla contagem das emissões.
- Plantio de mudas - fonte responsável por remoção de emissões, não será contabilizada no inventário devido à dificuldade em se obter em tempo hábil para elaboração desse relatório a informação de todas as iniciativas de plantio de vegetação nativa que ocorreram na RMC em 2016, adicionada à incertezas no método que seria utilizado para estimativa dessas remoções (uso de fatores de emissão genéricos).
- Supressão de vegetação nativa - A RMC está localizada dentro do bioma Mata Atlântica e os dados de supressão vegetal nativa foram coletados para cada um dos municípios na plataforma eletrônica da SOS Mata Atlântica "Aqui tem Mata?", um aplicativo com informações sobre a existência de áreas remanescentes de Mata Atlântica no país (www.aquitemmata.org.br). Nessa plataforma, por questões de precisão dos satélites utilizados, só são identificados desmatamentos contínuos superiores a 3 hectares/ano e, todos os municípios da RMC tiveram seus dados de desmatamento informados como sendo 'zero' em 2016, indicando que o tamanho da área contínua dos desmatamentos, caso tenham ocorrido, foi menor do que 3 hectares e não necessariamente porque não houve nenhum tipo de desmatamento durante esse ano. Esse perfil era esperado para a RMC, já que no ano de 2016 a região já possuía sua configuração urbana/rural bem estabelecida e áreas

significativas de desmatamento (maiores que 3 hectares contínuos) tendem a ocorrer mais em regiões quais o desenvolvimento urbano ainda está em fase inicial. Dito isso, essas emissões não serão contabilizadas no Inventário da RMC.

- Atividades industriais - as emissões referentes ao consumo de explosivos de uma indústria de beneficiamento e extração de basalto presente na RMC não foram estimadas devido à indisponibilidade de dados e à baixa representatividade no inventário da RMC.
- Uso de produtos - o uso de gases refrigerantes, parafinas e lubrificantes em processos produtivos também não serão considerados no inventário de GEE da RMC devido à indisponibilidade desse tipo de informação em fontes públicas e a inviabilidade de compilação de tais dados.

Algumas emissões de GEE da RMC não puderam ser desagregadas e foram consideradas em outras categorias (IO):

- As emissões provenientes de transporte ferroviário (II2) e transporte *off-road* (II5) foram consideradas juntamente com a categoria de transporte terrestre (II1).
- O consumo de combustíveis de transportes intermunicipais está considerado no Escopo 1 da categoria de transporte terrestre (II1).
- O consumo de energia elétrica da frota ferroviária da RMC e as perdas na T&D associadas estão contemplados junto ao setor de energia estacionária, subsetor I2 (consumo de energia elétrica - poder público).
- As emissões fugitivas provenientes de *venting*³ (I8) são reportadas de forma agregada com as emissões do processo de produção de combustível do subsetor I4 da categoria de energia estacionária.

Adicionalmente, alguns setores de atividades mapeados no GPC não são aplicáveis à RMC (NA):

- Emissões fugitivas das atividades de mineração de carvão - atividade não ocorre na RMC, portanto não foi considerada no inventário.
- Transporte fluvial - não existem hidrovias na RMC, portanto as emissões provenientes de transporte fluvial não são consideradas.

³ *Venting* é definido pelo GHG Protocol como a liberação controlada de gases durante as operações de produção de petróleo e gás natural (FGV EAESP, 2016).

- Emissões fugitivas de indústria de óleo e gás- vazamentos acidentais na REPLAN não estão contemplados no inventário, pois não há informação sobre ocorrências em 2016.
- Atividades industriais - não foram identificadas indústrias de produção de cimento, cal e vidros na RMC.
- Atividades industriais - as indústrias metalúrgicas presentes na RMC não possuem as etapas de processo emissoras de GEE, como produção de aço, alumínio, magnésio, zinco e chumbo.
- Queima de biomassa - as emissões de queima de biomassa para fins não energéticos não serão incluídas nesse setor, visto que no estado de São Paulo as práticas de queimada não são mais permitidas, conforme disposto no Artigo 8º da Lei 11.241/2002.

A Tabela 4 apresenta a notação para as fontes de emissão não incluídas no inventário de GEE da RMC, de acordo com a descrição acima:

Tabela 4. Considerações do Inventário de GEE da RMC referente ao ano de 2016.

Setor	Subsetor	Notação
I - Energia Estacionária	17 - Emissões fugitivas referentes a atividades de mineração de carvão	NA
I - Energia Estacionária	18 - Emissões fugitivas referentes a atividades de óleo e gás - vazamentos acidentais	NA
I - Energia Estacionária	18 - Emissões fugitivas referentes a atividades de óleo e gás - venting	IO
II - Transporte	II2 - Ferroviário	IO
II - Transporte	II3 - Fluvial	NA
II - Transporte	II5 - Off-road	IO
III - Resíduos	III3 - Resíduos enviados para compostagem	NE
III - Resíduos	III3 - Resíduos enviados para incineração	NE
III - Resíduos	III4 - Resíduos enviados para coprocessamento	NE
III - Resíduos	III4 - Tratamento de efluentes industriais (álcool, açúcar, leite cru e pasteurizado, algodão, suínos, aves e bovinos)	NE
IV - IPPU	IV1- Produção da indústria metalúrgica	NA
IV - IPPU	IV1- Produção da cal	NA
IV - IPPU	IV1- Produção de cimento	NA
IV - IPPU	IV1- Outras indústrias	NE/NA
IV - IPPU	IV2 - Uso de produtos	NE
V - AFOLU	V2 - Uso da terra: plantio de mudas	NE
V - AFOLU	V2 - Uso da terra: supressão de vegetação nativa	NE
V - AFOLU	V2 - Uso da terra: queima de biomassa	NA

3. MÉTODO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE

O Inventário de emissões de GEE da Região Metropolitana de Campinas foi elaborado via CLIMAS, um software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon, que possui um banco de dados com os fatores

de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

Genericamente, as emissões e remoções de GEE são calculadas para cada fonte e sumidouro individualmente segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = DA_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- ***i*** Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***y*** Ano de referência do relatório.
- **$E_{i,g,y}$** Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte ou sumidouro *i* durante o ano *y*, em tCO_{2e};
- **$DA_{i,y}$** Dado de atividade consolidado referente à fonte ou sumidouro *i* para o ano *y*, na unidade *u*. Como ressaltado anteriormente, o dado de atividade consolidado consistirá de todos os atributos registrados de cada fonte/sumidouro.
- **$FE_{i,g,y}$** Fator de emissão ou remoção do GEE *g* aplicável à fonte ou sumidouro *i* no ano *y*, em t GEE *g*/*u*;
- **PAG_g** Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO_{2e}/t GEE *g*;

A escolha do método de cálculo apropriado decorreu da disponibilidade de dados e de fatores de emissão específicos, das tecnologias de combustão utilizadas no processo, entre outros.

A equipe técnica da WayCarbon fica responsável por atualizar periodicamente o CLIMAS com os fatores de emissão de acordo com metodologias consagradas internacionalmente para confecção de inventários de GEE. Os fatores de emissão são baseados, principalmente, nas seguintes referências (Tabela 5):

Tabela 5. Referências para os fatores de emissão.

Referência	Descrição	Link
IPCC 2006	IPCC <i>Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme</i> , Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). <i>Published: IGES, Japan.</i>	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
PBGHGP 2018	Programa Brasileiro GHG Protocol, Ferramenta de Cálculo, versão 2018.1.	http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo

Referência	Descrição	Link
BEN 2015	Balanco Energético Nacional 2015: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. - Rio de Janeiro: EPE, 2015.	http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-127/topico-97/Relat%C3%B3rio%20Final%202015.pdf
MCTIC 2017	MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC).	http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/arquivos/emissoes_co2/inventarios_Corporativos_2018_maio.xlsx

Os fatores de emissão extraídos do CLIMAS que foram utilizados no inventário da RMC e não são apresentados ao longo dos próximos itens são apresentados no Anexo B deste relatório.

A seguir são descritos os métodos de cálculo e equações específicas para cada tipo de fonte de emissão presente no inventário de emissões da RMC.

3.1 ENERGIA ESTACIONÁRIA E TRANSPORTES

3.1.1 Consumo de combustíveis

O cálculo das emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis foi elaborado a partir do consumo em volume de combustível, por tipo, no ano de 2016. As emissões de GEE para essa fonte são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = C_{i,y} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- i Índice que denota o tipo de combustível;
- g Índice que denota um tipo de GEE;
- y Ano de referência do relatório (2016);
- $E_{i,g,y}$ Emissões ou remoções do GEE g atribuíveis à fonte i durante o ano y , em tCO₂e;
- $C_{i,y}$ Consumo do combustível i para o ano y , na unidade de medida u , sendo u m³ ou kg;
- $PCI_{i,y}$ Poder Calorífico Interno do combustível i para o ano y , na unidade de medida TJ/ u ;
- $FE_{i,g,y}$ Fator de emissão do GEE g aplicável ao combustível i no ano y , em t GEE g/TJ;
- PAG_g Potencial de aquecimento global do GEE g , em tCO₂e/t GEE g .

Os tipos de GEE emitidos na queima de combustíveis são CO₂, CH₄ e N₂O.

Os consumos de gasolina e diesel exigem uma etapa adicional de cálculo dado que em 2016, a legislação brasileira exigia que esses combustíveis contivessem 27% de etanol anidro e 7% de biodiesel em suas composições, respectivamente. Para o cálculo das emissões oriundas do consumo desses tipos de combustível, foram aplicadas as porcentagens de biocombustível anteriormente ao uso da equação descrita acima.

3.1.2 Consumo de energia elétrica e perdas na transmissão e distribuição (T&D)⁴

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de eletricidade e perdas na transmissão e distribuição (T&D) foi realizado a partir dos dados de eletricidade consumida por município em MWh no ano de 2016 por tipo de atividade. Para o cálculo das emissões é necessário o valor de consumo mensal devido à variação dos fatores de emissão da rede nacional (grid), e, portanto, os valores anuais coletados foram divididos por 12 para alocação uniforme nos meses de 2016.

O tipo de GEE considerado na geração de energia do grid brasileiro é CO₂ e as emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO_2,m,y} = C_{m,y} \cdot FE_{CO_2,m,y}$$

Onde:

- ***m*** Mês do consumo referente ao consumo de eletricidade;
- ***y*** Ano de referência do relatório (2016);
- ***E_{CO2,m,y}*** Emissões de CO₂ atribuíveis ao consumo de eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em tCO₂e;
- ***C_{m,y}*** Consumo de eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em MWh;
- ***FE_{i,g,y}*** Fator de emissão de CO₂ aplicável à eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em t CO₂/MWh.

Já para o cálculo das emissões derivadas das perdas na T&D, é necessário aplicar o fator de perdas ao consumo de eletricidade. Posteriormente, a mesma fórmula aplicada para consumo de energia elétrica é aplicada para perdas na T&D. De acordo com Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2017), o fator de perdas para a região Sudeste foi de 19,15% no ano de 2016.

⁴ As perdas referem-se à energia elétrica gerada que passa pelas linhas de transmissão (Rede Básica) e redes da distribuição, mas que não chega a ser comercializada, seja por motivos técnicos ou comerciais (ANEEL, 2018)

3.1.3 Emissões fugitivas da indústria de óleo e gás

As emissões fugitivas⁵ de sistemas de óleo e gás incluíram os vazamentos de equipamentos e transporte de óleo e gás e combustão em tochas (*flares*) das atividades de refino. A única responsável pelas emissões fugitivas de sistemas óleo e gás do inventário de GEE da RMC é refinaria de Paulínia (REPLAN), responsável pela produção de cerca de 20% de todo petróleo refinado no país (Petrobrás, 2017).

Dado que as informações sobre emissões fugitivas reais medidas na refinaria não foram disponibilizados pela REPLAN⁶, essas emissões foram estimadas a partir da aplicação de fatores de emissão sobre a produção total da empresa. Em 2016, de acordo com os dados públicos da ANP, a REPLAN refinou 19.537.540 m³, incluindo petróleo nacional e importado.

Para refletir um cenário de emissões realista da empresa, os fatores de emissão dos vazamentos de equipamentos e transporte de óleo e gás e da combustão em tochas (*flares*) das atividades de refino foram calculados a partir das emissões do ano de 2005 reportadas pela REPLAN em trabalho acadêmico realizado na Universidade de Campinas (Chan, Wai N., 2006).

Em 2005, as emissões fugitivas de vazamentos foram 1.139,5 t CH₄ e as emissões pela combustão em tochas foram de 53.910 t CO₂. De acordo com os dados públicos da ANP, o refino de óleo total da REPLAN no ano de 2005 foi de 19.390.573 m³. Portanto, dividindo-se as emissões pela produção, os fatores de emissão calculados foram de: 0,06 t CH₄/(1000 m³ petróleo processado) para emissões de vazamento e 2,78 t CO₂/(1000 m³ petróleo processado) para emissões pela combustão em tochas. Como premissa, assumiu-se que não houve manutenção e/ou deterioração dos equipamentos desde 2005 até o ano de 2016.

Assim, as emissões fugitivas de CH₄ provenientes de vazamentos do sistema óleo e gás são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,y} = Q_y \cdot FE_{CH_4,2005} \cdot 1000$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);

⁵ As emissões fugitivas são definidas pela Resolução 382/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) como lançamentos difusos na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuada por uma fonte que não possui dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo. De acordo com o guia do GPC, as emissões fugitivas dos sistemas de óleo e gás incluem emissões intencionais e não intencionais provenientes de vazamentos, evaporação, *venting*, tochas (*flaring*) e vazamentos por conta de acidentes operacionais. No Inventário da RMC, as emissões provenientes de *venting* estão consideradas na categoria de emissões industriais e as emissões provenientes de vazamentos por conta de acidentes operacionais não são aplicáveis.

⁶ Os dados de emissões atmosféricas foram solicitados para a REPLAN pela Prefeitura de Campinas via ofício n°104/2018 no dia 16 de agosto de 2018. A REPLAN respondeu ao ofício informando que os dados não serão fornecidos pela empresa.

- $E_{CH_4,y}$ Emissões fugitivas de CH₄ atribuíveis a vazamentos em equipamentos das refinarias de óleo e gás no ano y , em t CH₄;
- Q_y Quantidade de petróleo processado na refinaria no ano y em m³;
- $FE_{CH_4,2005}$ Fator de emissão de CH₄ calculado para fugitivas (vazamentos) na refinaria REPLAN com base nos dados disponíveis do ano de 2005, em t CH₄/1000 m³ petróleo processado.

As emissões de CO₂ referentes à combustão em tochas (*flares*) são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,y} = Q_y \cdot FE_{CO_2,y} \cdot 1000$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- $E_{CO_2,y}$ Emissões de CO₂ atribuíveis a combustão em tochas das refinarias de óleo e gás no ano y , em t CO₂;
- Q_y Quantidade de petróleo processado na refinaria no ano y em m³;
- $FE_{CO_2,2005}$ Fator de emissão de CO₂ calculado para combustão em tochas (*flares*) na refinaria REPLAN com base nos dados disponíveis do ano de 2005, em t CO₂/1000 m³ petróleo processado.

3.1.4 Processo de produção de combustíveis

A única responsável pelas emissões do processo de produção de combustíveis na RMC também é a refinaria de Paulínia (REPLAN). O cálculo dessas emissões é realizado a partir da quantidade de petróleo refinado no ano em questão pelo fator de emissão estimado especificamente para a empresa.

A emissão do CO₂ é considerada para esse tipo de fonte e é calculada segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,y} = Q_y \cdot FE_{CO_2,y}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- $E_{CO_2,y}$ Emissões CO₂ atribuíveis ao processo de produção de combustíveis no ano y , em t CO₂;
- Q_y Quantidade de petróleo refinado no ano y , em t;

- FE_y Fator de emissão de CO₂ aplicável à produção de combustíveis, em t CO₂/t petróleo refinado.

A REPLAN teve seu fator de emissão calculado a partir da divisão das emissões industriais totais da Petrobrás no Brasil em 2016 (11.488.952 toneladas CO₂e), conforme reportado no Programa Brasileiro do GHG Protocol⁷, pela quantidade total de petróleo refinado pela empresa no país no mesmo ano (106.532.532 m³ de petróleo), conforme informado pela ANP, resultando num fator de emissão de aproximadamente 0,108 t CO₂e/t petróleo. Para o cálculo das emissões da REPLAN, multiplicou-se o fator de emissão de CO₂e por tonelada de petróleo refinado calculado (o fator 0,108 t CO₂e/t petróleo encontrado no cálculo anterior) pela quantidade total de petróleo refinado pela REPLAN (19.537.540 m³) conforme equação acima.

3.2 RESÍDUOS

3.2.1 Resíduos sólidos destinado para aterro

Para o cálculo das emissões provenientes da destinação de resíduos sólidos em aterros, foram coletadas as quantidades de resíduos destinados para aterros do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2017). O local de destinação dos resíduos foi retirado do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2017) e confirmado com as Prefeituras Municipais para que as emissões de Escopo 1 e 3 fossem definidas.

O CH₄ é gerado nos aterros de acordo com as seguintes equações:

$$E_{CH_4,y} = QR_y \cdot L_{0,y} \cdot (1 - OX_0)$$

$$L_{0,y} = MCF_0 \cdot DOC_{média} \cdot DOC_f \cdot F_{CH_4} \cdot \frac{16}{12}$$

$$DOC_{média} = \sum (\%_{i,y} \cdot DOC_i)$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Tipo de resíduo;

⁷ A empresa Petróleo Brasileiro S.A (Petrobrás) reporta suas emissões totais no Programa Brasileiro do GHG Protocol e os dados são disponibilizados na plataforma online do programa. Neste reporte, não há segregação de emissões industriais por refinaria.

- $E_{CH_4,y}$ Emissões CH_4 atribuíveis à decomposição do resíduo disposto em aterros no ano y , em $t CH_4$;
- QR_y Quantidade de resíduos destinados para o aterro no ano y em t ;
- $L_{0,y}$ Potencial de geração de metano no ano y em $t CH_4/ t resíduo$;
- OX_0 Fator de oxidação, adimensional;
- MCF_0 Fator de correção de metano baseado na qualidade no aterro, adimensional;
- $DOC_{média}$ Valor de carbono orgânico degradável médio (valor calculado de acordo com a composição média dos resíduos sólidos urbanos na América Latina);
- DOC_i Carbono orgânico degradável do resíduo i ;
- $\%_{i,y}$ Fração de quantidade de resíduo i no ano y ;
- $DOC_{f,y}$ Fração de resíduo que se decompõe, adimensional (valor *default* de 50%, conforme IPCC 2006);
- F_{CH_4} Fração de metano no biogás, adimensional (valor *default* de 50%, conforme IPCC 2006);
- $16/12$ Conversão de massa de C em CH_4 , 1,33;
- F_{CH_4} Fração de metano no biogás, adimensional (valor *default* de 50%, conforme IPCC 2006).

No 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretas e Indiretas do Estado de São Paulo, a CETESB informou os DOC estimados para os municípios do Estado de São Paulo nos anos de 1977 a 2008 (0,1316 a 0,2052). Entretanto, não há valores mais recentes calculados para o estado, e, portanto, a composição de resíduos sólidos urbanos da América Latina foi considerada para o cálculo das emissões, conforme dados retirados do IPCC 2006. A Tabela 6 apresenta os valores da composição e seus respectivos DOC.

Tabela 6. Composição média dos resíduos sólidos urbanos na América Latina, entre 1977 e 2008.

Tipo de resíduo i	Porcentagem (%)	DOC _{i}
Resíduos alimentares	44,9%	0,15
Madeira	4,7%	0,43
Papel	17,1%	0,40
Metal	2,9%	0
Plástico	10,8%	0
Têxteis	2,6%	0,24
Borracha/couro	0,7%	0

Tipo de resíduo i	Porcentagem (%)	DOC _i
Vidro	3,3%	0
Outros inertes	13,0%	0

O DOC médio de 0,1622 foi calculado a partir dos dados da Tabela 6, resultado compatível com os valores obtidos para os municípios do Estado de São Paulo entre 1977 e 2008.

Os valores de OX_0 e MFC_0 foram obtidos do IPCC 2006, de acordo com a qualidade de cada aterro. Para classificar a qualidade dos aterros de acordo com as definições do IPCC 2006, foi utilizado o índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), calculado pela CETESB com base nas características operacionais, como fatores de impermeabilização do solo, drenagem de gases, vida útil, etc. A classificação foi realizada conforme descrito a seguir:

- Para os aterros classificados pela CETESB como inadequados foram utilizados os valores de OX_0 e MFC_0 do IPCC 2006 para aterros não categorizados.
- Para os aterros classificados pela CETESB como adequados, foram utilizados valores de OX_0 e MFC_0 definidos para aterros sanitários gerenciados e anaeróbicos.

O único aterro sanitário classificado como inadequado foi o de Santa Bárbara d'Oeste que recebe 5,8% dos resíduos gerados na RMC. O valor de OX_0 foi considerado 0 (zero) para todos os aterros, conforme indicado pelo IPCC 2006 para aterro gerenciados e para aterros não categorizados. A Tabela 7 apresenta a classificação dos aterros sanitários da RMC e os valores adotados para MFC_0 .

Tabela 7. Classificação dos aterros sanitários da RMC.

Aterro Particular (A.P.)	IQR - Enquadramento	MFC_0
Indaiatuba A.P.	9,8 - Adequado	1,0
Itatiba A.P.	9,1 - Adequado	1,0
Pedreira A.P.	8,6 - Adequado	1,0
Paulínia A.P.	9,5 - Adequado	1,0
Santa Bárbara d'Oeste A.P.	1,8 - Inadequado	0,6

No geral, não há recuperação de metano nos aterros sanitários e reatores anaeróbicos do Brasil. Na RMC, apenas o aterro localizado em Paulínia, que trata 81,6% dos resíduos sólidos urbanos gerados na RMC, possui estação de recuperação de 100% do biogás gerado (inclusive metano) e realiza a queima desse biogás, transformando metano em água e dióxido de carbono (Estre, 2017). O dióxido de carbono gerado pela queima do biogás é categorizado como gás carbônico renovável, portanto, para esse aterro, não há emissão de GEE a ser contabilizada no inventário.

3.2.2 Efluentes Domésticos

O cálculo das emissões geradas a partir do tratamento de efluentes domésticos é feito a partir do número de residentes de cada município, as taxas da população atendida⁸ pela rede sanitária de cada município e as taxas de tratamento de efluentes que utilizam processos anaeróbicos.

As tecnologias de tratamento para a população atendida pela rede sanitária municipal foram definidas a partir da informação fornecida pelas Prefeituras Municipais. Os municípios de Indaiatuba, Morungaba, Monte Mor e Pedreira não informaram o tipo de tecnologia de tratamento, portanto foi considerado que 100% do efluente coletado nesses municípios é tratado em estações de tratamento (ETE) que utilizam processos anaeróbicos, priorizando assim, o conservadorismo na estimativa das emissões, visto que o tratamento por processos aeróbicos, na teoria, não emite GEE. Já para a população não atendida pela rede, foi considerada a tecnologia de tratamento em fossa séptica para todos os municípios.

O CH₄ produzido em tratamento de efluentes em reatores anaeróbicos ou fossa séptica foi estimado segundo a fórmula a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = \frac{População_y \cdot MCF_{AR,i} \cdot B_0 \cdot BOD_{rate}}{10^3}$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório (2016);
- **i** Tipo de tratamento de efluente (reator anaeróbico ou fossa séptica);
- **$E_{CH_4,y}$** Emissões CH₄ atribuíveis ao tratamento de efluentes do tipo *i* no ano *y*, em t CH₄;
- **$População_y$** Número de habitantes do município no ano *y*;
- **BOD_{rate}** Quantidade média de Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD do inglês *Biochemical Oxygen Demand*) gerada por habitante por dia em g BOD/hab/dia;
- **MCF_i** Fator de correção de metano para o tipo de tratamento *i*, adimensional;
- **B_0** Valor máximo de produção de CH₄ em efluentes sanitários em kg CH₄/kg BOD.

⁸ As taxas de população atendida, obtidas da plataforma IBGE Cidades ou informadas pelas prefeituras municipais, representam as taxas de efluentes gerados que são coletados pela rede sanitária municipal, sendo estes efluentes enviados para tratamento ou diretamente para cursos d'água sem tratamento.

Foi adotada a premissa que nenhuma estação de tratamento de efluentes da RMC possui sistemas de recuperação de CH₄.

Os dados de MCF e B₀ foram retirados do IPCC 2016 para o cálculo de emissões provenientes de reatores anaeróbicos (valor de MCF de 0,8 e valor de B₀ de 0,6 kg CH₄/kg BOD) e de fossas sépticas (valor de MCF de 0,5 e valor de B₀ de 0,6 kg CH₄/kg BOD). Já os dados da quantidade média de BOD gerado por pessoa foi retirado do artigo científico de Von Sperling e Lemos Chernicharo, da Universidade Federal de Minas Gerais (valor de 50 g BOD/hab/dia).

3.2.3 Efluentes Industriais

De acordo com a Norma Brasileira - NBR 9800/1987, efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanações de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto.

Segundo o relatório de Emissões do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos 2009-2010 (CETESB, 2013), as maiores responsáveis pela emissão de GEE devido ao tratamento de efluentes industriais são as indústrias produtoras de cerveja e de papel, com cerca de 79% de representatividade do total dessa fonte de emissão. Portanto, somente as emissões provenientes das indústrias produtoras de cerveja e papel foram contempladas esse inventário. Foi considerado que o tratamento de efluentes industriais da RMC utiliza tecnologias anaeróbicas e, por conservadorismo, que não há recuperação de metano.

O cálculo das emissões de CH₄ geradas a partir do tratamento de efluentes industriais em processos anaeróbicos é feito a partir da produção industrial anual das empresas por tipo de indústria e produtoras de cerveja e de papel e celulose, da fração orgânica presente nos efluentes gerados nessas empresas, segundo a fórmula a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = \frac{Pind_{i,y} \cdot Dind_i \cdot MCF_k \cdot B_0}{10^3} - R_{CH_4,y}$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório (2016);
- **i** Tipo de indústria (cerveja ou papel);
- **k** Tipo de tratamento de efluente
- **E_{CH₄,y}** Emissões CH₄ atribuíveis ao tratamento de efluentes da indústria *i* no ano *y*, em t CH₄;
- **Pind_{i,y}** Produção anual da indústria *i* no ano *y*, em t produto;

- $D_{ind,i,y}$ Emissão de carga orgânica por produto da indústria i no ano y , em kg BOD/t produto;
- MCF_k Fator de correção de metano para o tipo de tratamento i , adimensional;
- B_0 Valor máximo de produção de CH₄ em reatores anaeróbicos, em kg CH₄/kg BOD.

Na RMC há produção de cerveja em apenas uma fábrica da AMBEV em Jaguariúna, com capacidade máxima de produção de 795.300 m³/ano de cerveja e 4.700 m³/ano de *chopp* (aproximadamente 7% da produção nacional). As indústrias de papel localizadas na RMC são Celulose Irani S.A localizada em Indaiatuba, e Rigesa Celulose Papel e Embalagens localizada em Valinhos, ambas com capacidade máxima de produção de 165.600 toneladas cada uma.

A fração orgânica presente nesses efluentes varia de acordo com os produtos e processos envolvidos. Os fatores de emissão de carga orgânica (D_{ind}) para a produção foram retirados do relatório Emissões do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos 2009-2010 (CETESB, 2013), sendo igual a 62,1 kg DBO/t para cerveja e 8,0 kg DBO/t para papel. Foi considerado que os efluentes industriais gerados na RMC são tratados em processos anaeróbicos, de acordo com o estudo realizado em 1999 (Banco de dados STEL) apresentado na CETESB 2013. O valor de MCF calculado no estudo foi de 0,658 CH₄/kg BOD⁹. Já para o B_0 , foi utilizado o valor default de 0,6 kg CH₄/kg BOD, também retirado do IPCC 2016.

3.3 PROCESSOS INDUSTRIAIS

As emissões dos processos industriais são decorrentes da transformação de materiais não relacionados a queima e produção de combustíveis. As emissões no inventário de GEE da RMC foram estimadas a partir das quantidades (em massa ou volume) produzidas por ano, por tipo de produto. Os dados de produção em 2016 foram levantados nos websites e relatórios anuais das indústrias listadas e, quando não disponíveis, os dados de capacidade de produção máxima permitida foram obtidos na Licenças de Operação (LO).

A emissão do CO₂ é considerada para esse tipo de fonte e é calculada segundo a equação a seguir:

$$E_{CO2,y} = Q_{i,y} \cdot FE_{CO2,i,y}$$

Onde:

⁹ Na CETESB 2013, são apresentados os tipos de tratamento de efluentes industriais com as seguintes características: 76,3% em reatores anaeróbicos (MCF=0,8 CH₄/kg BOD); 5,3% em lagoas anaeróbicas (MCF= 0,8 CH₄/kg BOD); 7,9% em lagoas facultativas e mistas (MCF=0,2 CH₄/kg BOD); e 10,5% em processos aeróbicos (MCF= 0 CH₄/kg BOD). Os valores do MCF são definidos pelo IPCC 2006.

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Tipo de produto gerado na atividade industrial;
- $E_{CO_2,i,y}$ Emissões CO₂ atribuíveis à atividade industrial que produz o produto i no ano y , em t CO₂;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de produto i produzido no ano y , em massa ou volume;
- $FE_{i,y}$ Fator de emissão de CO₂ aplicável para produção do produto i , em t CO₂/por unidade de medida de massa ou volume do produto i .

Os fatores de emissão industriais foram obtidos do relatório de emissões de fontes industriais elaborado pela CETESB (CETESB, 2017) e da base de dados do *Ecoinvent*¹⁰.

Os fatores de emissão publicados pela CETESB foram priorizados aos fatores de emissão do *Ecoinvent*. As principais considerações para a adoção de fatores de emissão foram:

- as resinas dos diferentes tipos produzidas na RMC (resinas poliéster, isocianica, aquídicas e adesivos de resina) foram consideradas como resina epóxi dado a disponibilidade de fatores de emissão (processo do *Ecoinvent*: *Epoxy resin {RoW} | epoxy resin production | APOS, U*);
- os fertilizantes compostos de mistura de ácido fosfórico e outros componentes foram considerados como 100% ácido fosfórico (Fonte: processo *Ecoinvent*: *Phosphoric acid, fertiliser grade, without water, in 70% solution state {RoW} | phosphoric acid production, dihydrate process | APOS, U*);
- os fertilizantes compostos de mistura de ureia e outros componentes foram considerados como 100% ureia (Fonte: processo *Ecoinvent*: *Urea, as N {RoW} | production | APOS, U*);
- os fertilizantes que possuem ácido fosfórico e ureia em suas composições foram considerados como 100% ácido fosfórico por conservadorismo em termos de emissão (Fonte: processo *Ecoinvent*: *Phosphoric acid, fertiliser grade, without water, in 70% solution state {RoW} | phosphoric acid production, dihydrate process | APOS, U*);
- aninoretanos, pre-polímero de poliuretano, adesivos poliuretânicos sem solvente e resina de poliuretano foram considerados como 100% poliuretanos (Fonte: processo *Ecoinvent*: *Polyurethane, flexible foam {RoW} | production | APOS, U*);

¹⁰ *Ecoinvent* é base de dados internacional de Inventários de Ciclo de Vida que reúne milhares de conjuntos de dados. Essa base é gerida pelas instituições Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Empa, ETH Lausanne, ETH Zurich e The Paul Scherrer Institute e atende a mais de 6 mil usuários.

- o plastisol, que é uma suspensão de policloreto de vinila (PCV), foi considerado como 100% resina de PVC (Fonte: processo Ecoinvent: Polyvinylchloride resin (E-PVC), emulsion polymerisation, production mix, at plant RER).

3.4 AGRICULTURA, FLORESTAS E USO DA TERRA

3.4.1 Rebanhos

As emissões dessa fonte são provenientes da fermentação entérica que ocorre no sistema digestório de animais ruminantes e do manejo ou não dos dejetos gerados por esses e outros animais de rebanho. O dado de entrada necessário para o cálculo dessas emissões é a quantidade de animais, por tipo. Os tipos de animais contemplados no inventário da RMC foram bovinos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, suínos galináceos, dos quais bovinos são divididos em gado leiteiro, gado de corte macho, fêmea e jovens.

O CH₄ é produzido durante a fermentação entérica¹¹ e as emissões são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = N_{i,y} \cdot FE_{CH_4,i,y}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Tipo de animal;
- $E_{CH_4,i,y}$ Emissões CH₄ atribuíveis à fermentação entérica de animais do tipo i no ano y , em t CH₄;
- $N_{i,y}$ Número de animais do tipo i no ano y ;
- $FE_{i,y}$ Fator de emissão de CH₄ aplicável para fermentação entérica do animal do tipo i , em t CH₄/animal i .

De maneira similar, o dado de entrada necessário para o cálculo das emissões provenientes do manejo dos dejetos dos animais é a quantidade de animais por tipo. As emissões de CH₄ para essa fonte são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,y} = N_{i,y} \cdot FE_{CH_4,i,y}$$

Onde:

¹¹ As emissões provenientes de fermentação entérica são aplicáveis apenas para animais ruminantes, como os bovinos.

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Tipo de animal;
- $E_{CH_4,i,y}$ Emissões de CH₄ atribuíveis ao manejo de dejetos do animal do tipo i no ano y , em t CH₄;
- $N_{i,y}$ Número de animais do tipo i no ano y ;
- $FE_{CH_4,i,y}$ Fator de emissão do CH₄ aplicável ao manejo de dejetos do animal i , em t CH₄/cabeça de animal;

O N₂O também é produzido no processo de manejo de dejetos e essa fonte é calculada segundo as equações a seguir:

$$E_{N_2Odir,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FE_{3N,t})$$

$$E_{N_2Ovot,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FracGasMS_{t,i} \cdot FE_{4N})$$

$$E_{N_2Oesc,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FracLeach_{t,i} \cdot FE_{5N})$$

$$E_{N_2O,y} = E_{N_2Odir,y} + E_{N_2Ovot,y} + E_{N_2Oesc,y}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Tipo de animal;
- t Tipo de manejo do dejetos;
- $E_{N_2O,t,y}$ Emissões totais de N₂O atribuíveis ao manejo de dejetos do animal i pelo tipo de tratamento t no ano y , em t N₂O;
- $E_{N_2Odir,t,y}$ Emissões de N₂O diretas¹² atribuíveis ao manejo de dejetos do animal i pelo tipo de tratamento t no ano y , em t N₂O;
- $E_{N_2Ovot,t,y}$ Emissões de N₂O provenientes de volatilização atribuíveis ao manejo de dejetos do animal i pelo tipo de tratamento t no ano y , em t N₂O;

¹² De acordo com IPCC 2006, não há emissões diretas aplicáveis aos tipos de tratamento de dejetos: lagoa anaeróbica e reator anaeróbico

- $E_{N2Oesc,i,y}$ Emissões de N_2O provenientes de escoamento¹³ atribuíveis ao manejo de dejetos do animal i pelo tipo de tratamento t no ano y , em $t N_2O$;
- $N_{i,y}$ Número de animais do tipo i no ano y ;
- $Nex_{i,y}$ Média de quantidade de nitrogênio dos dejetos excretados por tipo de animal i no ano y ;
- $FE3_{N,t}$ Fator de emissão de N_2O diretas aplicável ao manejo de dejetos pelo tipo de tratamento t , em $t N_2O-N/kg N$;
- $FE4_N$ Fator de volatilização e re-deposição aplicável ao manejo de dejetos, *adimensional* (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE5_N$ Fator de escoamento aplicável ao manejo de dejetos, *adimensional* (valor *default* de 0,0075 de acordo com IPCC 2006);
- $MS_{t,i}$ Fração de dejetos dos animais do tipo i manejados pelo tipo de tratamento t , *adimensional*;
- $FracGasMS_{t,i}$ Fator de perda de N por volatilização de NH_3 e NO_x para o tipo de animal i e tipo de tratamento t , *adimensional*;
- $FracLeach_t$ Fator de perda de N para escoamento por tipo de tratamento t , *adimensional* (valor *default* de 0,3 aplicável apenas para pastagem de acordo com IPCC 2006).

De acordo com o Terceiro Inventário de Emissões Antrópicas do Estado de São Paulo (MCTI, 2015), foram identificados quatro tipos de tratamento de dejetos para gado, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos em São Paulo: pasto (sem tratamento), lagoa anaeróbica, digestor anaeróbico e outros¹⁴. Para aves, além dos tipos de tratamento identificados anteriormente, também são utilizados a estocagem líquida (ou esterqueira) e *dry lot*¹⁵. Para suínos, adiciona-se apenas o tratamento por estocagem líquida e não há pastagem.

Os fatores de emissão de CH_4 e N_2O para suínos possuem especificidades quanto ao tamanho das propriedades em que esses animais são criados. Para esse Inventário, o cálculo foi realizado utilizando os fatores de emissão para grandes propriedades em 91% dos animais e para pequenas

¹³ As emissões de N_2O provenientes de escoamento são aplicáveis somente para dejetos sem tratamento (pastagem).

¹⁴ Por conservadorismo em termos de emissão, o tipo de manejo de dejetos classificado como "outros" no MCTI 2015, foi considerado como Estocagem Sólida (*solid storage*), em que esterco e a urina são coletados e armazenados empilhados por um longo tempo (meses) antes de serem eliminados, com ou sem escoamento de água de chuva para um sistema de fossa (MCTI, 2015).

¹⁵ No tipo de tratamento classificado como armazenagem líquida, há combinação de armazenamento de esterco e urina em tanques. Já o tipo de manejo denominado *dry lot* acontece em clima seco em que os animais podem ser mantidos em confinamento não pavimentado e esterco seca até ser periodicamente removido. Após a remoção, o esterco pode ser distribuído nos campos (MCTI, 2015).

propriedades em 9%, de acordo com dados obtidos no documento elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 2015.

3.4.2 Emissões agregadas e outras de não-CO₂

As emissões de GEE mapeadas para essa fonte são provenientes da aplicação de fertilizantes no solo, principalmente os fertilizantes nitrogenados, calcário e ureia. O dado de entrada necessário para o cálculo dessas emissões é a quantidade total de fertilizante aplicada no ano, por tipo.

Para a calagem (calcário) e para aplicação de ureia no solo, as emissões de CO₂ são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,i,y} = Q_{i,y} \cdot CC_i \cdot \frac{44}{12}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Aplicação de fertilizante i (Calcário dolomítico ou ureia);
- $E_{CO_2,i,y}$ Emissões CO₂ atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em t CO₂;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t;
- CC_i Quantidade de C presente na fórmula molecular do fertilizante i , em t C/t.

Para o cálculo das emissões provenientes do calcário agrícola foi considerado o tipo calcário dolomítico, visto que as informações coletadas junto a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) não são apresentadas de maneira segregada por diferentes tipos de calagem.

Além da emissão do CO₂, a aplicação de fertilizantes no solo como ureia e de outros fertilizantes nitrogenados é responsável por emissão de N₂O. O cálculo dessas emissões é feito segundo a seguinte equação:

$$E_{N_2O,i,y} = Q_{i,y} \cdot (FE1_i + FE4_i \cdot FracGasF_i + FE5_i \cdot FracLeach_i) \cdot NC_i \cdot \frac{44}{28}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2016);
- i Aplicação de fertilizante i ;
- $E_{N_2O,i,y}$ Emissões N₂O atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em t N₂O;

- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t ;
- NC_i Quantidade de N presente na fórmula molecular do fertilizante i , adimensional;
- $FE1_i$ Fator de N considerando adições, volatilização e deslocamento de N do fertilizante i , adimensional (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE4_i$ Fator de volatilização e re-deposição aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE5_i$ Fator de escoamento aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,0075 de acordo com IPCC 2006);
- $FracGasF_i$ Fator de perda de N por volatilização de NH_3 e NO_x para o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,1 de acordo com IPCC 2006);
- $FracLeach_i$ Fator de perda de N por escoamento o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,3 de acordo com IPCC 2006);

3.5 PRINCÍPIOS DE CONTABILIZAÇÃO E ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO

O método proposto pelo GPC é indicado para elaboração de inventários de comunidades em geral. Assim como nos métodos de elaboração de Inventários de GEE definidos para corporações, o GPC também estabelece cinco princípios para a elaboração dos Inventários de GEE. Seguir esses princípios é necessário para que seja feito um Inventário de qualidade e consistência suficientes para ser utilizado como ferramenta para tomadas de decisões. Os princípios são:

- **Relevância:** o inventário de GEE deve refletir apropriadamente as emissões de GEE da cidade e deve ser organizado para refletir as áreas sobre as quais o governo exerce controle e tem responsabilidade;
- **Completeness:** todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras escolhidas para o inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada;
- **Consistência:** metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões;
- **Transparência:** todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para estabelecer o histórico e a abordagem para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas junto com descrições específicas de metodologias e fonte de dados usados;

- **Exatidão:** a quantificação das emissões de GEE não devem ser sistematicamente sub ou supervalorizadas. Deve-se reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível e obter um nível de determinação que possibilite segurança nas tomadas de decisões.

4. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das emissões de GEE são apresentados de acordo com a categorização definida pelo GPC. As emissões da RMC dos Escopo 1, 2 e 3 para o ano de 2016 estão apresentadas na

Tabela 8¹⁶:

Tabela 8. Resultados das emissões de GEE (tCO₂e) da RMC em 2016, por escopo e por setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	288.818,61	2,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	109.718,09	1,0%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	1.088.602,36	9,7%
		I.4. Indústria de Energia	2.115.033,35	18,9%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	16.012,00	0,1%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	83.019,00	0,7%
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	3.823.184,11	34,1%
		II.4. Transporte aéreo	850.574,70	7,6%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	231.164,15	2,1%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes doméstico	317.915,65	2,8%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes industriais	516.493,15	4,6%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	329.736,67	2,9%
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	278.221,86	2,5%
		V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	81.281,96	0,7%
Total Escopo 1			10.129.775,66	90,3%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	230.814,30	2,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	241.539,77	2,2%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	419.394,63	3,7%

¹⁶ A

Tabela 8 considera apenas GEE regulados pelo Protocolo de Kyoto presente na RMC (dióxido de carbono - CO₂, metano - CH₄, óxido nitroso - N₂O).

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO _{2e})	
		I.4. Indústria de Energia	962,38	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	21.358,34	0,2%
Total Escopo 2			914.069,42	8,1%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	44.213,18	0,4%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	46.267,68	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	80.336,32	0,7%
		I.4. Indústria de Energia	184,35	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	4.091,25	0,0%
Total Escopo 3			175.092,78	1,6%
Total			11.218.937,86	100,0%

Conforme justificado anteriormente, as emissões de Escopo 2 e 3 para o setor (II) Transporte não puderam ser desagregadas devido ao formato de compilação dos dados de entrada recebidos e estão sendo consideradas no setor (I) Energia Estacionária em (I2) Emissões Comerciais e Institucionais. Já as emissões de Escopo 3 para o setor (III) Resíduos subsector (III1) Disposição de resíduos em aterro sanitário, foram consideradas, mas, devido ao fato de os resíduos desse Escopo serem destinado à CTR de Paulínia, foram contabilizadas como 'zero' (detalhes no item 4.4 abaixo).

Ademais foram emitidas 1.598.261,57 toneladas de CO₂ de origem renovável referentes ao Escopo 1 provenientes do uso de combustíveis renováveis (Tabela 9):

Tabela 9. Resultados de emissões de CO₂ renovável (t) da RMC em 2016, por escopo e por setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões Renováveis (t CO ₂)
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.733,97
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	5.427,05
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	1.030,55
	II. Transportes	I.1. Transporte terrestre	1.590.069,99
Total Escopo 1			1.598.261,57

As emissões renováveis do setor de energia estacionária são provenientes da queima do biodiesel presente no diesel comercializado no Brasil, conforme prevê a lei federal 13.033/2014. Já para o setor de transportes, as emissões renováveis são provenientes da queima de etanol anidro (misturado na gasolina) e hidratado, e do biodiesel presente na composição do diesel.

A Tabela 10 mostra as emissões de GEE de Escopo 1, 2 e 3 por município:

Tabela 10. Resultados de emissões de GEE (tCO₂e) por município da RMC em 2016¹⁷.

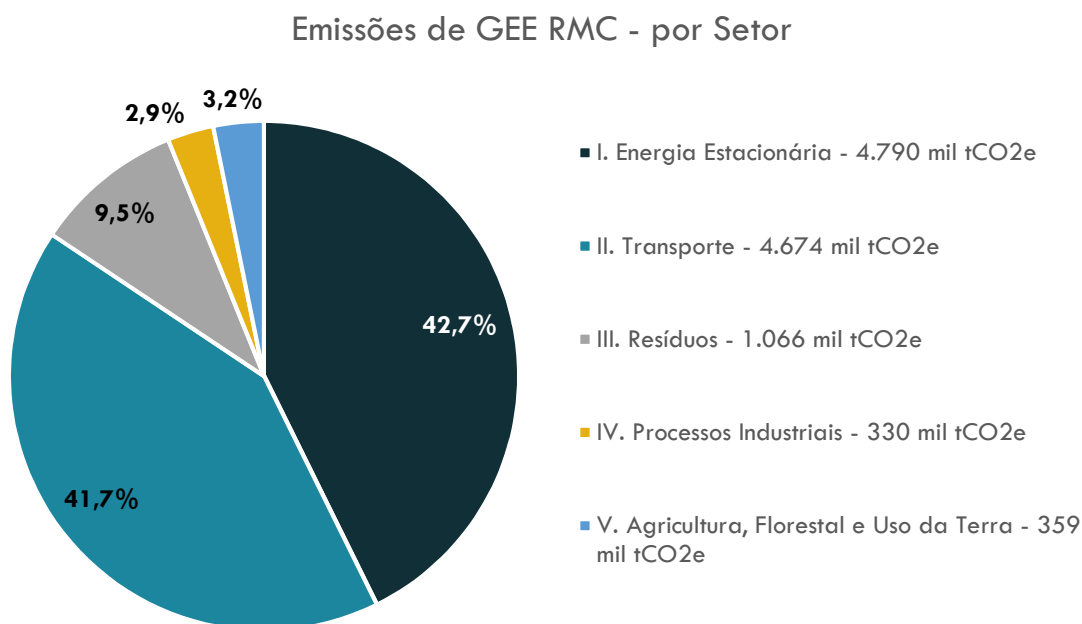
Município	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
Americana	422.826,51	94.804,93	18.167,10
Artur Nogueira	71.615,64	8.593,29	1.646,07
Campinas	2.350.697,99	262.853,11	50.350,31
Cosmópolis	80.157,19	9.627,92	1.844,26
Engenheiro Coelho	33.531,59	6.475,23	1.240,35
Holambra	58.295,77	6.133,22	1.174,84
Hortolândia	185.579,47	44.023,64	8.432,86
Indaiatuba	505.146,09	67.234,97	12.879,06
Itatiba	293.650,80	30.087,93	5.763,44
Jaguariúna	621.751,28	30.976,35	5.933,61
Monte Mor	88.172,12	12.810,71	23.337,80
Morungaba	40.949,42	6.529,66	1.250,78
Nova Odessa	117.690,24	28.588,10	5.476,14
Paulínia	3.891.054,79	85.797,27	16.434,73
Pedreira	107.598,87	15.174,14	2.906,65
Santa Bárbara d'Oeste	252.386,99	52.873,17	10.128,02
Santo Antônio de Posse	85.731,81	5.667,28	1.085,59
Sumaré	507.758,16	75.033,63	14.372,92
Valinhos	258.802,02	37.013,32	7.090,01
Vinhedo	156.378,91	33.771,55	6.469,04
TOTAL	10.129.775,65	914.069,42	195.983,58

Em uma análise por município, Paulínia foi o maior responsável pelas emissões de Escopo 1 (38,4%) devido à presença do polo industrial da RMC e da maior refinaria de petróleo do Brasil, a REPLAN. As emissões de Escopo 2 e 3 tiveram maior representatividade em Campinas (28,8% e 25,7%, respectivamente) devido ao número de habitantes do município, que representa 37,5% dos habitantes da RMC. A Seção 5 deste relatório apresenta análise dos resultados das emissões considerando o número de habitantes por município.

A Figura 2 apresenta os resultados divididos pelos setores definidos pelo GPC, considerando os Escopos 1, 2 e 3:

¹⁷ O total de emissões de escopo 3 da Tabela 10 diferem da Tabela 9 porque os municípios de Indaiatuba e Monte Mor possuem emissões de escopo 3 que fazem parte do escopo 1 da RMC.

Figura 2. Resultados de emissões de GEE da RMC em 2016 por setor definido pelo GPC.



O setor de energia estacionária foi o mais representativo em 2016 na RMC, responsável por 42,7% das emissões totais, seguido do setor de transportes com 41,7% e do setor resíduos com 9%. Nota-se que os setores de energia estacionária e de transportes somam quase 85% das emissões da RMC.

4.1 SETOR DE TRANSPORTES

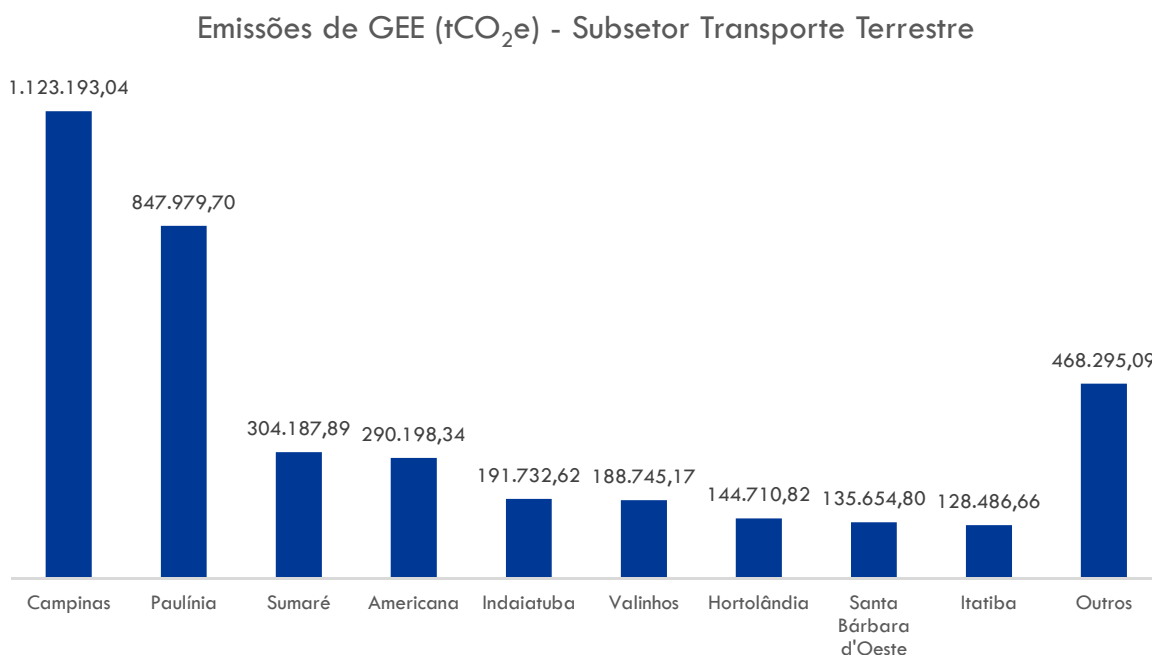
Em 2016, as emissões totais desse setor foram de 4.673.758,81 tCO₂e, das quais 81,8% são referentes ao transporte terrestre e 18,2% são referentes ao transporte aéreo. A Tabela 11 apresenta as emissões desse setor por tipo de fonte de emissão (combustível) e subsetor:

Tabela 11. Resultados de emissões de GEE (tCO₂e) do setor de transportes da RMC, por fonte de emissão e subsetor em 2016.

Subsetor	Combustível	Emissões de GEE (tCO ₂ e)	Representatividade
II.1. Transporte terrestre	Óleo Diesel	2.252.874,93	48,2%
	Etanol hidratado	9.922,67	0,2%
	Gasolina	1.523.430,19	32,6%
	Gás natural comprimido (GNV)	36.956,32	0,8%
	Subtotal II.1	3.823.184,11	81,8%
II.4. Transporte aéreo	Gasolina de aviação	1.122,38	0,02%
	Querosene de aviação	849.452,32	18,2%
	Subtotal II.4	850.574,70	18,2%
TOTAL		4.673.758,81	-

Quase metade das emissões da RMC são provenientes do uso de Diesel no subsetor de transporte terrestre (48,2%). A Figura 3 apresenta os resultados desse subsetor, por município da RMC:

Figura 3. Resultados de emissões de GEE (tCO₂e) do subsetor de transporte terrestre, por município da RMC em 2016.

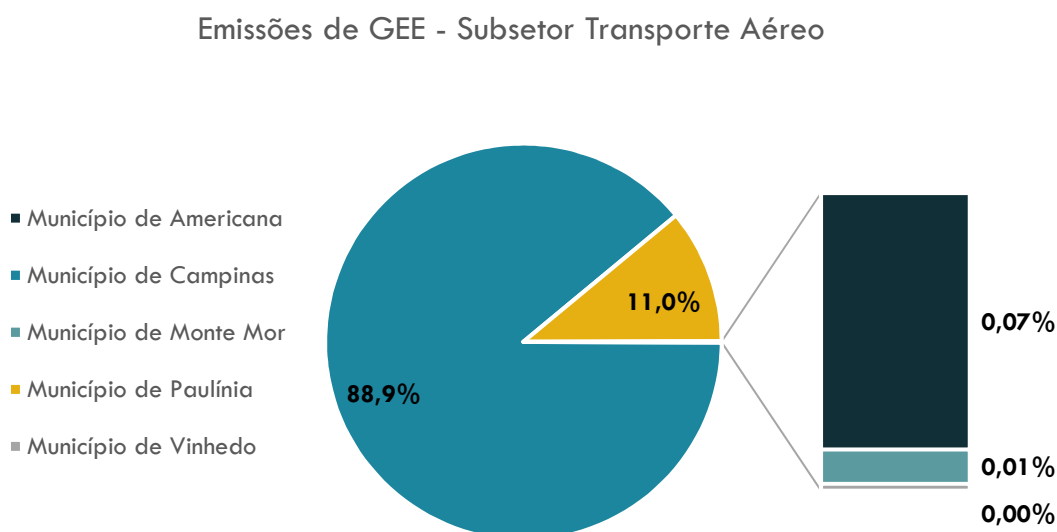


A partir dos resultados do gráfico é possível observar que o município de Campinas representa 29,4% das emissões desse subsetor, seguido de Paulínia com 22,2%. Ou seja, juntos representam mais da metade das emissões.

Essa distribuição era esperada, visto que do total da frota de veículos cadastrados na RMC em 2016 (1.222.303 unidades), cerca de 40% veículos são de Campinas (CETESB, 2018). Para Paulínia, a justificativa está no fato de que 35% de todo óleo diesel vendido para RMC em 2016 foi para esse município, muito provavelmente devido à grande circulação de caminhões na região por causa do polo industrial.

Para o subsetor de transportes aéreos, apenas os municípios de Americana, Campinas, Monte Mor, Paulínia e Vinhedo tiveram compra de combustíveis de aviação em 2016 e as emissões relacionadas são apresentadas no gráfico abaixo (Figura 4):

Figura 4. Resultados de emissões de GEE do subsetor de transporte aéreo, por município da RMC em 2016.



Campinas foi responsável por 88,9% das emissões desse subsetor por conta das operações do Aeroporto Internacional de Viracopos, segundo principal terminal de cargas do Brasil.

Conforme justificado anteriormente, não foi possível desagregar as emissões de Escopo 3 desse setor, e, portanto, os resultados apresentam apenas emissões de Escopo 1.

A Tabela 12 apresenta o resultado das emissões do setor de transportes por município:

Tabela 12. Resultados de emissões de GEE (tCO₂e) do setor de transportes, por subsetor e por município da RMC em 2016.

Município	II.1. Transporte terrestre	II.1. Transporte aéreo	TOTAL	Representatividade
Americana	290.198,34	591,00	290.789,34	6,2%
Artur Nogueira	41.291,64	-	41.291,64	0,9%
Campinas	1.123.193,04	756.458,02	1.879.651,06	40,2%
Cosmópolis	38.126,32	-	38.126,32	0,8%
Engenheiro Coelho	17.694,24	-	17.694,24	0,4%
Holambra	19.927,95	-	19.927,95	0,4%
Hortolândia	144.710,82	-	144.710,82	3,1%
Indaiatuba	191.732,62	-	191.732,62	4,1%
Itatiba	128.486,66	-	128.486,66	2,7%
Jaguariúna	68.804,81	-	68.804,81	1,5%
Monte Mor	47.708,41	78,81	47.787,22	1,0%
Morungaba	14.032,72	-	14.032,72	0,3%

Município	II.1. Transporte terrestre	II.1. Transporte aéreo	TOTAL	Representatividade
Nova Odessa	65.495,04	-	65.495,04	1,4%
Paulínia	847.979,70	93.431,13	941.410,83	20,1%
Pedreira	33.718,51	-	33.718,51	0,7%
Santa Bárbara d'Oeste	135.654,80	-	135.654,80	2,9%
Santo Antônio de Posse	44.625,99	-	44.625,99	1,0%
Sumaré	304.187,89	-	304.187,89	6,5%
Valinhos	188.745,17	-	188.745,17	4,0%
Vinhedo	76.869,46	15,74	76.885,20	1,6%
TOTAL	3.823.184,13	850.574,70	4.673.758,83	-

4.2 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

As emissões desse setor são provenientes da queima de combustíveis utilizados, em geral, para produção de vapor ou energia elétrica. No inventário de GEE da RMC, as emissões estacionárias de Escopo 1 estão relacionadas à produção de combustíveis, emissões fugitivas da indústria de óleo, queima de óleo diesel, óleo combustível, gás natural e gás liquefeito de petróleo (GLP) e totalizaram 3.701.203,42 tCO_{2e} em 2016.

Já as emissões de Escopo 2 e Escopo 3 estão relacionadas com o consumo de energia elétrica e com as perdas técnicas nos sistemas de T&D e totalizaram 914.069,42 tCO_{2e} e 175.092,77 tCO_{2e}, respectivamente.

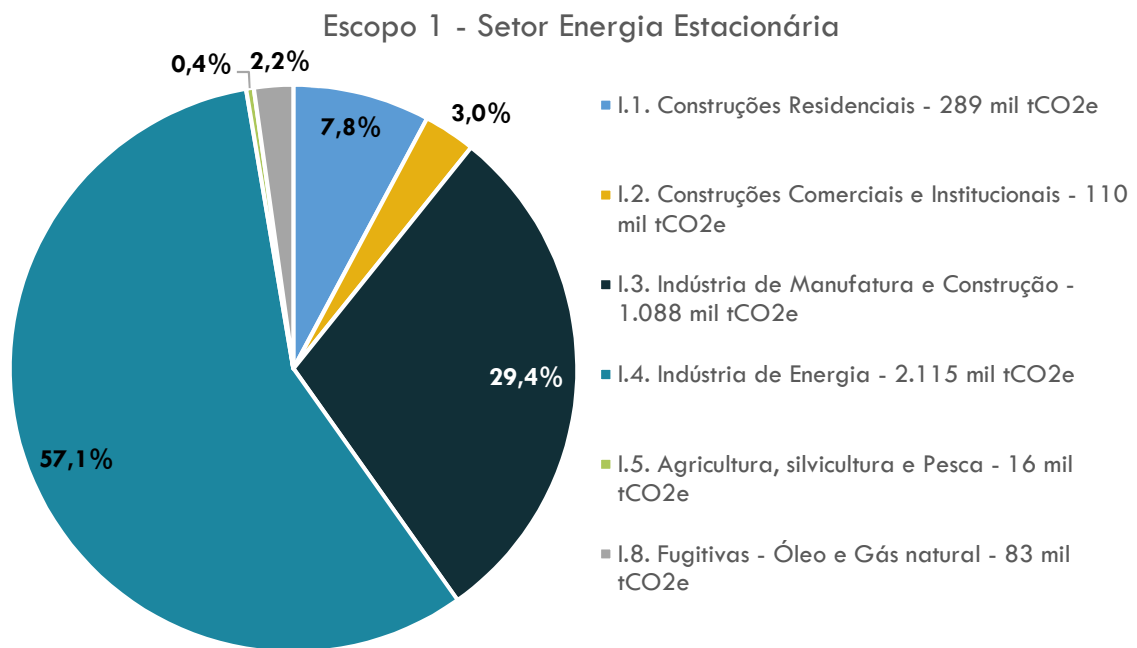
A Tabela 13 apresenta as emissões desse setor por Escopo e tipo de fonte de emissão (consumo e produção de combustível e fugitivas):

Tabela 13. Resultados de emissões de GEE (tCO_{2e}) do setor de energia estacionária da RMC, por fonte de emissão e escopo em 2016.

Escopo	Fonte de emissão	Emissões de GEE (tCO _{2e})	Representatividade
Escopo 1	Óleo Diesel	120.562,49	2,5%
	GLP	461.644,82	9,6%
	Gás Natural	869.544,82	18,1%
	Óleo Combustível	59.415,29	1,2%
	Fugitivas	83.019,00	1,7%
	Produção de Combustíveis	2.107.017,00	44,0%
	Subtotal II.1		3.701.203,42
Escopo 2	Aquisição de Eletricidade	914.069,42	19,1%
Escopo 3	Perdas T&D	175.092,77	3,7%
TOTAL		4.790.365,61	-

Nota-se que a produção de combustíveis é a maior responsável pelas emissões do Setor de Energia Estacionária, com 44,0% de representatividade, seguido do consumo de eletricidade e o consumo e gás natural, com 19,1% e 18,1%, respectivamente. A Figura 5 apresenta os resultados de emissões de Escopo 1 do setor de energia estacionária, categorizadas de acordo com os subsetores definidos pelo GPC:

Figura 5. Resultados de emissões estacionárias de Escopo 1 (tCO₂e) por subsetor definidos pelo GPC em 2016.



O subsetor Indústria de Energia foi o principal responsável pelas emissões, com 57,1%, devido às atividades de produção de combustível da refinaria REPLAN. Em 2016, as emissões da REPLAN representaram 20% do total das emissões de processo industrial da Petrobrás inteira. Isso porque, a REPLAN é a maior refinaria do Brasil em capacidade de processamento de petróleo: 69 mil m³/dia, o equivalente a 434 mil barris. Sua produção corresponde a aproximadamente 20% de todo o refino de petróleo no Brasil (Petrobrás, 2018).

Em segundo lugar, devido ao intenso consumo de gás natural e GLP, as atividades do subsetor Indústria de Manufatura e Construção (subsetor I.3) representaram 29,4% do total das emissões de Escopo 1 em 2016. Em seguida, com 7,8%, estão as emissões do subsetor Construções Residenciais (subsetor I.1) e, com 6,9%.

Em uma análise por município, Paulínia apresenta a maior emissão dos subsetores Indústria de Energia e Indústria de Manufatura e Construção, com 99,6% e 40,5% das emissões, respectivamente, devido a presença do Polo Petroquímico de Paulínia onde a REPLAN está localizada. Já para os subsetores de Construções Residenciais e de Construções Comerciais e Institucionais, Campinas possui a maior

representatividade com 39,1% e 38,1%, respectivamente, dado que possui maior número de habitantes e área. A Tabela 14 apresenta as emissões do setor de energia estacionária, por município.

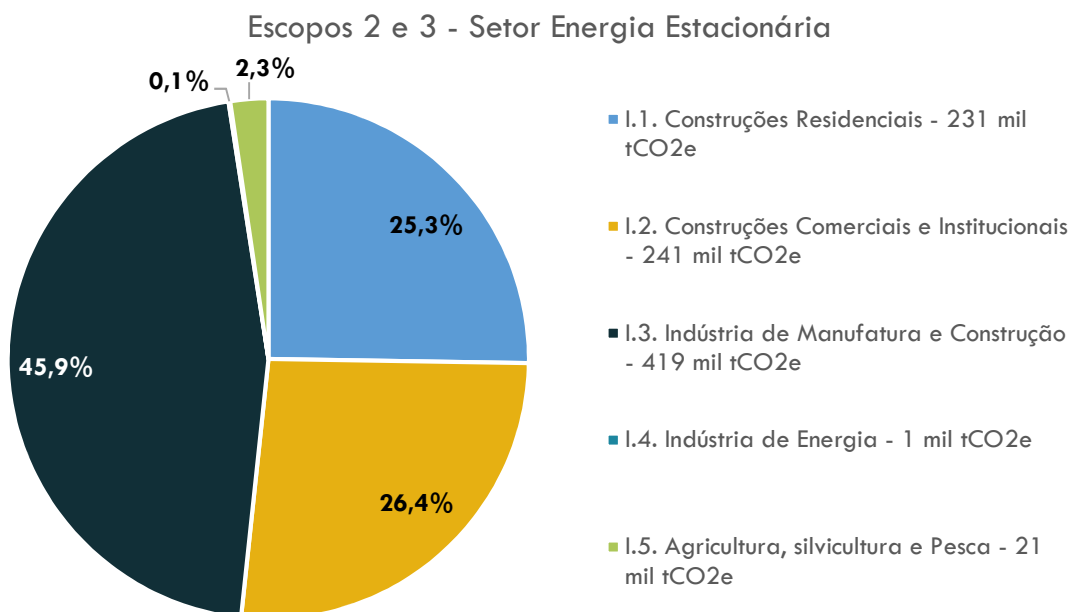
Tabela 14. Resultados de emissões de GEE (tCO_{2e}) de Escopo 1 do setor de energia estacionária, por subsetor e por município da RMC em 2016.

Município	I.1. Construções Residenciais	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	I.3. Indústria de Manufatura e Construção	I.4. Indústria de Energia	I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	TOTAL	Representatividade
Americana	23.137,2	8.460,6	95.477,0	-	-	-	127.074,8	3,4%
Artur Nogueira	3.972,1	516,5	2.824,9	-	35,1	-	7.348,5	0,2%
Campinas	112.804,1	41.771,6	80.745,8	5.321,6	133,6	-	240.776,7	6,5%
Cosmópolis	2.491,5	597,7	26.150,6	-	2,7	-	29.242,5	0,8%
Engenheiro Coelho	798,3	614,2	2.384,8	-	13,7	-	3.810,9	0,1%
Holambra	1.383,7	360,2	3.593,1	-	485,7	-	5.822,8	0,2%
Hortolândia	11.736,7	2.620,7	12.090,3	-	0,1	-	26.447,8	0,7%
Indaiatuba	27.217,5	9.035,8	62.700,7	-	77,4	-	99.031,6	2,7%
Itatiba	12.049,6	3.308,0	70.451,7	-	29,2	-	85.838,5	2,3%
Jaguariúna	3.138,3	3.706,0	36.685,0	2.694,7	3,5	-	46.227,5	1,2%
Monte Mor	4.366,9	453,5	5.158,8	-	33,5	-	10.012,7	0,3%
Morungaba	810,2	170,2	2.075,2	-	-	-	3.055,6	0,1%
Nova Odessa	2.753,1	1.596,9	25.126,2	-	75,1	-	29.551,3	0,8%
Paulínia	6.981,1	15.874,3	441.376,4	2.107.017,0	608,6	83.019,00	2.654.876,4	71,7%
Pedreira	4.080,0	3.081,1	19.718,3	-	-	-	26.879,4	0,7%
Santa Bárbara d'Oeste	18.061,5	3.916,5	17.082,0	-	11.811,5	-	50.871,5	1,4%
Santo Antônio de Posse	1.823,0	1.200,7	9.394,7	-	95,3	-	12.513,7	0,3%
Sumaré	35.611,8	4.617,0	102.796,6	-	1.702,7	-	144.728,0	3,9%
Valinhos	11.354,9	4.887,5	30.465,3	-	27,6	-	46.735,3	1,3%
Vinhedo	4.247,2	2.929,1	42.305,0	-	876,6	-	50.357,9	1,4%
TOTAL	288.818,6	109.718,1	1.088.602,4	2.115.003,4	16.012,0	83.019,00	3.701.203,4	-

Os três municípios com maior participação nas emissões totais do setor energia estacionárias da RMC são Paulínia, Campinas e Americana com 2.654.876,4 tCO_{2e} (71,7%), 240.776,7 tCO_{2e} (6,5%) e 127.074,8 tCO_{2e} (3,4%), respectivamente.

A Figura 6 apresenta os resultados de emissões do Escopo 2 do setor de energia estacionária categorizadas de acordo com os subsetores definidos pelo GPC.

Figura 6. Resultados de emissões estacionárias de Escopo 2 (tCO₂e) por subsetor definidos pelo GPC, em 2016.



As emissões relacionadas com o consumo de energia elétrica possuem maior representatividade no subsetor de Indústria de Manufatura e Construção (subsetor I.3), com 45,9%. Em seguida, estão os subsetores de Construções Comerciais e Institucionais e de Construções Residenciais com 26,4% e 25,3%, respectivamente.

4.3 SETOR DE RESÍDUOS

As emissões do setor de resíduos da RMC em 2016 totalizaram 1.065.572,95 tCO₂e, sendo 21,7% (231.164,15 tCO₂e) provenientes da disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros, 29,8% (317.915,65 tCO₂e) provenientes do tratamento de efluentes sanitários e 48,5% (516.439,15 tCO₂e) do tratamento de efluentes industriais.

4.3.1 Resíduos sólidos destinado para aterro

A Tabela 15 abaixo traz uma lista dos municípios da RMC, indicando a quantidade de resíduos gerada por dia e a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) qual essa quantidade é destinada:

Tabela 15. Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de destino dos resíduos gerados na RMC em 2016.

CTR	Município	Geração de resíduos (t/dia)	Representatividade
Paulínia	Americana	207,49	7,1%

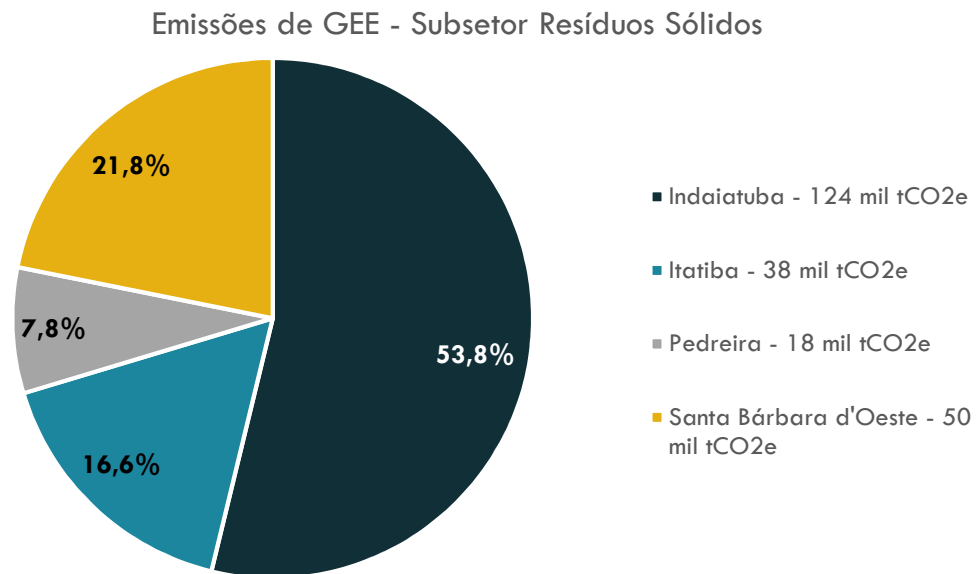
CTR	Município	Geração de resíduos (t/dia)	Representatividade
	Artur Nogueira	37,03	1,3%
	Campinas	1.268,51	43,6%
	Cosmópolis	50,49	1,7%
	Engenheiro Coelho	9,76	0,3%
	Holambra	6,95	0,2%
	Hortolândia	197,14	6,8%
	Jaguariúna	41,23	1,4%
	Morungaba	7,82	0,3%
	Nova Odessa	42,25	1,5%
	Paulínia	90,03	3,1%
	Santo Antônio de Posse	14,43	0,5%
	Sumaré	239,71	8,2%
	Valinhos	104,63	3,6%
	Vinhedo	57,23	2,0%
	Total Paulínia	2.374,7	81,6%
Indaiatuba	Indaiatuba	209,7	7,2%
	Monte Mor	42,33	1,5%
	Total Indaiatuba	252,03	8,7%
Itatiba	Itatiba	77,61	2,7%
Pedreira	Pedreira	36,57	1,3%
Santa Bárbara d'Oeste	Santa Bárbara d'Oeste	170,57	5,9%
	TOTAL	2.911,48	-

Fonte: CETESB, 2016

O maior aterro sanitário da RMC é o de Paulínia, que recebe cerca de 81,6% de todo resíduo sólido urbano gerado na região, incluindo Campinas e outros 14 municípios. A CTR de Paulínia possui estação de recuperação de biogás e queima 100% do metano gerado em sua operação. O dióxido de carbono gerado pela queima do biogás é categorizado como renovável, portanto não há emissão de GEE a ser contabilizada no inventário para esse aterro.

A Figura 7 apresenta as emissões de GEE para os outros municípios da RMC:

Figura 7. Resultados das emissões de GEE de Escopo 1 (tCO₂e) do subsetor de resíduos sólidos por município da RMC em 2016.



O aterro sanitário localizado no município de Indaiatuba recebe os resíduos sólidos urbanos dos municípios de Indaiatuba e Monte Mor (8,7% do total gerado pela RMC em 2016), sendo o maior responsável pelas emissões de GEE desse subsetor, com 53,8% de representatividade das emissões em 2016 (103.457,31 tCO₂e do município de Indaiatuba e 20.883,87 tCO₂e do município de Monte Mor).

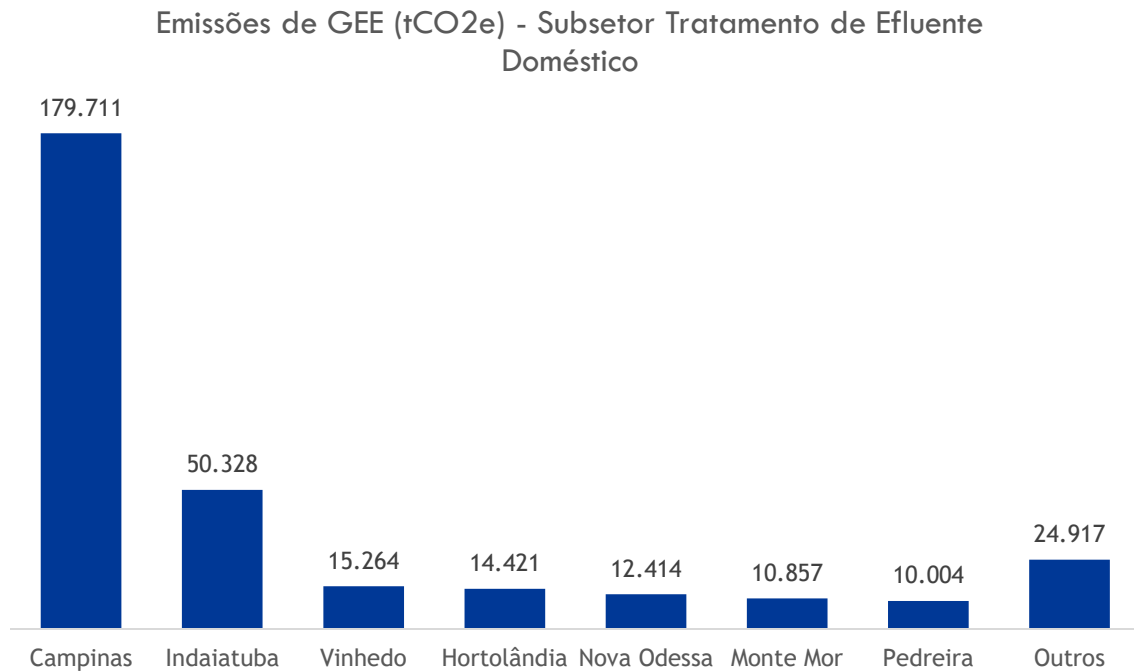
As emissões provenientes dos resíduos gerados em Monte Mor e tratados em Indaiatuba são consideradas como Escopo 3 do município de Monte Mor e Escopo 1 de Indaiatuba. Para RMC, as emissões provenientes do tratamento desses resíduos são consideradas como Escopo 1.

4.3.2 Disposição e tratamento de efluentes domésticos e industriais

O resultado das emissões provenientes do tratamento de efluentes domésticos para RMC em 2016 totalizou 317.915,65 tCO₂e e é calculado a partir do número de habitantes e tipo de tratamento presentes nos municípios.

A Figura 8 apresenta as emissões desse subsetor de efluentes domésticos por município da RMC em 2016:

Figura 8. Resultados das emissões de GEE de Escopo 1 (tCO₂e) do subsetor de tratamento de efluentes domésticos por município da RMC em 2016.



Para analisar as emissões provenientes do tratamento de efluentes, os seguintes fatores devem ser levados em consideração:

- as emissões de GEE são geradas, em teoria, apenas em tratamentos via processos anaeróbicos, como o tratamento em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) que possuem lagoas anaeróbicas e fossa sépticas. Assim, os municípios que coletam e tratam 100% de seus efluentes em ETEs de tecnologia aeróbica não possuem emissões GEE;
- foi considerado que 100% do efluente não coletado pela rede sanitária municipal é tratado em fossas sépticas, e, portanto, as taxas elevadas de efluentes não coletados estão associadas a emissões de GEE;
- o lançamento de efluentes em corpos hídricos sem tratamento prévio não possui emissão associada, e, portanto, contraditoriamente os municípios que não possuem uma gestão eficiente do efluente gerado obtiveram bons resultados em termos de emissão de GEE desse subsetor.

Considerando as informações acima, os municípios foram divididos em três grupos:

- 1) Municípios que coletam mais que 80% e tratam mais que 80% de seus efluentes;
- 2) Municípios que coletam mais que 80% de seus efluentes, mas não realizam o tratamento de mais de 20% dos efluentes coletados;

- 3) Municípios que coletam menos que 80% de seus efluentes, ou seja, que a consideração feita é que o tratamento é realizado em fossa séptica em mais de 20% dos efluentes gerados.

A Tabela 16 apresenta as taxas de coleta e tratamento de efluentes domésticos de cada município, além do tipo de tratamento utilizado e sua classificação de acordo com os grupos definidos acima. Os dados relacionados à classificação dos municípios nos grupos 2 ou 3 são destacados em vermelho.

Tabela 16. Dados da taxa de coleta e tratamento de efluentes, tipo de tratamento e classificação por município da RMC em 2016.

Município	Taxa de efluentes tratados em fossa séptica	Taxa de efluentes tratados em ETE Anaeróbicas	Taxa de efluentes tratados em ETE Aeróbicas	Taxa de efluentes não tratados	Grupo
Americana	4,4%	5,0% (tratamento em Santa Bárbara d'Oeste)	66,2%	23,4%	2
Artur Nogueira	9,2%	31,8%	-	59,0%	2
Campinas	4,3%	67,2%	15,8%	12,7%	1
Cosmópolis	5,4%	-	-	94,6%	2
Engenheiro Coelho	13,3%	87,7%	-	-	1
Holambra	25,8%	74,2%	-	-	3
Hortolândia	51,9%	-	48,1%	-	3
Indaiatuba	6,3%	93,7%	-	-	1
Itatiba	6,2%	-	93,8%	-	1
Jaguariúna	5,0%	-	70,3%	24,7%	2
Monte Mor	32,0%	68,0%	-	-	3
Morungaba	11,4%	88,6%	-	-	1
Nova Odessa	3,8%	96,2%	-	-	1
Paulínia	5,9%	-	94,1%	-	1
Pedreira	2,4%	97,6%	-	-	1
Santa Bárbara d'Oeste	1,5%	3,2%	50,0%	45,3%	2
Santo Antônio de Posse	25,0%	75,0%	-	-	3
Sumaré	6,2% (1,3% pertence a rede municipal)	2,2%	10,8%	80,8%	2
Valinhos	9,0%	91,0% (com queima de metano)	-	-	1
Vinhedo	15,0%	85%	-	-	1

Fonte: IBGE Cidades (<https://cidades.ibge.gov.br/>) e Prefeituras Municipais da RMC.

Dentro do Grupo 1, Campinas foi responsável por 56,5% das emissões do subsetor de efluentes domésticos devido a quantidade de habitantes (40% da RMC) e ao tipo de tratamento de efluente realizado na cidade, em que: 67,2% dos efluentes gerados são tratados em reatores anaeróbicos, 4,3% são tratados em fossa sépticas, 15,8% são tratados por outros processos (não utilizam processos

anaeróbicos) e 12,7% dos efluentes coletados não são tratados. O segundo e terceiro maiores responsáveis pelas emissões desse subsetor foram os municípios de Indaiatuba e Vinhedo (15,8% e 4,8% de representatividade, respectivamente) que tratam 100% de seus efluentes utilizando tecnologia anaeróbica (93,7% em ETE em Indaiatuba e 85% em Vinhedo).

Ainda em análise do Grupo 1, percebe-se os municípios que não utilizam processo anaeróbico no tratamento de efluente da rede municipal tiveram menor emissão no subsetor de efluentes domésticos, como Itatiba (0,3% das emissões) e Paulínia (0,3% das emissões) em relação aos municípios que utilizam processos anaeróbicos. Adicionalmente, o município de Valinhos, que realiza a queima de metano gerado na ETE, também apresentou baixas emissões desse subsetor (0,5% das emissões). As emissões desses municípios referem-se ao tratamento em fossas sépticas para efluentes não coletados pela rede municipal.

Conforme esperado, no Grupo 2, os municípios que tratam menos de 80% dos seus efluentes gerados, sendo eles Cosmópolis (trata apenas 5,4%), Sumaré (19,2%), Artur Nogueira (36,4%), Santa Bárbara d'Oeste (54,7%), Jaguariúna (75,3%) e Americana (76,6%), tiveram baixas emissões desse subsetor devido a gestão ineficiente de seus efluentes. No caso de Americana e Jaguariúna, as baixas emissões em relação aos outros municípios da RMC também são devido ao tratamento de 66,2% e 70,3% dos efluentes por processos aeróbicos.

Já no Grupo 3, o município de Hortolândia, quarta maior emissão da RMC desse subsetor (4,5% do total), trata 100% do efluente coletado em ETE aeróbica, que em teoria não emite GEE no processo. Entretanto, a coleta de efluentes desse município representa apenas 51,9% do total gerado pelo município. Dessa maneira, para os outros 49,1% assumiu-se o tratamento em fossa séptica.

As emissões de efluentes industriais são provenientes da indústria de cerveja localizada em Jaguariúna, e das indústrias de papel e celulose localizadas em Valinhos e Indaiatuba, totalizando 516.493,15 tCO_{2e} em 2016. Os resultados dessas emissões estão apresentados por município na Tabela 17, juntamente com os resultados das emissões de disposição e tratamento de efluentes domésticos.

Tabela 17. Resultados das emissões de GEE (tCO_{2e}) de Escopo 1 provenientes da disposição e tratamento de efluentes domésticos e industriais por município da RMC em 2016.

Município	Efluentes domésticos	Efluentes industriais	TOTAL	Representatividade
Americana	1.394,89	-	1.401,82	0,2%
Artur Nogueira	4.202,17	-	4.202,17	0,5%
Campinas	179.710,63	-	179.710,63	21,5%
Cosmópolis	502,33	-	502,33	0,1%
Engenheiro Coelho	22,94	-	22,94	0,0%
Holambra	2.709,63	-	2.709,63	0,3%
Hortolândia	14.420,88	-	14.420,88	1,7%

Município	Efluentes domésticos	Efluentes industriais	TOTAL	Representatividade
Indaiatuba	50.327,62	13.075,78	63.403,40	7,6%
Itatiba	975,23	-	975,23	0,1%
Jaguariúna	363,13	490.341,60	490.704,73	58,8%
Monte Mor	10.856,90	-	10.856,90	1,3%
Morungaba	2.743,08	-	2.743,08	0,3%
Nova Odessa	12.413,93	-	12.413,93	1,5%
Paulínia	808,66	-	808,66	0,1%
Pedreira	10.003,76	-	10.003,76	1,2%
Santa Bárbara d'Oeste	1.727,17	-	1.727,17	0,2%
Santo Antônio de Posse	4.484,82	-	4.484,82	0,5%
Sumaré	3.460,17	-	3.460,17	0,4%
Valinhos	1.516,30	13.075,78	14.592,08	1,7%
Vinhedo	15.264,46	-	15.264,46	1,8%
Total	317.915,63	516.493,15	834.408,79	

Nota-se que Jaguariúna representa a maior parte das emissões do setor de resíduos com 58,8% de representatividade devido à presença a cervejaria AMBEV, responsável pela produção de 7% das cervejas nacionais, seguida por Campinas, com 21,5% de representatividade por conta dos números de habitantes e tipo de tratamento de efluente.

4.4 SETOR DE PROCESSOS INDUSTRIAS (IPPU)

Em 2016, as emissões provenientes do setor de IPPU na RMC totalizaram 328.988,33 tCO₂e, das quais 87,8% foram geradas no município de Paulínia devido à presença do polo industrial¹⁸. Os resultados dessas emissões por município, empresas consideradas no inventário e setor de atuação destas são apresentados na Tabela 18:

Tabela 18. Resultados das emissões de GEE (tCO₂e) do setor industrial por empresa, setor e município da RMC em 2016.

Município	Setor	Nome da empresa	Emissões	Representatividade
Paulínia	Indústria Química	Bann Química Ltda.	258,41	0,1%
	Fertilizantes Fosfatados	Galvani Indústria Comércio e Serviços S/A	19.926,00	6,1%
	Nego de Fumo	Orion Engineered Carbons Ltda.	262.000,00	79,6%
	Pneu/Borracha	Kraton Polymers Do Brasil Ind. e Com. Prod. Petroquímico Ltda	6.761,89	2,1%

¹⁸ As emissões da REPLAN são consideradas no setor de Energia Estacionária, e não aparecem nos resultados de emissões industriais.

Município	Setor	Nome da empresa	Emissões	Representatividade
		Total Paulínia	288.946,30	87,8%
Sumaré	Indústria Química	Arbi Indústria Química e Biológica	7,06	0,0%
		3M do Brasil	24,6	0,0%
	Fertilizantes Fosfatados	Yara Brasil Fertilizantes	35.652,76	10,8%
		Total Sumaré	35.684,42	10,8%
Valinhos	Indústria Química	Texpal Química Ltda	748,33	0,2%
		Total Valinhos	748,33	0,2%
Vinhedo	Indústria Química	Coim Brasil Ltda	4.357,61	1,3%
		Total Vinhedo	4.357,61	1,3%
TOTAL			328.988,33	-

Sozinha, a indústria produtora de negro de fumo, Orion Engineered Carbons Ltda. localizada em Paulínia, contribuiu com 79,6% das emissões da RMC desse setor no ano de 2016. A empresa possui capacidade máxima de produção de 100.000 toneladas de negro de fumo, um material carbono intensivo, como todo derivado de carvão.

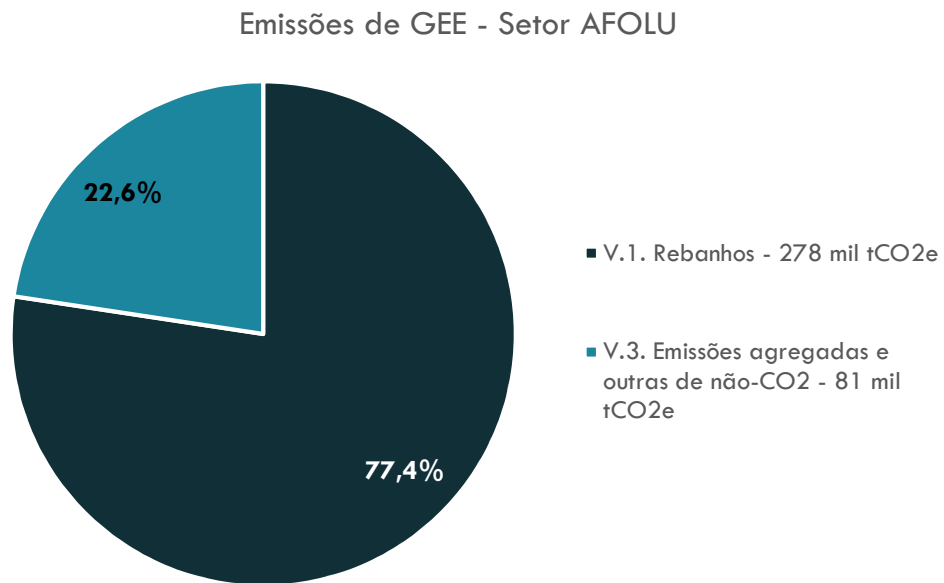
A empresa Yara Brasil Fertilizantes, localizada em Sumaré, foi a segunda colocada em termos de representatividade de emissões de GEE com 10,8%. A empresa possui capacidade máxima de produção anual de 2,5 milhões de toneladas de fertilizantes fosfatados.

4.5 SETOR DE AGRICULTURA, FLORESTAS E USO DA TERRA (AFOLU)

No setor AFOLU, as emissões de GEE da RMC em 2016 totalizaram 359.503,82 t CO₂e, sendo a pecuária a maior responsável pelas emissões desse setor, com 77,4%.

A Figura 9 apresenta os resultados de emissões do setor de AFOLU, categorizadas de acordo com os subsetores definidos pelo GPC:

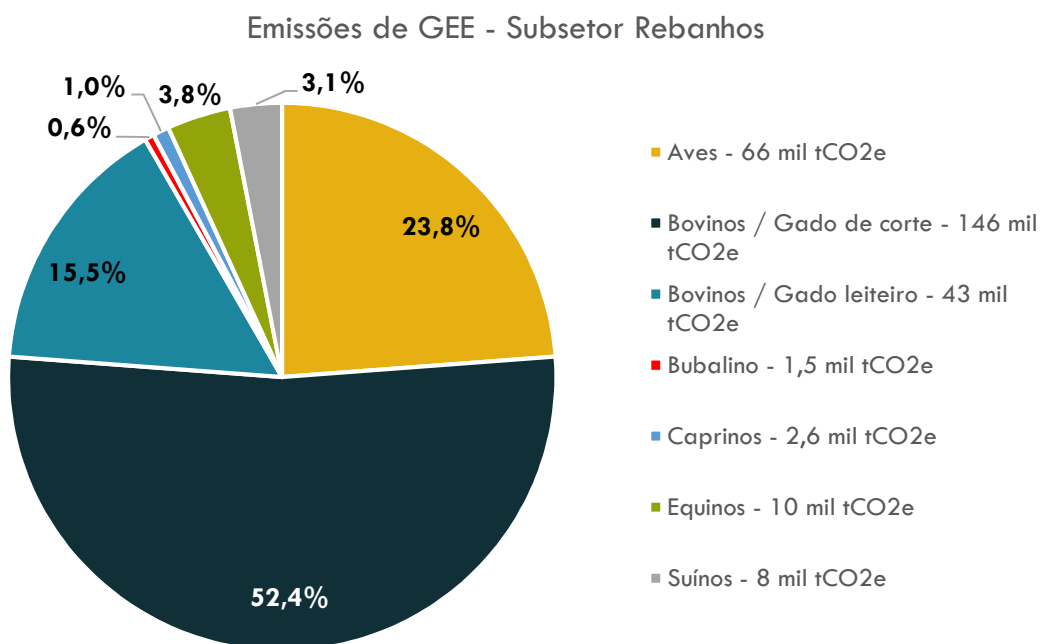
Figura 9. Resultados de emissões do setor de AFOLU (tCO₂e) por subsetores definidos pelo GPC, em 2016.



4.5.1 Rebanhos

O resultado das emissões provenientes da fermentação entérica e manejo de dejetos de animais por tipo de rebanho da RMC em 2016 estão apresentados na Figura 10:

Figura 10. Resultados de emissões (tCO₂e) do subsetor por tipo de rebanho na RMC em 2016.



Os rebanhos de bovinos foram os principais responsáveis pelas emissões dessa subcategoria, contribuindo com 67,9% das emissões devido à fermentação entérica desses animais liberar grandes quantidades de gás metano para a atmosfera.

O resultado das emissões de GEE por município da RMC em 2016 estão apresentados na Tabela 19:

Tabela 19. Resultados das emissões de GEE (tCO₂e) provenientes da pecuária por município da RMC em 2016.

Município	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade
Americana	1.968,05	0,7%
Artur Nogueira	9.449,92	3,4%
Campinas	45.310,41	16,3%
Cosmópolis	2.828,29	1,0%
Engenheiro Coelho	6.521,88	2,3%
Holambra	27.558,92	9,9%
Indaiatuba	21.766,61	7,8%
Itatiba	37.602,08	13,5%
Jaguariúna	10.875,91	3,9%
Monte Mor	17.695,21	6,4%
Morungaba	20.180,78	7,3%
Nova Odessa	5.431,82	2,0%
Paulínia	1.187,90	0,4%
Pedreira	18.861,29	6,8%
Santa Bárbara d'Oeste	2.162,34	0,8%

Município	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade
Santo Antônio de Posse	16.399,32	5,9%
Sumaré	15.965,75	5,7%
Valinhos	7.096,19	2,6%
Vinhedo	9.359,17	3,4%
Total	278.221,84	-

As emissões desse subsetor estão associadas ao número de animais presentes em cada município e Campinas (com 16,3% de representatividade) apresentou a maior emissão da RMC, seguida de Itatiba (13,5%) e Holambra (9,9%).

4.5.2 Emissões agregadas e outras de não-CO₂

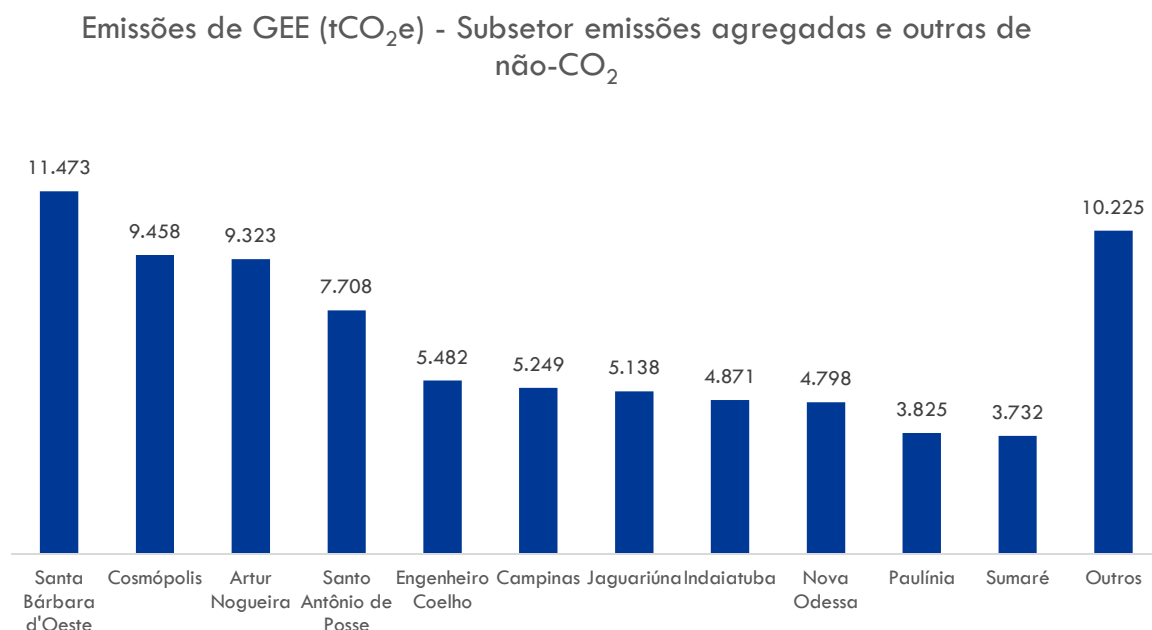
As emissões provenientes desse subsetor na RMC em 2016 estão apresentadas na Tabela 20, por tipo de fertilizante:

Tabela 20. Resultados das emissões de GEE (tCO₂e) provenientes do uso de fertilizantes na RMC em 2016.

Subsetor	Fonte de Emissão	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	Calcário dolomítico	19.219,12	23,7%
	Nitrogênio	39.685,66	48,8%
	Ureia	22.377,18	27,5%
	Total	81.281,96	-

Essas emissões estão associadas ao tamanho da área destinada para agricultura de cada município e o município de Santa Bárbara d'Oeste apresentou a maior emissão da RMC, contribuindo com 14,1% das emissões em 2016, seguido de Cosmópolis e Artur Nogueira, com 11,6% e 11,5%, respectivamente (Figura 11).

Figura 11. Resultados de emissões de GEE (tCO₂e) do subsetor de emissões agregadas e outras de não-CO₂ por município da RMC em 2016.



O resultado detalhado das emissões do subsetor de emissões agregadas e não CO₂ por município da RMC em 2016 estão apresentados na Tabela 21:

Tabela 21. Resultados das emissões de GEE (tCO₂e) provenientes do subsetor de emissões agregadas e outras de não-CO₂ por município da RMC em 2016.

Município	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade
Americana	1.599,39	2,0%
Artur Nogueira	9.323,37	11,5%
Campinas	5.249,19	6,5%
Cosmópolis	9.457,71	11,6%
Engenheiro Coelho	5.481,64	6,7%
Holambra	2.276,46	2,8%
Indaiatuba	4.870,67	6,0%
Itatiba	2.458,79	3,0%
Jaguariúna	5.138,30	6,3%
Monte Mor	1.820,10	2,2%
Morungaba	937,24	1,2%
Nova Odessa	4.798,16	5,9%
Paulínia	3.824,67	4,7%
Pedreira	93,83	0,1%
Santa Bárbara d'Oeste	11.472,94	14,1%
Santo Antônio de Posse	7.707,98	9,5%
Sumaré	3.731,91	4,6%

Município	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade
Valinhos	884,99	1,1%
Vinhedo	154,61	0,2%
Total	81.281,95	-

4.6 RESULTADOS DA RMC - EMISSÕES RELATIVAS

As emissões absolutas apresentadas nos itens acima podem não refletir da melhor maneira as peculiaridades de cada Município. Por exemplo, o número de habitantes do município de Campinas faz com que suas emissões absolutas sejam mais representativas para quase todos os setores; já a presença do polo petroquímico, faz com que as emissões industriais de Paulínia se destaquem das dos outros municípios. Dessa maneira, uma análise relativa dos resultados faz-se necessária para possibilitar a comparação das emissões dos Municípios considerando suas realidades.

O número de habitantes e o PIB foram selecionados para a criação de indicadores de intensidade de emissões, permitindo a comparação considerando emissões *per capita* (tCO₂e/hab.) e por geração de valor (tCO₂e/mil R\$). Os indicadores de emissão foram calculados para cada município da RMC, por escopo (Tabela 22):

Tabela 22. Resultados de emissões de GEE relativas por número de habitantes (tCO₂e/hab.) e PIB (tCO₂e/mil R\$), por Município da RMC para 2016.

Município	Escopo 1		Escopo 2		Escopo 3	
	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)
Americana	1,83	41,44	0,41	9,29	0,08	1,78
Artur Nogueira	1,40	73,30	0,17	8,80	0,03	1,68
Campinas	2,00	41,35	0,22	4,62	0,04	0,89
Cosmópolis	1,18	61,40	0,14	7,37	0,03	1,41
Engenheiro Coelho	1,85	92,36	0,36	17,84	0,07	3,42
Holambra	4,26	71,18	0,45	7,49	0,09	1,43
Hortolândia	0,85	16,95	0,20	4,02	0,04	0,77
Indaiatuba	2,15	40,78	0,29	5,43	0,05	1,04
Itatiba	2,56	54,10	0,26	5,54	0,05	1,06
Jaguariúna	11,72	68,30	0,58	3,40	0,11	0,65
Monte Mor	1,57	29,25	0,23	4,25	0,41	7,74
Morungaba	3,13	102,49	0,50	16,34	0,10	3,13
Nova Odessa	2,05	42,21	0,50	10,25	0,10	1,96
Paulínia	38,86	140,31	0,86	3,09	0,16	0,59
Pedreira	2,33	98,98	0,33	13,96	0,06	2,67
Santa Bárbara d'Oeste	1,32	47,57	0,28	9,97	0,05	1,91
Santo Antônio de Posse	3,79	104,44	0,25	6,90	0,05	1,32
Sumaré	1,88	39,57	0,28	5,85	0,05	1,12
Valinhos	2,12	48,60	0,30	6,95	0,06	1,33

Município	Escopo 1		Escopo 2		Escopo 3	
	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)	tCO ₂ e/hab.	tCO ₂ e/PIB (milhões R\$)
Vinhedo	2,12	20,12	0,46	4,34	0,09	0,83
TOTAL RMC	3,24	57,61	0,29	5,21	0,06	1,12
Média Municípios	4,45	61,65	0,35	7,79	0,09	1,84

*Os valores em vermelho representam indicadores maiores do que o valor apresentado para média dos municípios.

Em análise do Escopo 1, nota-se que os municípios de Paulínia e Jaguariúna são os únicos que apresentaram indicadores acima da média dos municípios tanto para número de habitantes (4,44 tCO₂e/hab) quanto para PIB (61,65 tCO₂e/milhões R\$). Conforme discussão apresentada acima, ambos possuem indústrias de grande porte: Paulínia se destacando pelas emissões industriais da REPLAN e Jaguariúna se destacando pelas emissões do tratamento de efluentes industriais da AMBEV.

Já em análise do Escopo 2, nota-se que Americana, Engenheiro Coelho, Holambra, Morungaba e Nova Odessa apresentaram indicadores acima da média tanto para número de habitantes (média de 0,35 tCO₂e/hab) quanto para PIB (média de 7,79 tCO₂e/milhões R\$), indicando que o consumo de energia elétrica é elevado proporcionalmente aos demais municípios.

Para o Escopo 3, Monte Mor, Morungaba e Nova Odessa apresentaram indicadores acima da média tanto para número de habitantes (média de 0,09 tCO₂e/hab) quanto para PIB (média de 1,84 tCO₂e/milhões R\$). Para Monte Mor, a justificativa é devido ao envio de seus resíduos sólidos para tratamento em Indaiatuba. Já para Morungaba e Nova Odessa a justificativa está relacionada com as perdas nos sistemas de T&D, ou seja, é proporcional às emissões de Escopo 2.

Por fim, o Município de Campinas, maior responsável pelas emissões absolutas da RMC, possui indicadores abaixo da média geral para todos os escopos.

5. ANÁLISE DE INCERTEZAS

A elaboração de um inventário de emissões envolve o uso de ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros e fatores de emissão padrão. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos do inventário, que podem estar relacionadas com os dados de entrada e/ou fatores de emissão utilizados.

Para minimizar tais incertezas foram usados, sempre que possível, valores baseados em fontes oficiais, como os próprios métodos consultados ou padrões de mercado, sempre levando em consideração os princípios de conservadorismo, exatidão e transparência.

As incertezas associadas aos inventários podem ser classificadas segundo dois critérios:

- **incerteza científica:** ciência da emissão real e/ou processo de remoção não foi perfeitamente compreendido. Cita-se como exemplo o envolvimento significativo da incerteza científica no uso de fatores diretos e indiretos associados ao aquecimento global para a estimativa das emissões de vários GEE. A maioria dos fatores abordados neste trabalho é do IPCC.
- **incerteza estimativa:** incerteza que surge sempre que as emissões de GEE são quantificadas. Essas ainda são classificadas em incerteza modelo, quando está associada às equações matemáticas utilizadas para caracterizar as relações entre vários parâmetros e processos de emissão; e incertezas dos parâmetros introduzidos em modelos de estimativa usados como dados de entrada nos modelos estimados.

De acordo com as recomendações do IPCC *Good Practice Guidance*, os inventários não devem revelar emissões com vieses que poderiam ser identificados e eliminados, e as incertezas devem ser minimizadas considerando todo o conhecimento científico existente e os recursos disponíveis.

Essas recomendações foram seguidas em todas as etapas da construção do inventário, uma vez que houve uma grande preocupação em utilizar as metodologias de cálculos e fatores de emissão mais recentes de organizações com grande credibilidade referente ao cálculo de emissões. Em relação aos dados utilizados, houve atenção especial na conformidade desses com a realidade (verificação dos pontos focais), e a busca pelos dados nas unidades de medida que reduzissem as incertezas associadas às emissões.

Os próximos parágrafos descrevem os procedimentos utilizados para o cálculo de combinação de incertezas (IPCC, 2006).

Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma multiplicação ou divisão:

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

U_{total} Incerteza percentual total do produto de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;

U_i Incerteza porcentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma soma ou subtração:

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Onde:

- U_{total} Incerteza percentual total da soma ou subtração de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;
- x_i e U_i Quantidades e incerteza percentual associada a cada dessas, respectivamente.

Através do modelo de propagação de incertezas, descrito acima, será produzida uma estimativa da metade do intervalo de confiança de 95%, expressa como uma porcentagem do resultado do inventário. À medida que a incerteza do inventário aumenta, a abordagem de propagação, descrita acima, sistematicamente subestima a incerteza, exceto nos casos em que os modelos de quantificação são puramente aditivos. Portanto, nos casos em que a incerteza é superior a 100% e inferior a 230% essa deve ser corrigida através dos procedimentos descritos abaixo:

$$U_{corrected} = U \cdot F_C$$

$$F_C = \left[\frac{(-0,720 + 1,0921 \cdot U - 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot U^3)}{U} \right]^2$$

Onde:

- $U_{corrected}$ Incerteza total corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- U Incerteza total não corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- F_C Fator de correção de incerteza.

Para o cálculo de intervalos de confiança do resultado total a partir do modelo baseado na média e da metade do intervalo de confiança de 95% das quantidades componentes, uma determinada distribuição deve ser assumida. Se o modelo é puramente aditivo e a metade do intervalo de confiança é menor que 50%, uma distribuição normal é uma estimativa acurada. Nesse caso pode ser assumida uma distribuição de probabilidade simétrica. Para modelos multiplicativos ou nos casos em que a incerteza é maior que 50% para variáveis que devem ser não-negativas, uma distribuição lognormal é tipicamente uma suposição acurada. Nesses casos a distribuição de probabilidade não é

simétrica em relação à média. Para essas situações as seguintes fórmulas serão aplicadas para o cálculo dos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95%:

$$U_{low} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) - 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$U_{high} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) + 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$\sigma_g = \exp \left\{ \sqrt{\ln \left(1 + \left[\frac{U}{200} \right]^2 \right)} \right\}$$

$$\mu_g = \exp \left\{ \ln(\mu) - \frac{1}{2} \cdot \ln \left(1 + \left[\frac{U}{200} \right]^2 \right) \right\}$$

Onde:

U_{low} Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em %;

U_{high} Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em %;

μ_g Média geométrica;

μ Média aritmética;

σ_g Desvio padrão geométrico;

U Incerteza total simétrica do intervalo de confiança de 95%, em %.

Para o inventário de GEE da RMC de 2016 as incertezas também foram calculadas utilizando-se o CLIMAS. Os resultados são apresentados abaixo (Tabela 23):

Tabela 23. Resultados das incertezas do Inventário de GEE da RMC de 2016.

Categoria*	RMC	
	Lower Uncertainty	Upper Uncertainty
I. Energia Estacionária	1,25%	1,79%
II. Transportes	0,69%	0,67%
III. Resíduos	7,76%	8,79%
IV. IPPU	0,00%	0,00%
V. AFOLU	2,35%	5,98%
TOTAL	0,75%	0,85%

(*) As incertezas do inventário informadas não incluem as incertezas referentes as fontes de emissão de processos industriais da REPLAN e fugitivas da indústria de óleo e gás, pois os fatores de emissão não possuem fator de incerteza associado, já que foram calculados pela Consultoria com base nas performances passadas da Petrobrás.

Pode-se observar, portanto, que o nível de incerteza geral para o cálculo das emissões do inventário da RMC foi entre 0,75% e 0,85%. Verifica-se também que as incertezas dos cálculos referentes ao tratamento de resíduos sólidos e tratamento de efluentes são maiores (de 7,76 % a 8,79 %) devido à complexidade dos cálculos que envolvem degradação de compostos orgânicos por bactérias anaeróbicas e dependem de inúmeros fatores, como o clima, a condição dos aterros e das ETEs e a composição dos resíduos.

As incertezas dos dados coletados foram mapeadas qualitativamente no Produto 3 de acordo com 3 níveis de classificação:

- Nível de incerteza **baixo**: o nível de incerteza foi classificado baixo quando os dados foram obtidos de órgãos públicos gestores de dados nacionais, como por exemplo, a ANP, e não necessitaram de tratamentos prévios. São dados transparentes, rastreáveis e de fontes confiáveis;
- Nível de incerteza **médio**: o nível de incerteza foi classificado médio quando os dados foram obtidos de órgãos públicos gestores de dados nacionais, porém sofreram algum tipo de tratamento ou foi adotada algum tipo de premissa;
- Nível de incerteza **alto**: o nível de incerteza foi classificado alto quando os dados foram obtidos por múltiplos atores (ex.: pontos focais) e/ou quando se fez necessário a adoção de inúmeras premissas com base em fontes bibliográficas diversificada não pública.

A Tabela 24 apresenta os grupos de dados coletados e a classificação das incertezas associadas:

Tabela 24. Níveis de incerteza por grupo de fonte de emissão.

Grupo de fonte de emissão	Fonte Pública	Tratamento/ Premissa	Múltiplos Atores	Fontes Diversas	Nível Incerteza
Consumo de eletricidade	S	x	x	x	BAIXO
Perdas T&D	S	S	x	x	MÉDIO
Consumo de Combustíveis - energia estacionária	S	x	x	x	BAIXO
Consumo de combustíveis - transporte	S	x	x	x	BAIXO
Emissões Fugitivas	x	S	S	S	ALTO
Produção de Combustíveis	x	S	S	S	ALTO
Resíduos Sólidos	S	S	S	S	MÉDIO
Efluentes	S	S	S	S	MÉDIO
Processos Industriais	S	S	S	S	ALTO
Rebanho	S	S	x	x	MÉDIO
Emissões Agregadas	S	S	x	S	ALTO

Além disso, todas as fontes dos parâmetros utilizados foram arquivadas para posterior análise e verificação por parte de uma terceira parte independente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABETRE, 2013. Perfil do Setor de Tratamento de Resíduos - 2013 pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

ABRELPE, 2016. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) 2016.

AGECAMP, 2018. Agência Metropolitana de Campinas. Acesso em setembro de 2018, disponível em <http://www.agemcamp.sp.gov.br/produtos/indicadores/pesquisa/index.php?lang=pt>

ANEEL, 2018. Perdas de Energia. Acesso em setembro de 2018, disponível em Agência Nacional de Energia Elétrica: http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800

ANP, 2018. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - consulta via telefone realizada em Junho de 2018.

CETESB, 2007. Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ - Fontes Industriais - Combustíveis Fósseis. São Paulo

CETESB, 2011. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo.

CETESB, 2013. Emissões do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos (2009-2010).

CETESB, 2017^a. Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016. São Paulo.

CETESB, 2017^b. Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos. São Paulo.

Chan, Wai N., 2006. Quantificação e redução de emissões de gases de efeito estufa em uma refinaria de petróleo. Universidade de Campinas, 2006. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/263805>

CONAMA, 2006. Resolução número 382 aprovada em 2006 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Ecoinvent, 2018. Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) et al.

Embrapa, 2015. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Emissões De Metano Por Fermentação Entérica E Manejo De Dejetos De Animais.

Estre, 2017. Relatório de Sustentabilidade Estre 2016. Disponível em < http://www.estre.com.br/wp-content/uploads/2017/10/estre_Relat%C3%B3rio_Sustentabilidadeinternet17_out.pdf

EPE, 2017. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017.

FGV EAESP, 2016. Programa Brasileiro do GHG Protocol - Nota Técnica - Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão - versão 2. Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_nota-tecnica_categorias-escopo-1_-v2.pdf.

Programa Brasileiro do GHG Protocol, 2017. Registro Público das Emissões. Disponível em <http://registropublicodeemissoes.com.br/>

IEA. (2017). IEA- Anuário 2016 - SÉRIE INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS DA AGRICULTURA. São Paulo.

IPCC 2006. *Environmental Protection Agency (EPA)*. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em < <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>

INPI, 2018. *International Plant Nutrition Institute*. Consumo de fertilizantes por região, nutrientes e natureza física. Disponível em <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132#consumo>

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015 (MCTI, 2015). Terceiro Inventário Brasileiro De Emissões E Remoções Antrópicas De Gases De Efeito Estufa - Setor Agropecuária. São Paulo

Norma Brasileira - NBR 9800/1987

Secretaria de Energia e Mineração, 2017 (SEM, 2017). Anuário de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016. São Paulo.

Secretaria de Minas e Energia de São Paulo, 2017 (SEM, 2017). Mineração e os municípios - OTGM. Fonte: <http://www.energia.sp.gov.br/mineracao/mineracao-e-municipios-otgm/>

SOS Mata Atlântica, 2018. Plataforma "Aqui tem Mata?". Disponível em www.aquitemmata.org.br. Consulta realizada em Junho de 2018.

WRI, 2014. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories.

Von Sperling e Lemos Chernicharo, 2006. Universidade Federal de Minas Gerais. *Biological Waste Treatment in Warm Climate Regions*.

ANEXO A - EMISSÕES DE GEE EM 2016 POR MUNICÍPIO DA RMC
Tabela A.1. Emissões de GEE do Município de Americana em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	23.137,19	4,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	8.460,64	1,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	95.477,00	17,8%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	-	-
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	290.198,34	54,2%
		II.4. Transporte aéreo	591	0,1%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	1.394,89	0,3%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	1.968,05	0,4%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		1.599,39	0,3%	
Total Escopo 1			422.826,50	78,9%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	18.962,42	3,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	16.481,42	3,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	59.312,84	11,1%
		I.4. Indústria de Energia	25,81	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	22,45	0,0%
Total Escopo 2			94.804,94	17,7%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.632,31	0,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.157,07	0,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	11.361,55	2,1%
		I.4. Indústria de Energia	4,94	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	4,3	0,0%
	III. Resíduos	III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	6,93	0,0%
Total Escopo 3			18.167,10	3,4%
Total			535.798,54	100,0%

Tabela A.2. Emissões de GEE do Município de Artur Nogueira em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.972,05	4,9%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	516,5	0,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	2.824,88	3,5%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	35,11	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	41.291,64	50,4%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	4.202,17	5,1%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	9.449,92	11,5%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		9.323,37	11,4%	
Total Escopo 1			71.615,64	87,5%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.681,87	3,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.203,74	2,7%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.066,16	3,7%
		I.4. Indústria de Energia	2,52	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	639	0,8%
Total Escopo 2			8.593,29	10,5%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	513,72	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	422,13	0,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	587,33	0,7%
		I.4. Indústria de Energia	0,48	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	122,4	0,1%
Total Escopo 3			1.646,06	2,0%
Total			81.854,99	100,0%

Tabela A.3. Emissões de GEE do Município de Campinas em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO _{2e})	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	112.804,14	4,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	41.771,58	1,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	80.745,76	3,0%
		I.4. Indústria de Energia	5.321,63	0,2%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	133,6	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	1.123.193,04	42,2%
		II.4. Transporte aéreo	756.458,02	28,4%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	179.710,63	6,7%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	45.310,41	1,7%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	5.249,19	0,2%	
Total Escopo 1			2.350.698,00	88,2%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	87.077,34	3,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	117.289,32	4,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	46.565,22	1,7%
		I.4. Indústria de Energia	742,35	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	11.178,88	0,4%
Total Escopo 2			262.853,11	9,9%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	16.679,93	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	22.467,13	0,8%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	8.919,71	0,3%
		I.4. Indústria de Energia	142,2	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	2.141,35	0,1%
Total Escopo 3			50.350,32	1,9%
Total			2.663.901,43	100,0%

Tabela A.4. Emissões de GEE do Município de Cosmópolis em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO _{2e})	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.491,51	2,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	597,68	0,7%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	26.150,59	28,5%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	2,74	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	38.126,32	41,6%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	502,33	0,5%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	2.828,29	3,1%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		9.457,71	10,3%	
Total Escopo 1			80.157,17	87,5%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.933,92	4,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.102,20	2,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.427,66	3,7%
		I.4. Indústria de Energia	3,93	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	160,22	0,2%
Total Escopo 2			9.627,93	10,5%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	753,55	0,8%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	402,68	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	656,58	0,7%
		I.4. Indústria de Energia	0,75	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	30,69	0,0%
Total Escopo 3			1.844,25	2,0%
Total			91.629,35	100,0%

Tabela A.5. Emissões de GEE do Município de Engenheiro Coelho em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	798,31	1,9%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	614,17	1,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	2.384,77	5,8%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	13,65	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	17.694,24	42,9%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	22,94	0,1%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	6.521,88	15,8%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	5.481,64	13,3%	
Total Escopo 1			33.531,60	81,3%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	915,51	2,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	885,99	2,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	4.075,23	9,9%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	598,49	1,5%
Total Escopo 2			6.475,22	15,7%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	175,37	0,4%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	169,71	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	780,62	1,9%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	114,64	0,3%
Total Escopo 3			1.240,34	3,0%
Total			41.247,16	100,0%

Tabela A.6. Emissões de GEE do Município de Holambra em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.383,74	2,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	360,24	0,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.593,10	5,5%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	485,73	0,7%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	19.927,95	30,4%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	2.709,63	4,1%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	27.558,92	42,0%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		2.276,46	3,5%	
Total Escopo 1			58.295,77	88,9%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	728,71	1,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.045,22	1,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	1.602,61	2,4%
		I.4. Indústria de Energia	0,32	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	2.756,36	4,2%
Total Escopo 2			6.133,22	9,3%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	139,59	0,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	200,22	0,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	306,98	0,5%
		I.4. Indústria de Energia	0,06	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	527,99	0,8%
Total Escopo 3			1.174,84	1,8%
Total			65.603,83	100,0%

Tabela A.7. Emissões de GEE do Município de Hortolândia em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	11.736,66	4,9%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.620,71	1,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	12.090,33	5,1%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	0,08	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	144.710,82	60,8%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	14.420,88	6,1%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	-	-
		V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	-	-
Total Escopo 1			185.579,48	78,0%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	13.931,03	5,9%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	15.061,62	6,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	14.984,88	6,3%
		I.4. Indústria de Energia	8,31	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	37,8	0,0%
Total Escopo 2			44.023,64	18,5%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.668,53	1,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.885,10	1,2%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	2.870,40	1,2%
		I.4. Indústria de Energia	1,59	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	7,24	0,0%
Total Escopo 3			8.432,86	3,5%
Total			238.035,98	100,0%

Tabela A.8. Emissões de GEE do Município de Indaiatuba em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	27.217,52	4,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	9.035,79	1,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	62.700,74	10,7%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	77,56	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	191.732,62	32,8%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	124.341,18	21,2%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	50.327,62	8,6%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes industriais	13.075,78	2,2%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	21.766,61	3,7%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		4.870,67	0,8%	
Total Escopo 1			484.262,22	86,3%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	19.516,72	3,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	16.484,53	2,8%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	30.414,04	5,2%
		I.4. Indústria de Energia	57,91	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	761,78	0,1%
Total Escopo 2			67.234,98	11,5%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.738,49	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.157,66	0,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	5.825,90	1,0%
		I.4. Indústria de Energia	11,09	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	145,92	0,0%
Total Escopo 3			12.879,06	2,2%
Total			564.376,26	100,0%

Tabela A.9. Emissões de GEE do Município de Itatiba em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	12.049,58	3,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.308,01	1,0%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	70.451,68	21,4%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	29,2	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	128.486,66	39,0%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	38.289,56	11,6%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	975,23	0,3%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	37.602,08	11,4%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	2.458,79	0,7%	
Total Escopo 1			293.650,79	89,1%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	8.716,83	2,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	6.921,84	2,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	13.572,67	4,1%
		I.4. Indústria de Energia	9,7	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	866,89	0,3%
Total Escopo 2			30.087,93	9,1%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.669,73	0,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.325,90	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	2.599,89	0,8%
		I.4. Indústria de Energia	1,86	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	166,06	0,1%
Total Escopo 3			5.763,44	1,7%
Total			329.502,16	100,0%

Tabela A.10. Emissões de GEE do Município de Jaguariúna em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.138,30	0,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.706,00	0,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	36.685,03	5,6%
		I.4. Indústria de Energia	2.694,72	0,4%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	3,48	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	68.804,81	10,4%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	363,13	0,1%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes industriais	490.341,60	74,4%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	10.875,91	1,7%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		5.138,30	0,8%	
Total Escopo 1			621.751,28	94,4%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	4.244,11	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	4.653,77	0,7%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	21.684,61	3,3%
		I.4. Indústria de Energia	34,45	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	359,41	0,1%
Total Escopo 2			30.976,35	4,7%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	812,97	0,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	891,44	0,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	4.153,75	0,6%
		I.4. Indústria de Energia	6,6	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	68,85	0,0%
Total Escopo 3			5.933,61	0,9%
Total			658.661,24	100,0%

Tabela A.11. Emissões de GEE do Município de Monte Mor em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	4.366,88	3,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	453,49	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	5.158,85	4,1%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	33,48	0,0%
		I.6. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	47.708,41	38,4%
		II.4. Transporte aéreo	78,81	0,1%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes doméstico	10.856,90	8,7%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	17.695,21	14,2%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	1.820,10	1,5%	
Total Escopo 1			88.172,13	70,9%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.800,83	3,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.999,10	1,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	6.527,24	5,3%
		I.4. Indústria de Energia	4,88	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	478,66	0,4%
Total Escopo 2			12.810,71	10,3%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	728,06	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	382,93	0,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	1.250,31	1,0%
		I.4. Indústria de Energia	0,93	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	91,69	0,1%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	20.883,87	16,8%
Total Escopo 3			23.337,79	18,8%
Total			124.320,63	100,0%

Tabela A.12. Emissões de GEE do Município de Morungaba em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	810,17	1,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	170,23	0,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	2.075,20	4,3%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	-	-
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	14.032,72	28,8%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	2.743,08	5,6%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	20.180,78	41,4%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		937,24	1,9%	
Total Escopo 1			40.949,42	84,0%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	790,18	1,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	422,96	0,9%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	5.022,55	10,3%
		I.4. Indústria de Energia	0,08	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	293,89	0,6%
Total Escopo 2			6.529,66	13,4%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	151,36	0,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	81,02	0,2%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	962,08	2,0%
		I.4. Indústria de Energia	0,02	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	56,29	0,1%
Total Escopo 3			1.250,77	2,6%
Total			48.729,85	100,0%

Tabela A.13. Emissões de GEE do Município de Nova Odessa em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.753,05	1,8%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.596,86	1,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	25.126,23	16,6%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	75,14	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	65.495,04	43,2%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	12.413,93	8,2%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	5.431,82	3,6%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	4.798,16	3,2%	
Total Escopo 1			117.690,23	77,6%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	4.259,79	2,8%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.635,37	2,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	20.592,08	13,6%
		I.4. Indústria de Energia	7,22	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	93,64	0,1%
Total Escopo 2			28.588,10	18,8%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	815,98	0,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	696,37	0,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.944,47	2,6%
		I.4. Indústria de Energia	1,38	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	17,94	0,0%
Total Escopo 3			5.476,14	3,6%
Total			151.754,47	100,0%

Tabela A.14. Emissões de GEE do Município de Paulínia em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	6.981,13	0,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	15.874,31	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	441.376,39	11,1%
		I.4. Indústria de Energia	2.107.017,00	52,8%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	608,60	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	83.019,00	2,1%
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	847.979,70	21,2%
		II.4. Transporte aéreo	93.431,13	2,3%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	808,66	0,0%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	288.946,30	7,2%
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	1.187,90	0,0%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	3.824,67	0,1%	
Total Escopo 1			3.891.054,79	97,4%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	8.165,94	0,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	11.367,87	0,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	65.993,75	1,7%
		I.4. Indústria de Energia	8,8	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	260,92	0,0%
Total Escopo 2			85.797,28	2,1%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.564,21	0,0%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.177,55	0,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	12.641,30	0,3%
		I.4. Indústria de Energia	1,68	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	49,98	0,0%
Total Escopo 3			16.434,72	0,4%
Total			3.993.286,79	100,0%

Tabela A.15. Emissões de GEE do Município de Pedreira em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	4.079,96	3,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.081,11	2,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	19.718,28	15,7%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	-	-
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	33.718,51	26,8%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	18.042,13	14,4%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	10.003,76	8,0%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	18.861,29	15,0%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	93,83	0,1%	
Total Escopo 1			107.598,87	85,6%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.067,71	2,4%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.340,12	1,9%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	9.596,98	7,6%
		I.4. Indústria de Energia	2,7	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	166,62	0,1%
Total Escopo 2			15.174,13	12,1%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	587,63	0,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	448,26	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	1.838,33	1,5%
		I.4. Indústria de Energia	0,52	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	31,92	0,0%
Total Escopo 3			2.906,66	2,3%
Total			125.679,66	100,0%

Tabela A.16. Emissões de GEE do Município de Santa Bárbara d'Oeste em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	18.061,50	5,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	3.916,54	1,2%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	17.081,97	5,4%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	11.811,52	3,7%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	135.654,80	43,0%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	50.491,28	16,0%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	1.734,10	0,5%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	2.162,34	0,7%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		11.472,94	3,6%	
Total Escopo 1			252.386,99	80,0%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	13.033,46	4,1%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	9.779,93	3,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	29.855,14	9,5%
		I.4. Indústria de Energia	10,3	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	194,34	0,1%
Total Escopo 2			52.873,17	16,8%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.496,60	0,8%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.873,38	0,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	5.718,84	1,8%
		I.4. Indústria de Energia	1,97	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	37,23	0,0%
Total Escopo 3			10.128,02	3,2%
Total			315.388,18	100,0%

Tabela A.17. Emissões de GEE do Município de Santo Antônio de Posse em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.823,00	2,0%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.200,70	1,3%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	9.394,67	10,2%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	95,32	0,1%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	44.625,99	48,3%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	4.484,82	4,8%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	-	-
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	16.399,32	17,7%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		7.707,98	8,3%	
Total Escopo 1			85.731,80	92,7%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.200,66	1,3%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.927,27	2,1%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	1.444,25	1,6%
		I.4. Indústria de Energia	2,88	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	1.092,23	1,2%
Total Escopo 2			5.667,29	6,1%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	229,99	0,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	369,18	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	276,65	0,3%
		I.4. Indústria de Energia	0,55	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	209,22	0,2%
Total Escopo 3			1.085,59	1,2%
Total			92.484,68	100,0%

Tabela A.18. Emissões de GEE do Município de Sumaré em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	35.611,81	6,0%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	4.616,97	0,8%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	102.796,57	17,2%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	1.702,65	0,3%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	304.187,89	50,9%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	3.460,17	0,6%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	35.684,43	6,0%
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	15.965,75	2,7%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	3.731,91	0,6%	
Total Escopo 1			507.758,15	85,0%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	17.885,15	3,0%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	11.357,41	1,9%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	44.956,63	7,5%
		I.4. Indústria de Energia	23,24	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	811,21	0,1%
Total Escopo 2			75.033,64	12,6%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	3.425,95	0,6%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.175,55	0,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	8.611,58	1,4%
		I.4. Indústria de Energia	4,45	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	155,39	0,0%
Total Escopo 3			14.372,92	2,4%
Total			597.164,71	100,0%

Tabela A.19. Emissões de GEE do Município de Valinhos em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	11.354,90	3,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	4.887,49	1,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	30.465,32	10,1%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	27,55	0,0%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	188.745,17	62,3%
		II.4. Transporte aéreo	-	-
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	1.516,30	0,5%
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes industriais	13.075,78	4,3%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	748,33	0,2%
	V. AFOLU	V.1. Rebanhos	7.096,19	2,3%
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂		884,99	0,3%	
Total Escopo 1			258.802,02	85,4%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	10.700,32	3,5%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	8.812,87	2,9%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	17.048,11	5,6%
		I.4. Indústria de Energia	7,03	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	444,98	0,1%
Total Escopo 2			37.013,31	12,2%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	2.049,68	0,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.688,13	0,6%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.265,62	1,1%
		I.4. Indústria de Energia	1,35	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	85,24	0,0%
Total Escopo 3			7.090,02	2,3%
Total			302.905,35	100,0%

Tabela A.20. Emissões de GEE do Município de Vinhedo em 2016, por escopo e setor.

Escopo	Setor	Subsetor	Emissões de GEE	Representatividade
			(t CO ₂ e)	
Escopo 1	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	4.247,20	2,2%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	2.929,07	1,5%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	42.305,00	21,5%
		I.4. Indústria de Energia	-	-
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	876,59	0,4%
		I.8. Fugitivas - Óleo e Gás natural	-	-
	II. Transportes	II.1. Transporte terrestre	76.869,46	39,1%
		II.4. Transporte aéreo	15,74	0,0%
	III. Resíduos	III.1. Disposição de resíduos sólidos	-	-
		III.4. Disposição e tratamento de efluentes domésticos	15.264,46	7,8%
	IV. IPPU	IV.1. Processos Industriais	4.357,61	2,2%
V. AFOLU	V.1. Rebanhos	9.359,17	4,8%	
	V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO ₂	154,61	0,1%	
Total Escopo 1			156.378,91	79,5%
Escopo 2	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	7.201,81	3,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	6.767,24	3,4%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	19.651,98	10,0%
		I.4. Indústria de Energia	9,94	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	140,58	0,1%
Total Escopo 2			33.771,55	17,2%
Escopo 3	I. Energia Estacionária	I.1. Construções Residenciais	1.379,53	0,7%
		I.2. Construções Comerciais e Institucionais	1.296,28	0,7%
		I.3. Indústria de Manufatura e Construção	3.764,40	1,9%
		I.4. Indústria de Energia	1,9	0,0%
		I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	26,93	0,0%
Total Escopo 3			6.469,04	3,3%
Total			196.619,50	100,0%

ANEXO B - FATORES DE EMISSÃO

Abaixo são apresentados os fatores de emissão e outros elementos de cálculo utilizados no inventário de GEE da RMC em 2016:

A) Fatores de Emissão – Energia Elétrica 2016

País	FECO2 (t/MWh)	FECH4 (t/MWh)	FEN2O (t/MWh)	Fonte
Brasil	0,08168	-	-	MCTIC, 2018

B) Densidades (Fonte: BEN, 2016), PCIs (Fonte: BEN, 2016 e IPCC, 2006) e Fatores de Emissão (Fonte: IPCC, 2006) – Fontes Móveis e Estacionárias

Precursor	Densidade	Unidade de medida	PCI	Unidade de medida	FECO ₂	FECH ₄	FEN ₂ O	Unidade de medida
Gás Natural	0,74	kg/m ³	48	TJ/Gg	56.100			kg/TJ
Gás Liquefeito de Petróleo					63.100	1	0,1	kg/TJ
<i>Natural Gas - Mobile combustion</i>						92	3	kg/TJ
Biodiesel	880	kg/m ³	9.000	kcal/kg	2,431			tCO ₂ /m ³
<i>Biodiesel - Mobile combustion</i>						0,000332	0,00002	tGEE/m ³
<i>Biodiesel - Stationary combustion - Commercial / Institutional</i>						10	0,6	kg/TJ
Óleo Diesel	840	kg/m ³	43	TJ/Gg	74.100			kg/TJ
<i>Diesel Oil - Mobile combustion</i>						3,9	3,9	kg/TJ
<i>Diesel Oil - Stationary combustion - Commercial / Institutional</i>						10	0,6	kg/TJ
Óleo Combustível			40,4	TJ/Gg	77.400	3	0,6	kg/TJ
Etanol	809	kg/m ³	6.300	kcal/kg	1,457			t/m ³
<i>Ethanol - Mobile combustion</i>						0,000384	0,000013	t/m ³
Gasoline	742	kg/m ³	44,3	TJ/Gg	69.300			kg/TJ
<i>Gasoline - Mobile combustion</i>						25	8	kg/TJ
Aviation Gasoline	726	kg/m ³	44,3	TJ/Gg	69.300			kg/TJ
Jet querosene	799	kg/m ³	44,1	TJ/Gg	71.500			kg/TJ
<i>Fuel combustion - civil aviation</i>						0,5	2	kg/TJ

C) Fatores de Emissão – Fontes Industriais (Fonte: CETESB, 2007 e Ecoinvent)

Precursor	† CO ₂ /t produto	† CH ₄ /t produto	† N ₂ O/t produto	Referência
Amônia	3,27000	0	0	CETESB, 2007
Hidróxido de sódio	0,00124	0	0	Ecoinvent: Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {RER} chlor-alkali electrolysis, membrane cell APOS, U
Óleo de anilina	0,02060	0	0	Ecoinvent: Aniline {RoW} production APOS, U
Fosfato acidulado sulfúrico	0,02430	0	0	Ecoinvent: Phosphate rock, as P ₂ O ₅ , beneficiated, dry {RoW} phosphate rock beneficiation, dry Conseq, U
Fertilizantes fosfatados	0,02430	0	0	Ecoinvent: Phosphate rock, as P ₂ O ₅ , beneficiated, dry {RoW} phosphate rock beneficiation, dry Conseq, U
Negro de fumo hard e soft	2,62000	0	0	CETESB, 2007
Borracha sintéticas	0,22427	0,000045	0	Ecoinvent: 42 Rubber and plastic products, DK
Resinas	0,10250	0	0	Ecoinvent: Epoxy resin {RoW} epoxy resin production APOS, U
Fertilizantes contendo ureia	0,00287	0,000783	0	Ecoinvent: Urea, as N {RoW} production APOS, U
Fertilizantes contendo ácido fosfórico	0,01057	0	0	Ecoinvent: Phosphoric acid, fertiliser grade, without water, in 70% solution state {RoW} phosphoric acid production, dihydrate process APOS, U
Fertilizantes contendo ácido fosfórico e ureia	0,01057	0	0	Ecoinvent: Phosphoric acid, fertiliser grade, without water, in 70% solution state {RoW} phosphoric acid production, dihydrate process APOS, U
Plastisol (suspensão de PVC)	2,71753	0,021444	1,84082E-12	Ecoinvent: Polyvinylchloride resin (E-PVC), emulsion polymerisation, production mix, at plant RER
Poliuretanos	0,05095	0	0	Ecoinvent: Polyurethane, flexible foam {RoW} production APOS, U

D) Fatores de Emissão de CH₄ em (t/animal) - Manejo de Dejetos e Fermentação Entérica de Rebanhos (Fonte: IPCC 2006)

Tipo de animal	Fermentação Entérica	Manejo de Dejetos
Gado Jovem	41,00000	0,9
Gado Fêmea	64,00000	2
Gado Leiteiro	59,00000	2
Gado Macho	52,00000	1,5
Bubalinos	55,00000	1
Caprinos/Ovinos	5,00000	0,17
Equinos	18,00000	1,6

Tipo de animal	Fermentação Entérica	Manejo de Dejetos
Aves	-	0,117
Suínos - Grandes Propriedades	-	6,4
Suínos - Pequenas Propriedades	-	2,2

E) Média anual da quantidade de nitrogênio dos dejetos excretados por tipo de animal Nex (em kg/ano/animal) - Manejo de dejetos (Fonte: IPCC 2006)

Tipo de animal	Nex
Gado Jovem	24,0
Gado Fêmea	70,0
Gado Leiteiro	70,0
Gado Macho	40,0
Bubalinos	40,0
Caprinos/Ovinos	12,0
Equinos	40,0
Aves	16,0
Suínos	16,0

F) Fração de dejetos dos animais do tipo de animal e por tipo de manejo (MS), adimensional - Manejo de dejetos (Fonte: IPCC 2006)

Tipo de animal	Pastagem	Lagoa Anaeróbica	Digestor Anaeróbico	Armazenagem sólida	Armazenagem líquida	DryLot
Gado Jovem	0,919	0,004	0,001	0,077	-	-
Gado Fêmea	0,919	0,004	0,001	0,077	-	-
Gado Leiteiro	0,882	0,006	0,001	0,116	-	-
Gado Macho	0,919	0,004	0,001	0,077	-	-
Bubalinos	0,837	0,007	0,009	0,147	-	-
Caprinos/Ovinos	0,824	0,001	0,000	0,175	-	-
Equinos	0,892	0,003	0,001	0,104	-	-
Aves	0,032	0,004	0,003	0,127	0,223	0,611
Suínos - Grandes Propriedades	-	0,132	0,082	0,656	0,130	-
Suínos - Pequenas Propriedades	-	0,132	0,082	0,696	0,304	-

G) Fator de perda de N por volatilização de NH₃ e NO_x para o tipo de animal e tipo de manejo (FracGasMS), adimensional - Manejo de dejetos (Fonte: IPCC 2006)

Tipo de animal	Lagoa Anaeróbica	Digestor Anaeróbico	Armazenagem sólida	Armazenagem líquida
Gado Jovem	0,350	0,350	0,450	-
Gado Fêmea	0,350	0,350	0,450	-
Gado Leiteiro	0,350	0,350	0,300	-
Gado Macho	0,350	0,350	0,450	-
Bubalinos	0,350	0,350	0,120	-
Caprinos/Ovinos	0,350	0,350	0,120	-
Equinos	0,350	0,350	0,120	-
Aves	0,400	0,400	0,400	0,400
Suínos	0,400	0,450	0,450	0,480

H) Fatores de Emissão de N₂O diretas em (t N₂O-N /kg N) - Manejo de Dejetos (Fonte: IPCC 2006)

Tipo de animal	EF3
Pastagem (Gado, bubalino, aves e suínos)	0,02000
Pastagem (ovinos, caprinos e equinos)	0,01000
Estocagem sólida	0,00050
Dry lot	0,02000

I) Quantidade de Carbono (CC) e de nitrogênio (NC) presente nos fertilizantes - Aplicação de fertilizantes no solo (Fonte: cálculo a partir da fórmula molecular)

Tipo de animal	NC	CC
Ureia	0.466667	0,2
Calcário Dolomítico	0.13	-



BHtec - Parque Tecnológico de Belo Horizonte
Rua Professor José Vieira de Mendonça, 770 - Sala 502
CEP 31310 - 260 - Belo Horizonte - MG
Telefone | Fax 55 31 3401.1074

BH | SP | RJ

WWW.WAYCARBON.COM