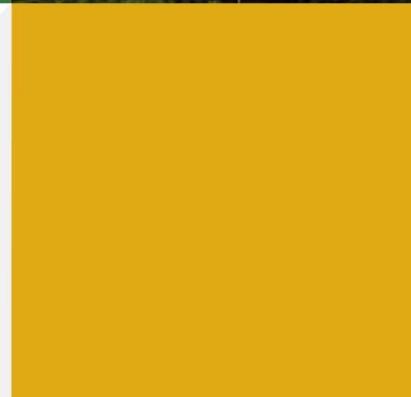
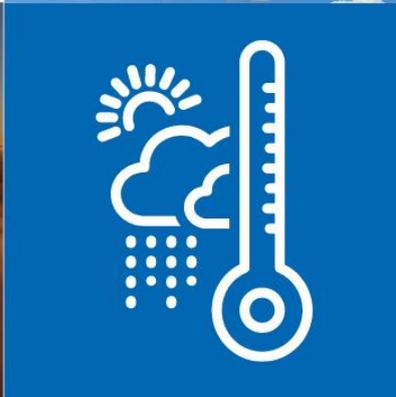
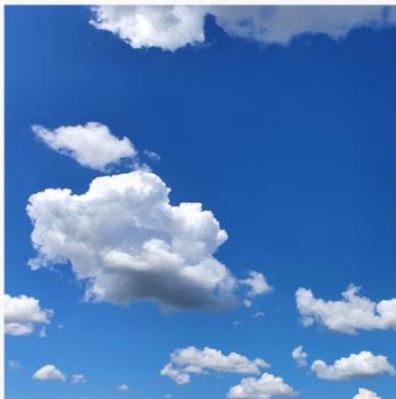
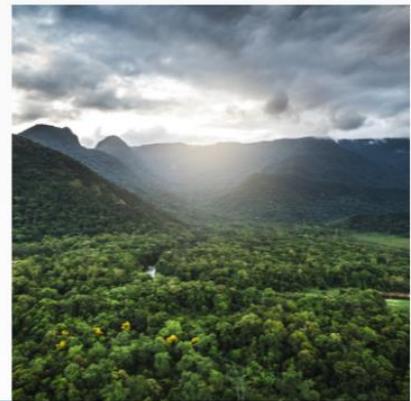


PAC-PR

Plano Estadual de Ação Climática
2024-2050

**Inventário de Emissões
de Gases de Efeito
Estufa - 2005 a 2019**



Carlos Massa Ratinho Júnior

Governador do Estado do Paraná

Valdemar Bernardo Jorge

Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest)

Louise da Costa e Silva Garnica

Diretora Geral (Sedest)

Eduardo Alvim Leite

Diretor-Presidente do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar)

Everton Luiz da Costa Souza

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra (IAT)

Gustavo Fischer Sbrissia

Diretor de Políticas Ambientais (Sedest)

Matheus Bueno Patrício

Coordenador de Gestão Ambiental e Ação Climática (Sedest)

Reinaldo Bomfim da Silveira

Coordenador do Programa Paranaclima (Simepar)

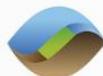
© 2023. Governo do Paraná

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

Para maiores informações e contato:

Endereço: Rua Desembargador Motta, 3384 - Mercês - 80430-200 - Curitiba - PR, Telefone: (41) 3304-7766

E-mail: dipam@sedest.pr.gov.br



**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**



Coordenação:

Christiano Pires de Campos

Coordenador do Segundo Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Paraná (Simepar)

Realização:

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest)

Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar)

Equipe Técnica:

Christiano Pires de Campos

Engenheiro Pesquisador, D. Sc

Nayana Machado

Engenheira Pesquisadora, M.S.c

APOIO

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (Alcopar)

Araucária Nitrogenados S.A

Companhia Paranaense de Gás (Compagas)

Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (Ipardes)

Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento (SEAB)

Edição e Revisão:

Anna Flávia Moraes Nogueira

Eng. Agrônoma, Esp. Eng. Gestão Ambiental



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Setores inventariados.	4
Figura 2 - Atividades incluídas nas estimativas e seus respectivos setores.....	5
Figura 3 - Fluxograma das etapas e serviços aplicados na elaboração do inventário.	13



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos GEE e Tier utilizado para calcular as emissões.	6
Tabela 2 - Global Warming Potential (GWP) para período de 100 anos.	14
Tabela 3 - Potencial de Aquecimento Global (GTP) para período de 100 anos.	15



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Emissões de GEE do Brasil (sem Paraná) e do Paraná em 2019.....	17
Gráfico 2 - Infográfico de emissões de GEE do Paraná pelo GWP.	17
Gráfico 3 - Infográfico das emissões relativas de GEE pelo GWP e GTP.....	18
Gráfico 4 - Infográfico de emissões de GEE do Paraná pelo GTP.....	18
Gráfico 5 - Infográfico das emissões de CO ₂ do Paraná.....	19
Gráfico 6 - Infográfico das emissões de CH ₄ do Paraná.	20
Gráfico 7 - Infográfico das emissões de N ₂ O do Paraná.....	21
Gráfico 8 - Infográfico das emissões de outros gases do Paraná.	22
Gráfico 9 - Infográfico das emissões setoriais do Paraná.	24
Gráfico 10 - Infográfico das emissões do setor de energia.	25
Gráfico 11 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões do setor de energia no ano de 2019.	26
Gráfico 12 - Emissões anuais por combustível.	28
Gráfico 13 - Emissões anuais do refino.....	29
Gráfico 14 - Infográfico das emissões do setor de IPPU.....	30
Gráfico 15 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões no setor de IPPU em 2019.	30
Gráfico 16 - Emissões anuais da indústria mineral.	32
Gráfico 17 - Emissões anuais da indústria química.	33
Gráfico 18 - Emissões anuais da indústria de aço.	34
Gráfico 19 - Emissões anuais do uso de gases fluorados.....	35
Gráfico 20 - Emissões anuais do uso de gases fluorados.....	35
Gráfico 21 - Infográfico das emissões do setor AFOLU.	36
Gráfico 22 - Emissões anuais da pecuária.....	38
Gráfico 23 - Emissões anuais da fermentação entérica.....	39
Gráfico 24 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da fermentação entérica em 2019.	39
Gráfico 25 - Emissões anuais do manejo de dejetos.	40
Gráfico 26 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões no manejo de dejetos em 2019.	41
Gráfico 27 - Emissões anuais da agricultura.....	42



Gráfico 28 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da agricultura em 2019.	43
Gráfico 29 - Emissões e remoções anuais da Mudança do Uso da Terra.	44
Gráfico 30 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da MUT em 2019	44
Gráfico 31 - Ranking dos 10 municípios com maiores remoções da MUT em 2019.	45
Gráfico 32 - Infográfico das emissões do setor de resíduos.	46
Gráfico 33 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões de resíduos em 2019.	47
Gráfico 34 - Emissões de GEE do Paraná por setor e gás em 2019.	50
Gráfico 35 - Ranking dos 30 municípios com maiores emissões de GEE em 2019.	51



LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de energia em 2019	27
Mapa 2 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de IPPU em 2019.	31
Mapa 3 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de AFOLU em 2019.	37
Mapa 4 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor da MUT em 2019.	45
Mapa 5 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de resíduos em 2019.	47
Mapa 6 - Participação percentual dos municípios nas emissões de GEE em 2019.	52



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2INVPR - Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná

AFOLU - Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra

AR6 - Sexto conjunto de relatórios de avaliação do IPCC

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de Carbono

GEE - Gases de Efeito Estufa

GTP - Potencial de Temperatura Global

GWP - Potencial de Aquecimento Global

HFC's - Hidrofluorcarbonos

IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

IPPU - Processos Industriais e Uso de Produtos

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

N₂O - Óxido Nitroso

PFC's - Perfluorcarbonos

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SF₆ - Hexafluoreto de Enxofre

SIRENE - Sistema de Registro Nacional de Emissões



SUMÁRIO

1	REFERENCIAL METODOLÓGICO	3
1.1	SETORES E EMISSÕES CORRESPONDENTES.....	4
1.1.1	Setor Energia.....	8
1.1.2	Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU).....	9
1.1.3	Setor Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU)	10
1.1.4	Setor Saneamento e Resíduo	11
1.2	PROCESSO DE INFORMAÇÕES.....	12
1.3	MÉTRICA GTP E GWP	13
2	CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMISSÕES	16
2.1	EMISSÕES POR GÁS	17
2.1.1	Dióxido de Carbono (CO ₂).....	18
2.1.2	Metano (CH ₄).....	19
2.1.3	Óxido Nitroso (N ₂ O).....	20
2.1.4	Outros Gases	21
3	EMISSÕES POR SETOR.....	23
3.1	SETOR ENERGIA.....	24
3.1.1	Queima de Combustíveis	27
3.1.2	Emissões Refino.....	28
3.2	SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (IPPU)	29
3.2.1	Indústria mineral	32
3.2.2	Indústria química	33
3.2.3	Indústria metalúrgica	33
3.2.4	Uso de gases fluorados.....	34
3.2.5	Manufatura e uso de outros produtos.....	35
3.3	SETOR AGROPECUÁRIA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA (AFOLU).....	36
3.3.1	Pecuária	37
3.3.2	Fermentação Entérica	38
3.3.3	Manejo de Dejetos.....	40
3.3.4	Agricultura	41
3.3.5	Mudança no uso da terra.....	43



3.4	SETOR RESÍDUOS	46
3.4.1	Disposição de resíduos sólidos	48
3.4.2	Efluentes.....	48
4	CONCLUSÕES	49
5	REFERÊNCIAS	53



1. INTRODUÇÃO

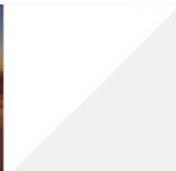
As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) são um grande desafio ambiental atual, responsáveis pelo aquecimento global e seus efeitos negativos, como a mudança do clima, elevação do nível do mar e acidificação dos oceanos. A atividade humana, especialmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, tem sido a principal causa desse aumento, levando a uma concentração de dióxido de carbono na atmosfera de 410 partes por milhão em 2019, um aumento de 47% em relação ao período pré-industrial (IPCC, 2021).

O Paraná é um dos estados mais populosos e economicamente desenvolvidos do Brasil, com um setor industrial diversificado e uma ampla base agrícola. E assim como outros estados e países, enfrenta o desafio de monitorar e reduzir suas emissões de GEE para mitigar a mudança do clima. O governo estadual tem trabalhado para instituir (Lei nº 17.133/2012) e regulamentar (Decreto nº 9.085/2013) a Política Estadual de Mudança do Clima, desta forma, visando atender a legislação vigente e identificar o perfil de emissões estaduais, este documento apresenta os resultados do Segundo Inventário de Emissões Antrópicas Diretas de Gases de Efeito Estufa do Paraná, doravante 2INVPR.

Este documento contém estimativas de emissões ocorridas no estado entre os anos de 2005 e 2019, com base na metodologia estabelecida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). As estimativas incluem os principais gases de efeito estufa: CO₂, CH₄, N₂O, HFC's e SF₆. Este é o primeiro inventário estadual realizado no Brasil a apresentar as emissões em nível municipal.

Conjuntamente com este documento, foram publicados relatórios de referência setoriais com a apresentação das metodologias adotadas para inventariar as emissões e discutir os resultados de forma analítica e crítica, buscando comparar e estabelecer relações com outras estimativas disponíveis, como o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE, 2023), e o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021).

O inventário é uma ferramenta importante para o engajamento da sociedade civil, organizações empresariais e governamentais em ações conjuntas para enfrentar esse desafio global. As soluções deverão ser construídas de forma coletiva e

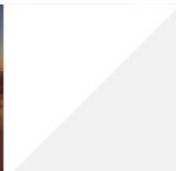


sistêmica considerando a complexidade da cadeia de atividades que geram as emissões de GEE no estado do Paraná.

Com base nos dados apresentados no inventário, o estado do Paraná pode desenvolver políticas e medidas específicas para reduzir suas emissões de GEE, contribuindo para o cumprimento das metas brasileiras de combate às mudanças climáticas em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, promulgado pelo Decreto Federal nº 9.073/2017.

Algumas estratégias para identificar e compartilhar informações referentes às emissões já vêm sendo adotadas, como por exemplo, a iniciativa pioneira do Selo CLIMA PARANÁ, criado em 2011, que incentiva empresas a reduzirem suas emissões de GEE e compartilharem suas emissões. O Selo Clima é concedido a empresas que publicam seus inventários de emissões de GEE, com o objetivo de promover a sustentabilidade e a competitividade empresarial. O estado do Paraná também participa do *Carbon Disclosure Project* (CDP), onde divulga suas emissões de gases de efeito estufa e as estratégias para reduzi-las.

Além destas, uma das iniciativas mais recentes do estado do Paraná é a meta de "net zero", que se refere à neutralidade de carbono até meados do século. A ideia é que, até 2050, as emissões de GEE sejam reduzidas ao máximo e o que restar seja compensado por meio de projetos de sequestro de carbono, como o plantio de árvores. Países como o Reino Unido, Japão e Canadá já estabeleceram metas de "net zero" e a União Europeia pretende atingir essa meta até 2050. O estado do Paraná assinou o decreto nº 8937/2021 onde adere à campanha "Race to Zero".



2. REFERENCIAL METODOLÓGICO

Na elaboração de inventários de emissões de GEE, sejam eles corporativos ou governamentais, se faz necessário a utilização de diretrizes que garantam que a metodologia e o compartilhamento das informações sejam confiáveis, consistentes, transparentes e comparáveis. Sendo assim, para elaboração do 2INVPR foram utilizadas as diretrizes propostas nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2006).

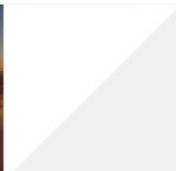
Os Guias são disponibilizados de acordo com cada setor e elucida as diretrizes para quantificar as emissões de gases de efeito estufa, orientando por exemplo, sobre quais os gases a serem considerados por setor, quais as fontes de dados devem ser consideradas em cada atividade, quais os métodos de cálculo das emissões, entre outras instruções.

Há diversos gases que contribuem no aumento do efeito estufa, alguns de forma direta e outros indiretamente. Dentre os gases mais importantes que contribuem diretamente podemos citar o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). Considerando sua importância, todos foram incluídos nas estimativas do 2INVPR.

Quanto aos gases que contribuem indiretamente, conhecidos como Agentes Climáticos de Curta Duração, estes não foram incluídos no 2INVPR. Esses poluentes têm vida relativamente curta na atmosfera, variando de alguns dias a algumas décadas. Apesar de serem geralmente inventariados, eles não são controlados pela Convenção do Clima.

Além dos Guias Metodológicos do IPCC (2006), foram aplicados fatores de emissão declarados nos Relatórios de Referência da 4ª Comunicação Nacional elaborados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2020), levando em conta as características locais para regionalizar as informações. Dessa forma, as emissões foram estimadas em níveis mais detalhados (Tier 2 e 3), tornando-se mais próximas da realidade nacional, estadual ou municipal.

A elaboração do inventário e a gestão dos dados seguem as boas práticas determinadas no documento *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000). Isso possibilita a adoção de princípios para a elaboração de inventários de qualidade, garantindo transparência,



consistência ao longo do tempo, completude, avaliação de incertezas, comparabilidade, controle de qualidade, uso eficiente de recursos disponíveis aos órgãos de inventário e redução gradual das incertezas à medida que informações mais precisas se tornam disponíveis.

O método de estimativa utilizado com dados de atividade e fatores de emissão possibilita a consistência dos resultados ao longo do tempo e a observação de variações anormais indica a necessidade de verificar a consistência dos dados, fatores de emissão ou processamento.

1.1 SETORES E EMISSÕES CORRESPONDENTES

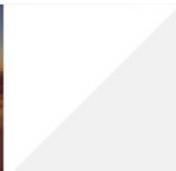
Os setores emissores são classificados da seguinte maneira como ilustra a Figura 1 (IPCC, 2006).



Figura 1 - Setores inventariados.

Ao analisar cada setor foram determinados os subsetores que se subdividem em atividades. As atividades se diferenciam de acordo com os dados de entrada, os fatores de emissão e os tipos de gases emitidos.

O setor AFOLU é um setor com atividades muito diferentes e relevantes para o Brasil e Paraná. Por isso, será apresentado em categorias específicas: Agricultura, Pecuária e Mudança do Uso da Terra. Essa separação permite identificar as principais



fontes de emissão em cada subcategoria e elaborar estratégias mais eficientes para reduzir as emissões.

Além disso, permite uma análise mais detalhada dos dados, o que é útil para o desenvolvimento de políticas públicas e o monitoramento das metas de redução de emissões, por exemplo, a produção de carne e leite é uma fonte importante de emissão de metano, enquanto na Mudança do Uso da Terra, a conversão de florestas em terras agrícolas resulta em emissões de dióxido de carbono.

A Figura 2 resume as atividades incluídas em cada setor. Além das considerações das especificidades de cada atividade é necessário compreender a complexidade metodológica dos cálculos de emissões.

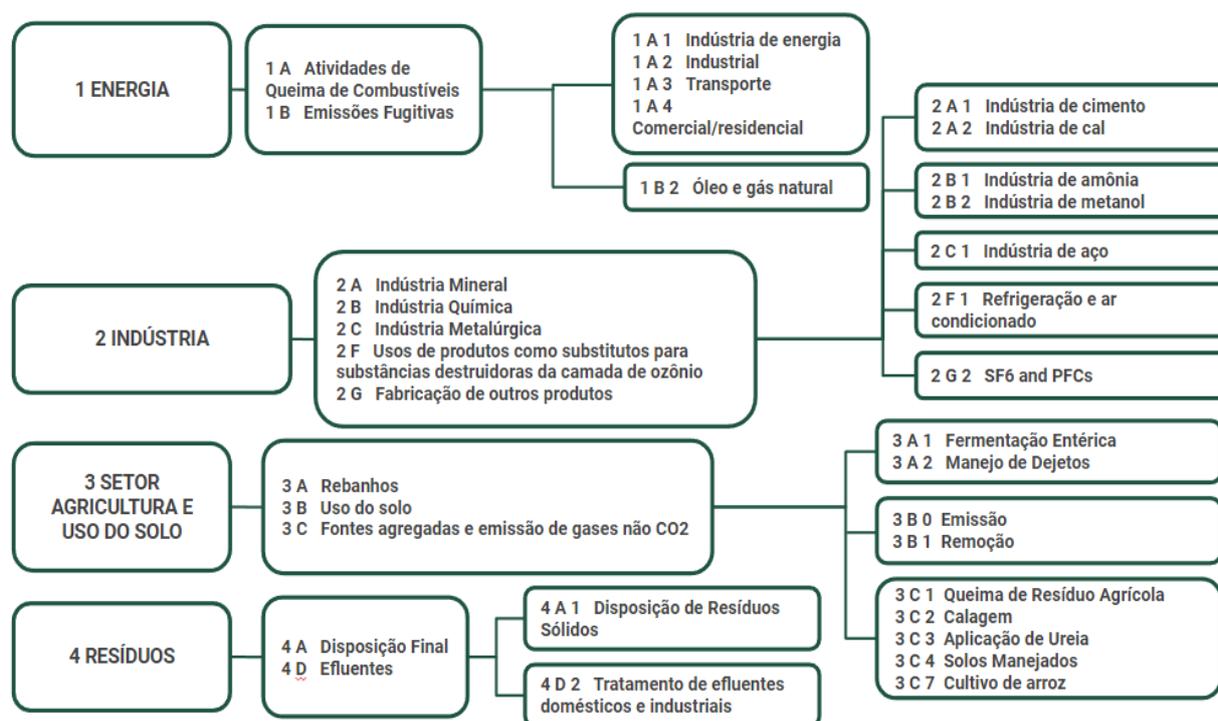


Figura 2 - Atividades incluídas nas estimativas e seus respectivos setores.

De acordo com o IPCC, esta complexidade pode variar em três níveis: Tier 1, o método genérico, Tier 2 intermediário e Tier 3 mais detalhado e específico para as condições nacionais. A Tabela 1 traz um detalhamento da classificação do Tier aplicado em cada atividade de acordo com o tipo de gás inventariado.



Tabela 1 - Lista dos GEE e Tier utilizado para calcular as emissões.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1	SETOR DE ENERGIA			
1.A	Combustão de combustíveis fósseis			
1.A.1	Indústria de energia			
1.A.1.a	Principal atividade de eletricidade	2	N.A.	N.A.
1.A.1.b	Refino de petróleo	3 ^a	2	2
1.A.3	Transporte			
1.A.3.a	Aviação doméstica	2	N.A.	N.O.
1.A.3.b	Transporte rodoviário	2	N.A.	N.O.
1.A.4	Outros setores			
1.A.4.b	Residencial/industrial	2	N.A.	N.O.
1.B	Emissões fugitivas			
1.B.2	Emissões fugitivas do refino	3	2	N.O.
2	SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS			
2.A	Indústria Mineral			
2.A.1	Produção de cimento	1	N.A.	N.O.
2.A.2	Produção de cal	1	N.A.	N.O.
2.B	Indústria Química			
2.B.1	Produção de amônia	1	N.A.	N.A.
2.B.8	Produção de metanol	1	N.A.	N.O.
2.C	Indústria Metalúrgica			
2.C.1	Produção de aço	1	N.O.	N.O.
	Outras indústrias			
2.F	Uso de gases fluorados	N.O.	N.O.	N.O.
2.G	Fabricação e uso de outros produtos	N.O.	N.O.	N.O.
3	SETOR AGRICULTURA E USO DO SOLO			
3.A	Rebanhos			
3.A.1	Fermentação Entérica			
3.A.1.a	Bovinos de corte	N.A.	2	N.A.
3.A.1.ai	Bovinos de leite	N.A.	2	N.A.
3.A.1.b	Bubalinos	N.A.	1	N.A.



Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.A.1.c	Ovinos	N.A.	1	N.A.
3.A.1.d	Caprinos	N.A.	1	N.A.
3.A.1.f	Equinos	N.A.	1	N.A.
3.A.1.g	Muares	N.A.	1	N.A.
3.A.1.h	Suínos	N.A.	1	N.A.
3.A.1.j	Asininos	N.A.	1	N.A.
3.A.2		Manejo de Dejetos		
3.A.2.a	Bovinos de corte	N.A.	2	2
3.A.2.ai	Bovinos de leite	N.A.	2	2
3.A.2.b	Bubalinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.c	Ovinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.d	Caprinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.f	Equinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.g	Muares	N.A.	1	N.A.
3.A.2.h	Suínos	N.A.	2	2
3.A.2.i	Aves	N.A.	1	1
3.A.2.j	Asininos	N.A.	1	N.A.
3.B		Uso do Solo		
3.B.0	Alterações de uso do solo		N.A.	N.A.
3.B.1.a	Remoção em áreas protegidas		N.A.	N.A.
3.B.1.b	Remoção por mudança do uso da terra		N.A.	N.A.
3.B.1.c	Remoção por vegetação secundária		N.A.	N.A.
3.C		Fontes Agregadas e Emissão de Gases Não CO₂		
3.C.1	Queima de biomassa	N.A.	2	2
3.C.2	Calagem	1	N.A.	N.A.
3.C.3	Aplicação de ureia	1	N.A.	N.A.
3.C.4.1.a	Fertilizante sintético	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.b.i	Esterco manejado	N.A.	N.A.	1 e 2
3.C.4.1.b.ii	Vinhaça	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.b.iii	Torta de filtro	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.b.iv	Lodo de esgoto	N.A.	N.A.	N.A.



Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.C.4.1.c	Dejetos em pastagem	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.d	Resíduo agrícola	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.e	Mineralização de N	N.A.	N.A.	2
3.C.4.1.f	Manejo de solos orgânicos	N.A.	N.A.	2
3.C.4.2.a	Deposição atmosférica	N.A.	N.A.	1 e 2
3.C.4.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	N.A.	N.A.	1 e 2
3.C.7	Cultivo de arroz	N.A.	1	N.A.
4 RESÍDUOS				
4.A Resíduos Sólidos				
5.A.1	Locais manejados	N.A.	2	N.A.
5.A.2	Locais não manejados	N.A.	N.A.	N.A.
5.A.3	Locais não categorizados	N.A.	2	N.A.
4.D Efluentes				
4.D.1	Efluentes domésticos	N.A.	3	1
4.D.2	Efluentes industriais	N.A.	3	1

^a a partir do 4º Inventário de GEE do Brasil (MCTI, 2021); N.A. - Não Aplicável; N.O. - Não Ocorre.

1.1.1 Setor Energia

As emissões provenientes do setor de energia foram calculadas de acordo com o volume 2 do guia metodológico do IPCC (IPCC, 2006). O inventário incluiu atividades da indústria de energia, transporte, consumo residencial e comercial, estimando as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O. No entanto, os gases emitidos como monóxido de carbono (CO) e outros compostos orgânicos voláteis não-metano (NMVOC) não foram calculados por necessitarem de informações específicas sobre seu uso não disponível no Paraná e por não serem gases de efeito estufa e controlados como política de mitigação da mudança do clima.

Os dados de entrada para estimar as emissões do setor de energia foram o consumo aparente de combustíveis fósseis em nível municipal e o refino de petróleo. O consumo aparente de combustíveis fósseis derivou dos dados de venda de combustíveis fósseis da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e



Biocombustíveis (ANP, 2020) e o consumo de gás natural foi fornecido pela Companhia Paranaense de Gás (COMPAGAS, 2022).

Em relação às emissões de refino de petróleo, foram consideradas as emissões nacionais disponíveis no Relatório de Referência do Setor de Energia da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020) e a fração de carga processada na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR) em relação ao no parque nacional (ANP, 2022).

Para maior esclarecimento quanto aos fatores de emissões e fórmulas aplicadas para esses setores pode ser consultado o Relatório de Referência Do Setor Energia: Abordagem Top-Down (SIMEPAR, 2023a).

1.1.2 Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)

As emissões provenientes do setor industrial foram calculadas de acordo com o volume 3 do guia metodológico do IPCC (IPCC, 2006). O inventário incluiu atividades da indústria mineral, química e metalúrgica estimando as emissões de dióxido de carbono (CO₂), bem como, o uso de outros produtos para as emissões de hexafluoreto de enxofre (SF₆) e o uso de equipamentos de refrigeração que geram emissões de gases da família dos hidrofluorcarbonos (HFCs).

Para estimar as emissões do setor industrial, os dados de entrada utilizados incluíram dados de produção anual, composição química dos insumos, e participação setorial. Foram utilizados os dados de produção municipal ou estadual anual de cimento, cal, metanol, amônia e aço, além da composição química dos insumos, e participação municipal/estadual no setor com base nos valores nacionais.

Em relação às emissões referente ao uso de outros produtos e uso de equipamentos de refrigeração foi aplicada a fração das populações municipais em relação à população nacional a partir dos dados estimados pelo IBGE (IBGE, 2022). Desta forma, a emissão nacional anual declarada no Relatório de Referência do Setor Industrial da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020) foi dividida pela emissão per capita.

Para maior esclarecimento quanto aos fatores de emissões e fórmulas aplicadas para esse setor pode ser consultado o Relatório de Referência do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) (SIMEPAR, 2023b).



1.1.3 Setor Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU)

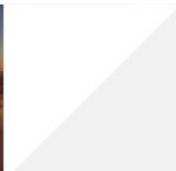
As emissões provenientes do setor de Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU) foram calculadas seguindo o volume 4 do guia metodológico do IPCC (IPCC, 2006). Este setor pode ser subdividido em 3 categorias: pecuária, mudança no uso do solo e agricultura.

Na categoria de pecuária, os gases metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) são emitidos pela fermentação entérica e pelo manejo de dejetos. A população municipal de animais, obtida dos registros da pesquisa municipal pecuária (IBGE, 2019), e o tipo de sistema de manejo de dejetos, coletados do Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020), são os principais dados de entrada. As emissões variam de acordo com o tipo, idade e porte dos animais, bem como as particularidades dos sistemas de manejo de dejetos. Para obter mais informações sobre os fatores de emissões e as fórmulas aplicadas na pecuária, consulte os Relatórios de Referências de Fermentação Entérica (SIMEPAR, 2023c) e Manejo de Dejetos (SIMEPAR, 2023d).

As emissões da categoria de mudança no uso do solo foram obtidas a partir do trabalho desenvolvido pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) em cooperação técnica com o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Para essa categoria são consideradas as transições de uso do solo, podendo ocorrer tanto a emissão quanto a remoção de dióxido de carbono (CO_2). Mais detalhes metodológicos desta categoria estão disponíveis na Nota Metodológica do setor (SEEG, 2021).

A categoria de agricultura inclui diversas atividades e diversos gases, em geral, o principal dado de entrada desta categoria são as áreas municipais agrícolas por tipo de cultivo, obtidos no Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES).

As emissões de óxido nitroso (N_2O) relacionam-se com o manejo do solo, incluindo a mineralização de nitrogênio, o consumo de fertilizantes sintéticos e adubos orgânicos, além da deposição de dejetos em pastagem, e as estimativas de vinhaça e torta de filtro em cada município. Outra atividade que também emite N_2O é a queima de resíduo agrícola que aplica as quantidades de biomassa queimada em campo, (IPARDES, 2021), a fração estadual de cana de açúcar colhida manualmente e a



relação estadual de palhiço e colmo (MCTI, 2020). Esta atividade também é responsável pela emissão de metano (CH_4).

O cultivo irrigado de arroz no estado é outra fonte de emissão de metano (CH_4). Foram considerados os períodos de cultivo e as áreas municipais de cultivos irrigados, disponibilizados pela Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento (SEAB).

As atividades de Calagem e Aplicação de Ureia são responsáveis pela emissão de dióxido de carbono (CO_2) da categoria de agricultura. Para estimar as emissões da calagem foi considerado o consumo estadual aparente de calcário dolomítico disponibilizado anualmente pela Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL, 2022). As emissões da aplicação de ureia consideraram a quantidade de fertilizante nitrogenado consumido no estado do Paraná e qual a proporção de ureia deste montante. Os dados de consumo estadual foram obtidos dos anuários estatísticos da Associação Nacional para Difusão de adubos (ANDA) disponíveis na biblioteca da ESALQ.

Mais informações sobre os fatores de emissões e fórmulas aplicadas para a categoria de agricultura podem ser encontradas nos Relatórios de Referência correspondentes: Queima de Resíduo Agrícola (SIMEPAR, 2023e), Calagem (SIMEPAR, 2023f), Aplicação de Ureia (SIMEPAR, 2023g), Solos manejados (SIMEPAR, 2023h) e Cultivo de Arroz (SIMEPAR, 2023i).

1.1.4 Setor Saneamento e Resíduo

As emissões provenientes do setor de resíduos foram calculadas de acordo com o volume 5 do guia metodológico do IPCC (IPCC, 2006). O inventário incluiu as emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos urbanos e do tratamento de efluentes domésticos e industriais, estimando as emissões de dióxido de carbono (CO_2) e de metano (CH_4).

Para estimar as emissões dos resíduos sólidos, foram obtidas informações de geração de lixo, composição gravimétrica e destino dos resíduos do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná (PERS, 2018) e do Plano De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos de Curitiba (PMC, 2017). Bem como os dados populacionais municipais estimados pelo IBGE entre os anos de 1995 e 2019.



Os parâmetros de atividade referentes a geração e tratamento de efluentes domésticos baseou-se nos dados do Atlas de Esgoto: Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2022), na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017 (IBGE, 2017) e nas características das emissões das estações de tratamento de esgoto estaduais da SANEPAR (FILIPPINI, WAIS e LOPARDO, 2018 e SANEPAR, 2022).

As emissões de efluentes industriais não foram levantadas nem da incineração de resíduos hospitalares.

Para maior esclarecimento quanto aos fatores de emissões e fórmulas aplicadas para esses setores podem ser consultados nos Relatórios de Referência de Resíduos Sólidos (SIMEPAR, 2023j) e efluentes (SIMEPAR, 2023k).

1.2 PROCESSO DE INFORMAÇÕES

O processamento das informações das atividades emissoras e o cálculo das emissões ocorreu a partir da aplicação sistemática de ferramentas computacionais que permitiram a organização, integração, compartilhamento e visualização dos resultados. Uma vez que a proposta do segundo inventário estadual foi inventariar as emissões em nível estadual e municipal, toda a preparação da base de dados das emissões de GEE foi realizada a partir da organização dos dados para os 399 municípios do Estado.

A primeira etapa compreende a obtenção e tabulação dos dados das atividades emissoras de acordo com o afunilamento de critérios para a alocação das emissões, seguindo os seguintes níveis hierárquicos: setor, subsetor, atividade e subatividade.

A segunda etapa consiste no cálculo das emissões, seja a partir da construção de códigos em Python, ou ainda com o uso de ferramentas disponíveis nas planilhas no Google Sheet. Este procedimento permite a obtenção das emissões de maneira mais eficiente por meio da preparação sistemática dos dados de entrada, exclusão de outlier e dados duplicados, e finalmente realização do cálculo das emissões com base nas fórmulas da metodologia proposta pelo IPCC (2006).

Desta forma, cada atividade tem como produto um arquivo CSV com todos os municípios e suas respectivas emissões para o período entre 2005 e 2019. A terceira etapa refere-se à escrita dos respectivos relatórios de referência de cada subsetor, incluindo a descrição metodológica e os resultados dos cálculos das emissões.



Posteriormente, na quarta etapa do processo de gerenciar os dados, todos os arquivos salvos em formato CSV foram incorporados em um banco de dados organizado e sistematizado das informações, considerando as especificidades nos cálculos de emissão de cada atividade. Nesta etapa (Armazenamento Sistematizado de Informações), foi necessário organizar sistematicamente todos os setores, subsetores, atividades e subatividades considerando também qual o tipo de gás emitido e sua unidade. A etapa 5 compreende mais especificamente as etapas de compartilhamento e visualização dos resultados, garantindo que seja viável uma visualização interativa e comunicativa os dados de emissão foram plotados como dashboard em webpage com o uso do Django framework. Por fim os relatórios de referência foram salvos em formato pdf e disponibilizados digitalmente. A Figura 3 apresenta um resumo das etapas do gerenciamento de dados.

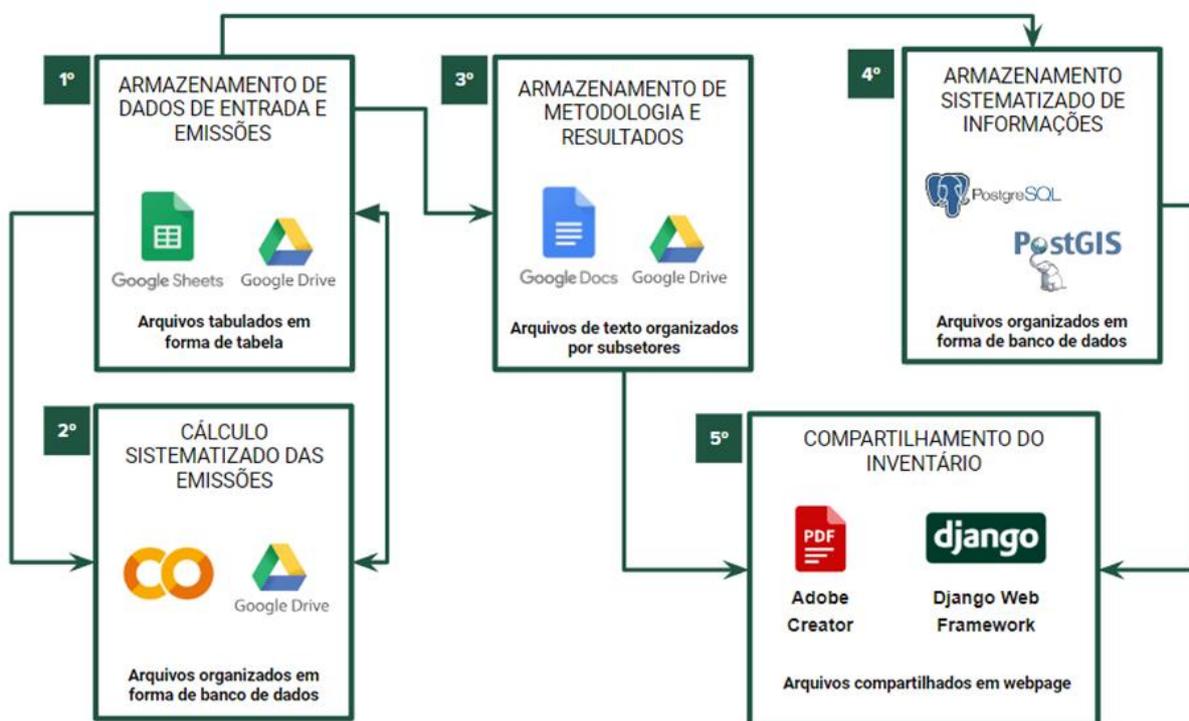


Figura 3 - Fluxograma das etapas e serviços aplicados na elaboração do inventário.

1.3 MÉTRICA GTP E GWP

Para a comparação de diferentes GEE é preciso usar métricas de comparação de emissões, como o Potencial de Aquecimento Global (GWP) e o Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP).



A métrica que tem sido usada em políticas é o GWP, que calcula a capacidade de cada GEE de reter energia na atmosfera (W/m^2) ao longo de um tempo de referência comparado ao CO_2 , geralmente 100 anos (SMITH et al., 2021). O GWP mudou ao longo do tempo conforme a Tabela 2 abaixo e inventários mais antigos utilizaram valores diferentes.

Neste inventário utilizou-se o GWP do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC - AR6 (SMITH et al., 2021) para apresentar os resultados em termos de CO_2 equivalente - CO_{2eq} .

Tabela 2 - Global Warming Potential (GWP) para período de 100 anos.

Substâncias	FAR ^a (1990)	SAR ^a (1995)	TAR ^a (2001)	AR4 ^a (2007)	AR5 ^a (2014)	AR6 ^b (2021)
Dióxido de carbono (CO_2)	1	1	1	1	1	1
Metano (CH_4)	21	21	23	25	28	29,8 ^d 27,2 ^e
Óxido nitroso (N_2O)	290	310	296	298	265	273
Tetrafluoretano ^c (HFC-134a)	1.200	1.300	1.300	1.430	1.300	1.530
Hexafluoreto de enxofre (SF_6)	-	23.900	22.200	22.800	23.500	24.300

^a Fonte: <https://pre-sustainability.com/articles/updated-carbon-footprint-calculation-factors/>

^b Fonte: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks and Climate Sensitivity Supplementary Material, Capítulo 7, Tabela 7.SM.7, IPCC, 2021.

^c hidrofluorcarboneto mais significativo nas emissões nacionais do setor industrial dentre os gases fluorados (89%)

^d metano de origem fóssil - ^e metano de origem não fóssil.

Uma das críticas ao GWP é que ele tende a supervalorizar as emissões relativas de gases de efeito estufa de curta duração, como o metano, em comparação com gases de efeito estufa de longa duração, como o dióxido de carbono (CO_2). Isso leva a uma percepção de que as emissões de combustíveis fósseis, que são responsáveis pela maior parte das emissões de GEE, são relativamente menos prejudiciais em termos de aquecimento global, em comparação com as emissões de metano.

O GTP é a outra métrica de comparação de GEE reconhecida pelo IPCC que calcula a mudança na temperatura média global da superfície em um ponto no tempo da substância em questão em relação à do CO_2 .

O Brasil defende o uso do Potencial de Temperatura Global (GTP) para a comparação dos gases de efeito estufa. Como essa métrica mede o potencial de



temperatura, ela é o próprio aquecimento global em termos de temperatura. Isto é relevante para países e estados que possuem emissões de metano altas, como é o caso do Brasil e do estado do Paraná. O GTP também mudou ao longo do tempo conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Potencial de Aquecimento Global (GTP) para período de 100 anos.

Substâncias	AR5 ^a (2014)	AR6 ^b (2021)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	1
Metano (CH ₄)	4	5,38
Óxido nitroso (N ₂ O)	234	233
Tetrafluoretano ^c (HFC-134a)	201	306
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	28.215	28.800

^a Fonte: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing Supplementary Material, Supplementary Material, Capítulo 8, Tabela 8. SM.17, IPCC, 2014.

^b Fonte: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks and Climate Sensitivity Supplementary Material, Capítulo 7, Tabela 7.SM.7, IPCC, 2021.



3. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMISSÕES

O Brasil é um dos maiores países do mundo em termos de população, extensão territorial, Produto Interno Bruto e emissões de GEE.

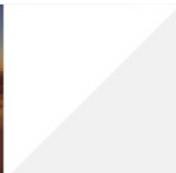
Utilizando a métrica do GWP (Cabe destacar que as emissões relativas por gás e setor mudam consideravelmente utilizando outras métricas de comparação, como o GTP que será discutido no subitem GTPxGWP). O Brasil advoga o uso do GTP, conforme será explicado posteriormente neste relatório, a principal causa das emissões de GEE no mundo é o setor de energia (75%) (Climate Watch, 2022). Entretanto, no Brasil o setor AFOLU emite mais da metade dos GEE, cerca de 65%, o qual inclui principalmente a mudança no uso do solo, além das atividades de pecuária e agricultura (MCTI, 2022). O setor de energia no Brasil emite cerca de 24% e os setores de resíduos e processos industriais somam 10% das emissões totais do país em 2019 (MCTI, 2022).

No estado do Paraná não é muito diferente, o setor AFOLU representa cerca de 54% das emissões de GEE, entretanto a maior contribuição do setor é proveniente das atividades pecuárias e não da mudança do uso do solo. O setor de energia também tem grande contribuição nas emissões do estado (36%).

Para contextualizar a influência das emissões estaduais nas emissões nacionais, foram comparadas as estimativas do ano de 2019 do 2INVPR com as emissões reportadas no 6o Relatório Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (MCTI, 2022).

No total, o estado do Paraná representou aproximadamente 4% das emissões nacionais de 1.712.485 Gg CO₂eq em 2019. (MCTI, 2022) As maiores contribuições estaduais foram no setor de energia e pecuária, contribuindo com aproximadamente 6% em cada um dos setores nacionais. Estes setores tiveram emissões nacionais estimadas em 411.280 Gg CO₂eq e 295.449 Gg CO₂eq respectivamente.

As atividades estaduais de agricultura contribuíram em 5% das emissões nacionais de 251.769 Gg CO₂eq, as emissões do Paraná nos setores de resíduos e processos industriais representam pouco mais de 3% em cada setor, que nacionalmente resultaram na emissão de 88.514 Gg CO₂eq e 101.764 Gg CO₂eq respectivamente.



Em relação ao maior setor emissor do Brasil, a mudança no uso do solo atingiu emissões de 563.709 Gg CO₂eq, representando 33% das emissões nacionais, onde o estado do Paraná representa pouco mais de 1% destas emissões do Brasil. O Gráfico 1 apresenta as emissões totais setoriais nacionais e estaduais para o ano de 2019.

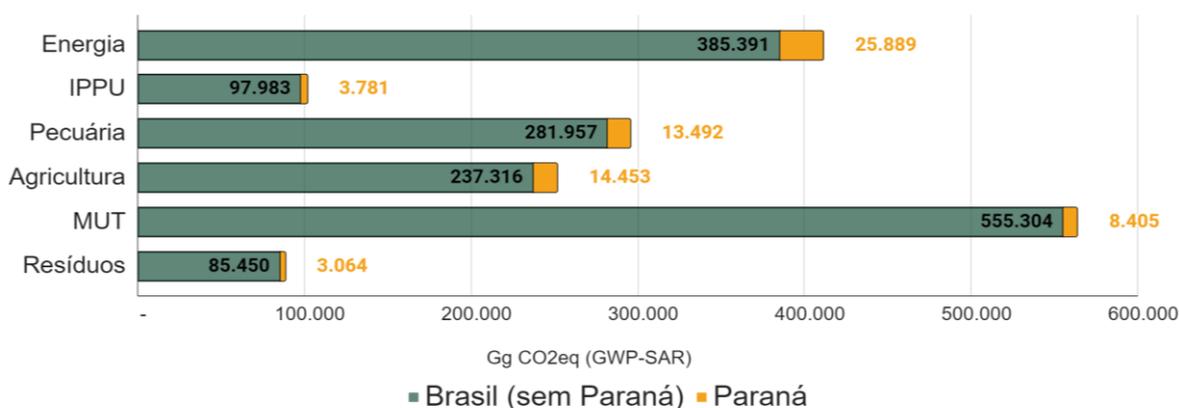


Gráfico 1 - Emissões de GEE do Brasil (sem Paraná) e do Paraná em 2019

1.4 EMISSÕES POR GÁS

Considerando o GWP as emissões do Paraná foram 55% de CO₂, 30% de CH₄ e 15% de N₂O no período de 2005 a 2019. Entretanto, o Brasil defende o uso de outra métrica para a comparação dos gases que é apresentada no Gráfico 2.

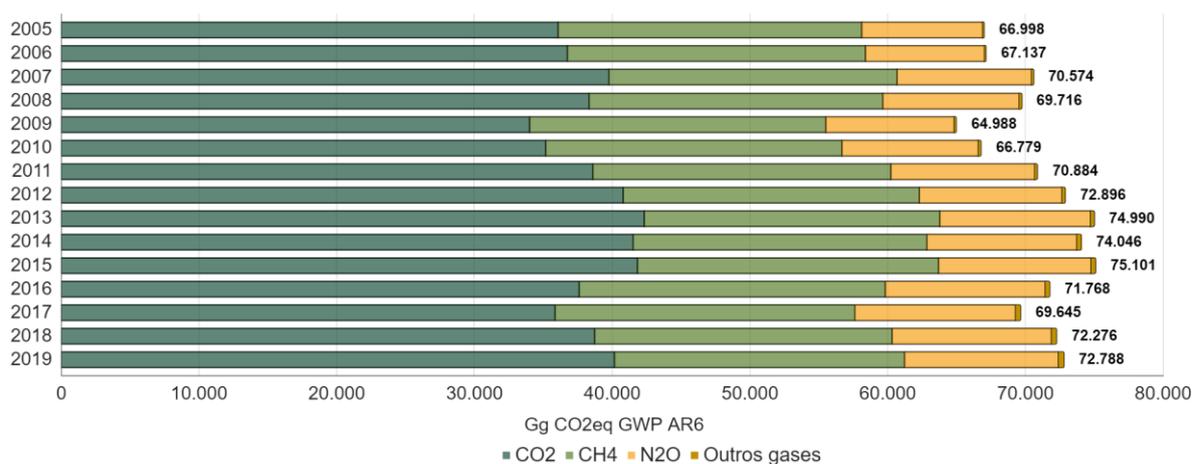


Gráfico 2 - Infográfico de emissões de GEE do Paraná pelo GWP.

O Gráfico 3 apresenta a emissão dos 3 principais GEE utilizando a métrica do GWP e GTP. Conclui-se que a emissão total varia expressivamente de 72.000 Gg CO₂eq para 54.000 Gg CO₂eq, e a contribuição relativa do CH₄ diminuiu de 29% para



7%, respectivamente. Considerando a métrica do GTP, as emissões do Paraná foram 75% de CO₂, 17% de N₂O e 7,5% de CH₄ em 2019 (Gráfico 4).

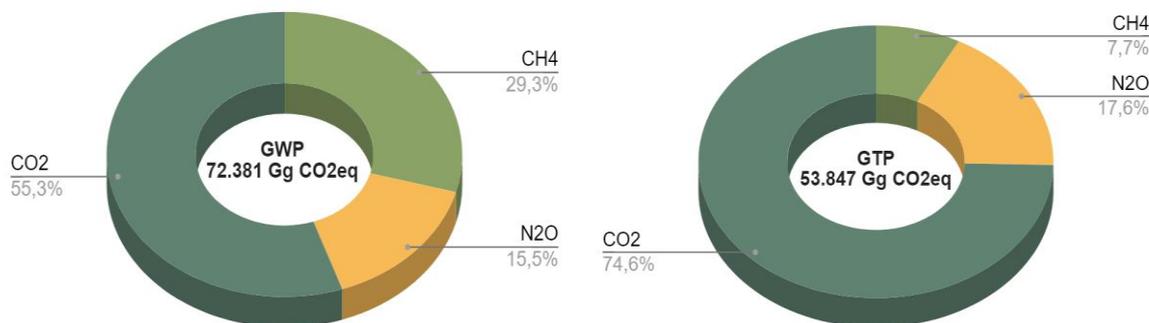


Gráfico 3 - Infográfico das emissões relativas de GEE pelo GWP e GTP.

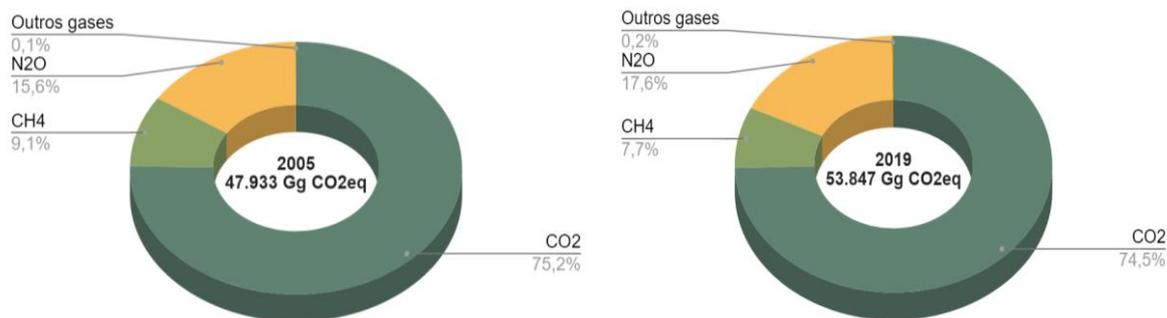
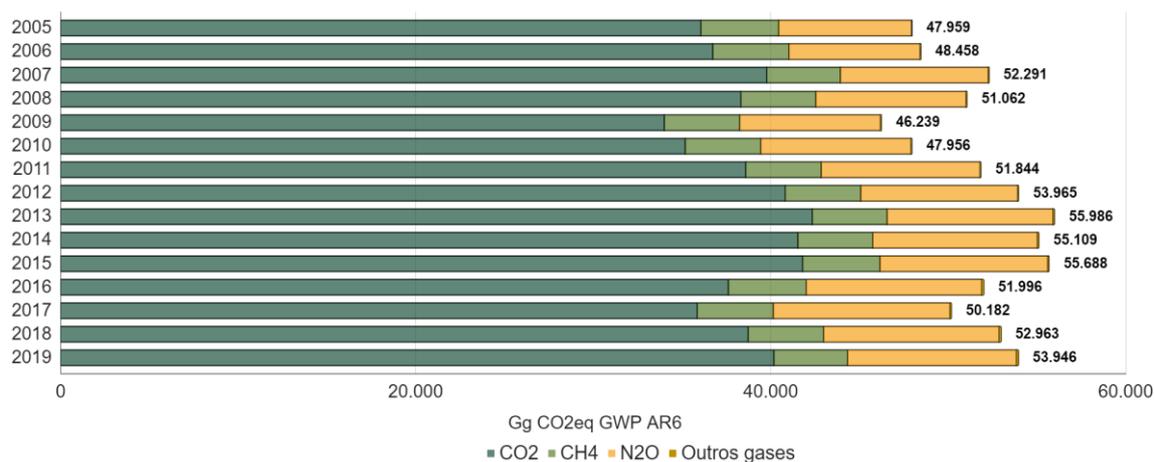


Gráfico 4 - Infográfico de emissões de GEE do Paraná pelo GTP.

1.4.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

Ao analisar as emissões de CO₂, o setor que mais contribui é o setor de energia e as atividades de mudança no uso do solo. Os setores de processos industriais e agricultura também contribuem para a emissão deste gás. O resumo das emissões de CO₂ por setor (Gráfico 5).



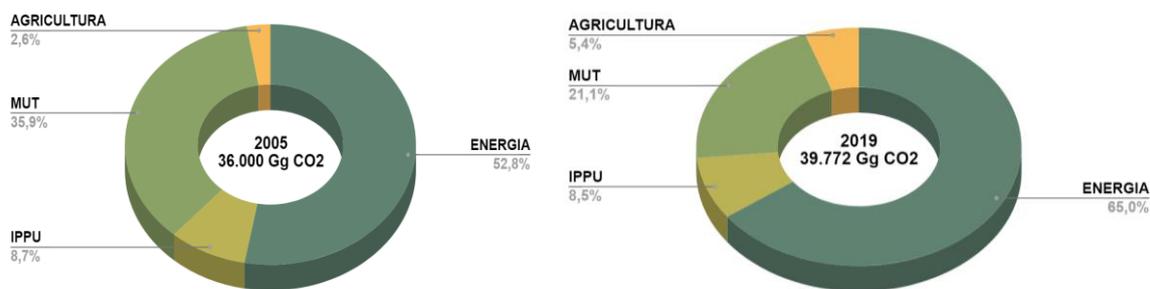
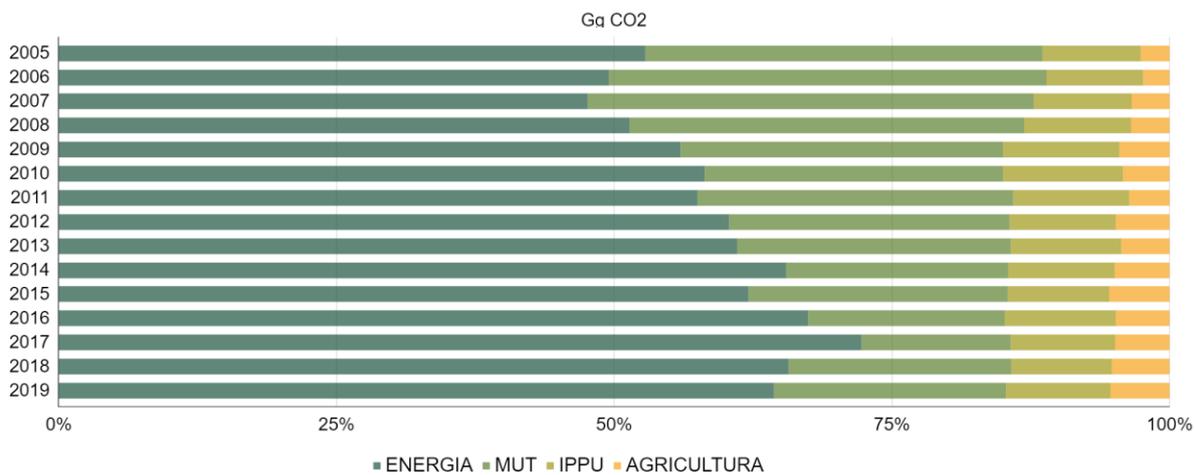
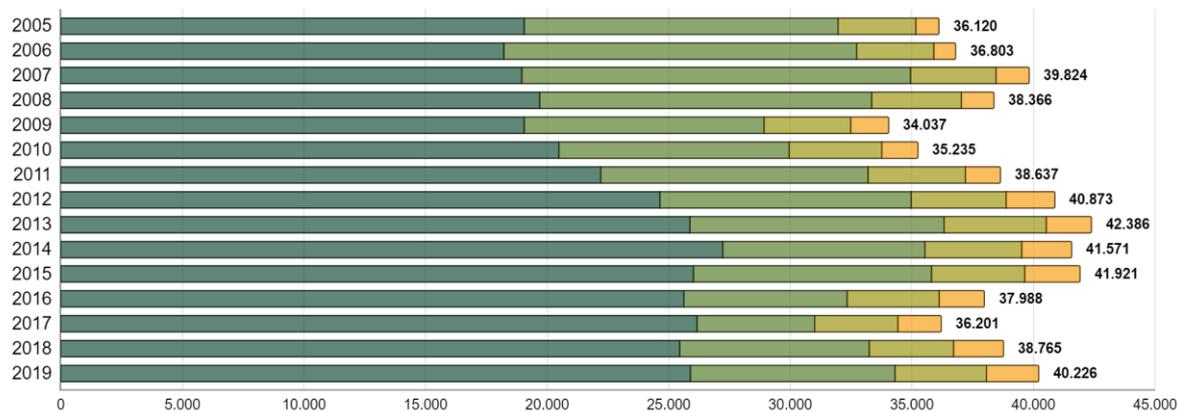


Gráfico 5 - Infográfico das emissões de CO₂ do Paraná.

1.4.2 Metano (CH₄)

As atividades de pecuária do setor AFOLU são as que mais contribuem para as emissões de CH₄, seguido pelo setor de resíduos e menos significativamente pelas atividades de agricultura. O resumo das emissões de CH₄ por setor (Gráfico 6).



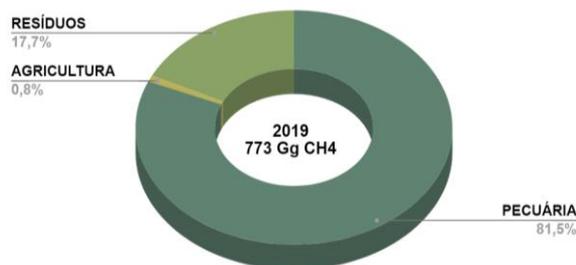
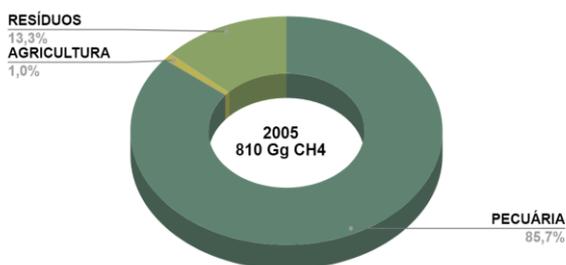
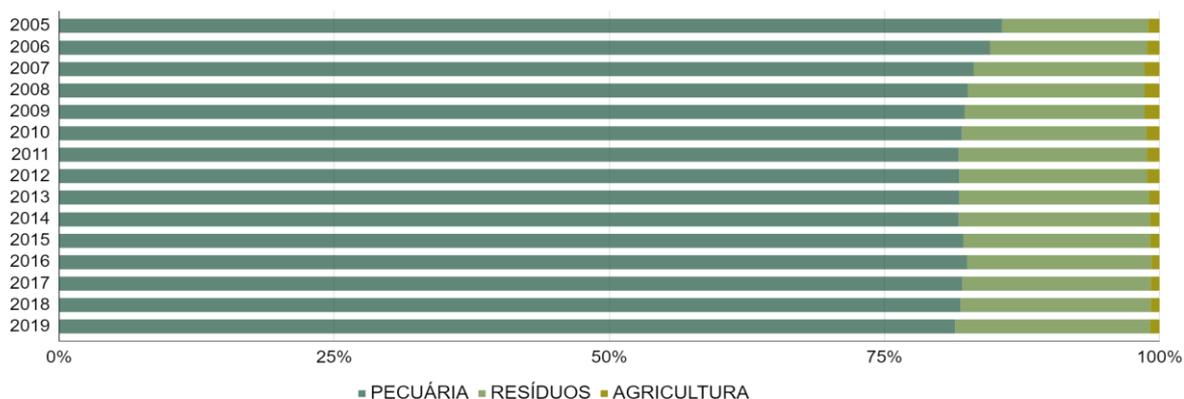
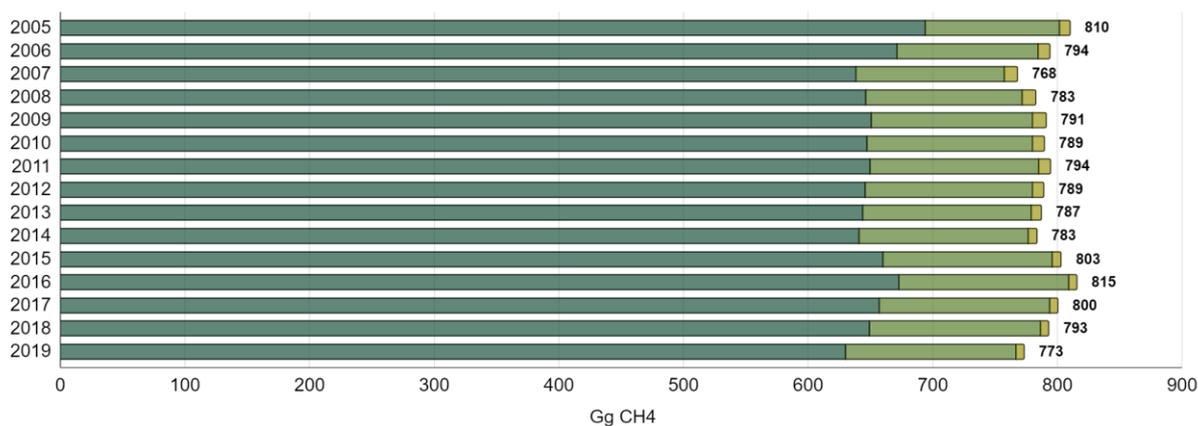


Gráfico 6 - Infográfico das emissões de CH₄ do Paraná.

1.4.3 Óxido Nitroso (N₂O)

Ao analisar as emissões de N₂O o setor majoritário é a agricultura, que contempla as atividades de manejo de solo. A pecuária tem uma pequena participação como manejo de dejetos de animais confinados. O resumo das emissões de N₂O por setor (Gráfico 7).



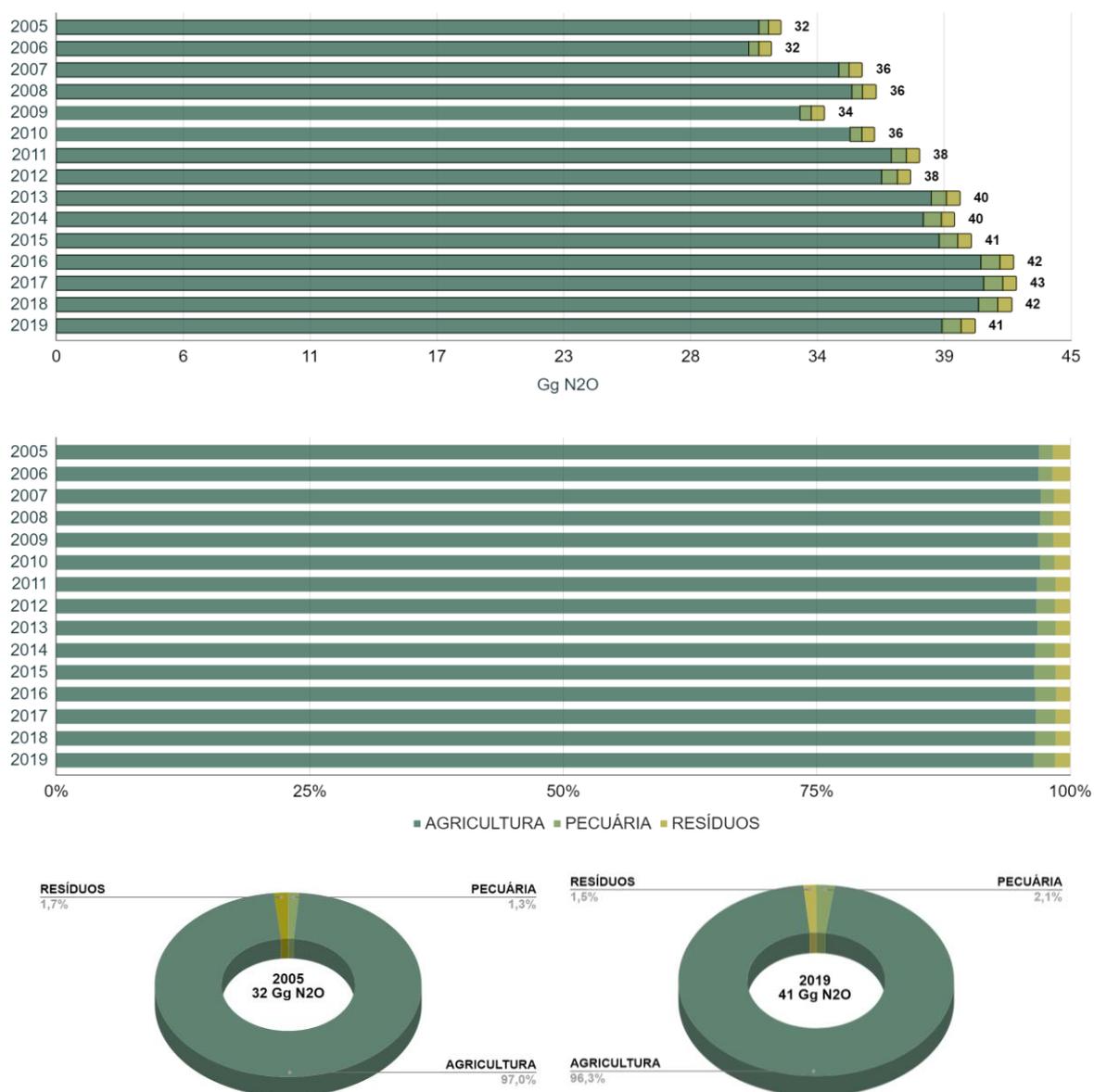


Gráfico 7 - Infográfico das emissões de N₂O do Paraná.

1.4.4 Outros Gases

Além destes principais gases, também são incluídas as emissões de HFC's e SF₆, porém suas contribuições no total estadual são irrisórias quando comparadas às emissões de CO₂, CH₄ e N₂O. Desta forma, as emissões desses outros gases foram incorporadas nas emissões de CO₂ a partir da conversão em CO₂eq de acordo com o GWP do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (Smith, 2021). O resumo das emissões de outros gases (Gráfico 8).



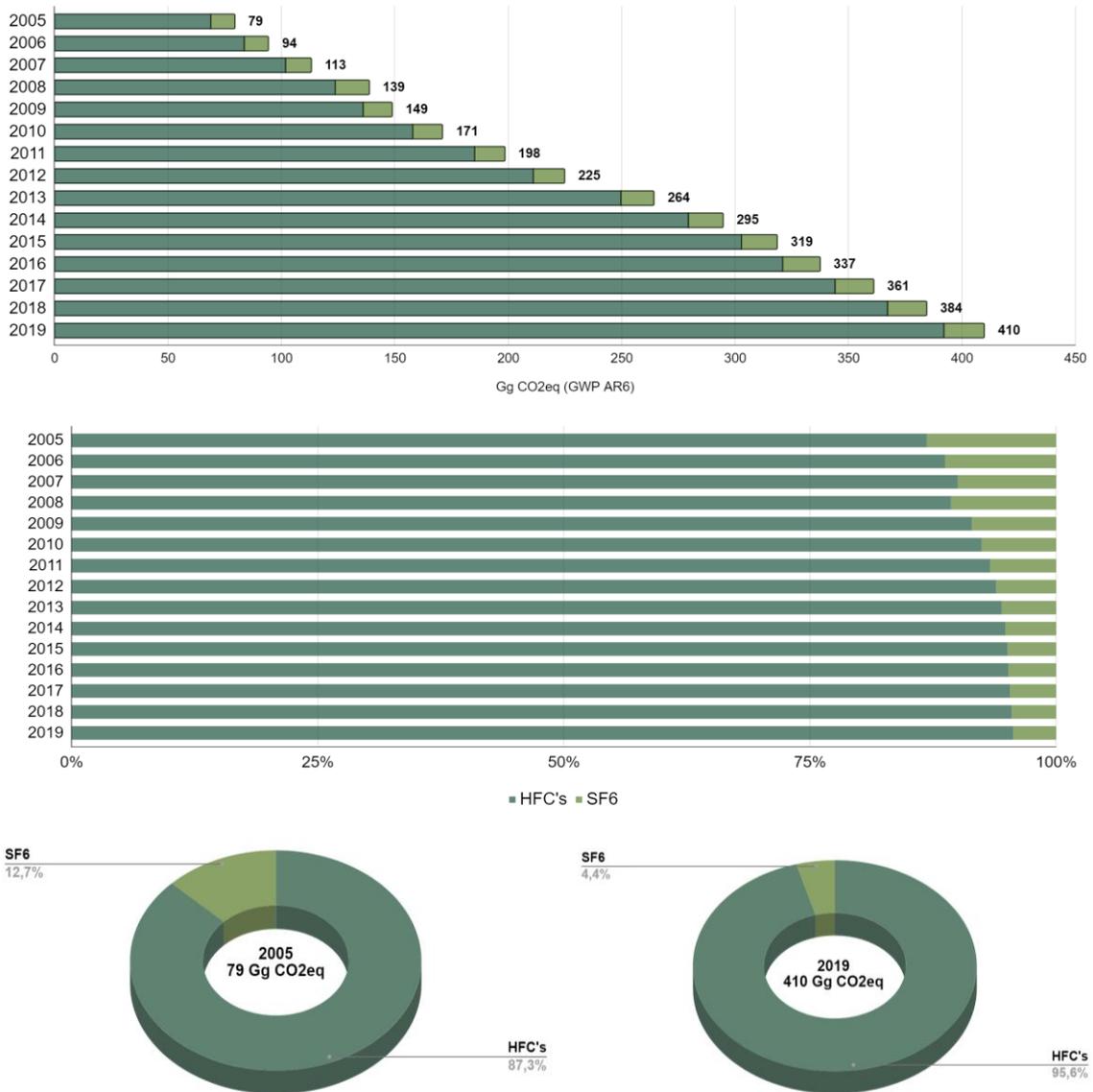


Gráfico 8 - Infográfico das emissões de outros gases do Paraná.



4. EMISSÕES POR SETOR

Este capítulo fornece uma visão detalhada das emissões de GEE em cada setor e identifica as principais fontes de emissão no estado do Paraná.

As emissões estaduais entre os anos de 2005 e 2019 tiveram um aumento de 8%, passando de aproximadamente 66.922 para 72.381 Gg CO₂eq. As maiores emissões ocorreram no ano de 2015 atingindo 74.842 Gg CO₂eq e o menor registro foi no ano de 2009 com emissões totais de 64.843 Gg CO₂eq.

O setor de agropecuária, florestas e outros usos da terra (AFOLU) é o setor que mais contribuiu para as emissões de gases de efeito estufa, cerca de 54% das emissões de GEE em 2019, principalmente na pecuária, aplicação de fertilizantes, queima de biomassa e conversão da floresta em terras agrícolas.

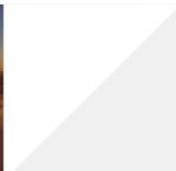
O setor de energia é o segundo setor que mais contribuiu para as emissões de gases de efeito estufa, cerca de 36% em 2019, com expectativa de elevadas taxas de crescimento com o desenvolvimento econômico do Paraná. As emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis, como diesel, gasolina, gás natural e GLP foram responsáveis por mais de 80% das emissões de GEE.

O setor de processos industriais e uso de produtos (IPPU) contribuiu com cerca de 6% em 2019, principalmente na produção de cimento, cal, aço, amônia e metanol. Outras emissões ocorreram em menor escala na utilização de refrigeradores e ar-condicionado.

O setor de saneamento e resíduos foi responsável por cerca de 5% das emissões em 2019 decorrente da disposição de resíduos sólidos e geração de efluentes líquidos.

É importante entender que as emissões de gases de efeito estufa variam de acordo com a região e as atividades predominantes. Portanto, as emissões de cada setor foram também analisadas municipalmente para que medidas de redução possam ser desenvolvidas de forma mais eficiente.

O setor de AFOLU envolve três atividades fundamentalmente diferentes, portanto para uma análise mais detalhada optou-se por apresentar as emissões em Agricultura, Pecuária e Mudança do Uso da Terra (MUT). Essa subdivisão permite identificar as principais fontes de emissões em cada uma dessas atividades,



forneendo informações detalhadas para a elaboração de planos de mitigação no estado.

Considerando esta subdivisão do setor de AFOLU, conclui-se que o setor de energia e as atividades de pecuária somam mais de 50% das emissões estaduais em todos os anos inventariados, com contribuições de 57% em 2005 e 60% em 2019. Para o mesmo período, as atividades de MUT tiveram uma redução de aproximadamente 8% na participação estadual, e as atividades de agricultura sofreram um aumento de 3%, ultrapassando as emissões de MUT no ano de 2019. Já os setores de processos industriais e resíduos se mantiveram praticamente estáveis com aumentos menores que 1% entre os anos de 2005 e 2019. O Gráfico 9 apresenta a variação das emissões setoriais ao longo dos anos inventariados.

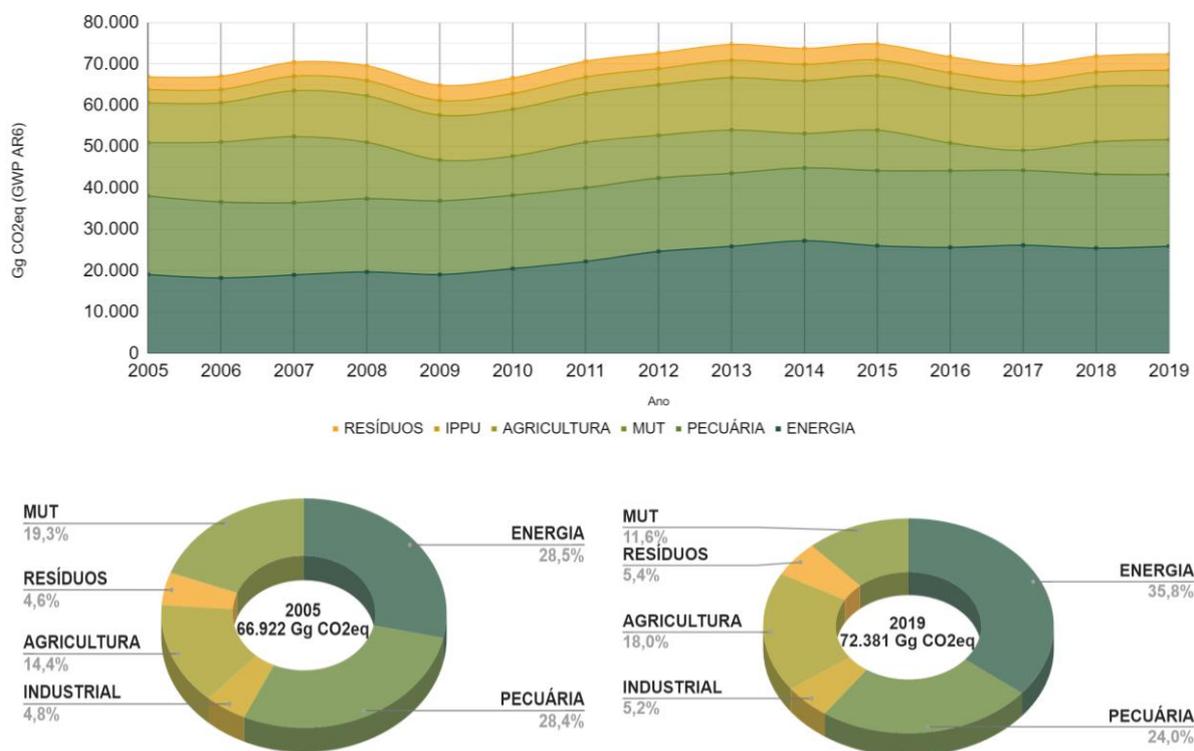


Gráfico 9 - Infográfico das emissões setoriais do Paraná.

1.5 SETOR ENERGIA

As emissões estaduais do setor de energia no ano de 2019 totalizaram 25.900 Gg CO₂eq, representando cerca de 36% do total das emissões anuais do estado. As emissões sofreram um aumento de cerca de 30% entre 2005 e 2012, e de 5% entre 2012 e 2019. As emissões sofreram um aumento de 36% para todo o período



inventariado de 2005 a 2019. O setor de energia é composto pelos subsetores de queima de combustível e emissões fugitivas.

A queima de combustível inclui todas as atividades para transporte, geração de calor e de energia elétrica, enquanto as emissões fugitivas estão diretamente relacionadas ao refino de petróleo no Paraná e serão apresentadas especificamente em um subitem. O Gráfico 10 resume as emissões da queima de combustível e fugitivas que corresponderam por cerca de 95% e 5 % das emissões do setor.

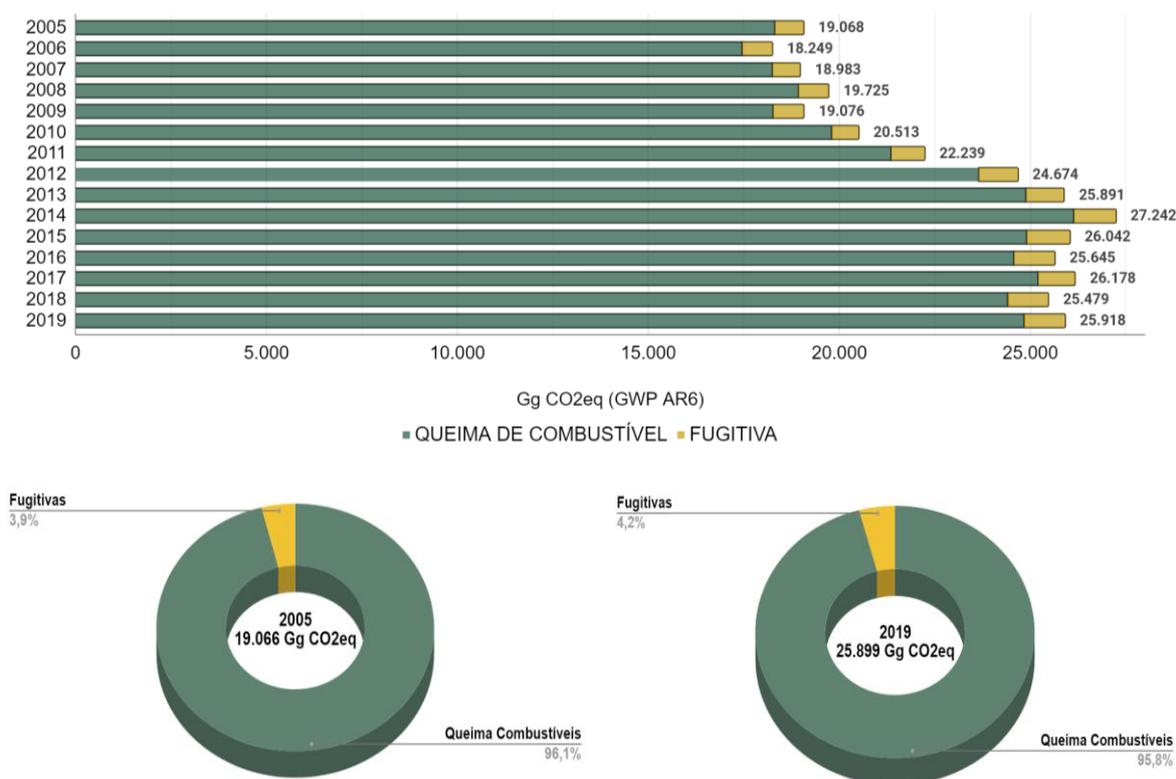


Gráfico 10 - Infográfico das emissões do setor de energia.

No setor de energia a maior emissão é do gás CO₂, as emissões de CH₄ e N₂O que ocorrem na combustão incompleta do uso de combustíveis líquidos e no refino de petróleo são pouco significativas representando 0,17% do total das emissões do setor. A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com maior emissão no setor. O Gráfico 11 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.



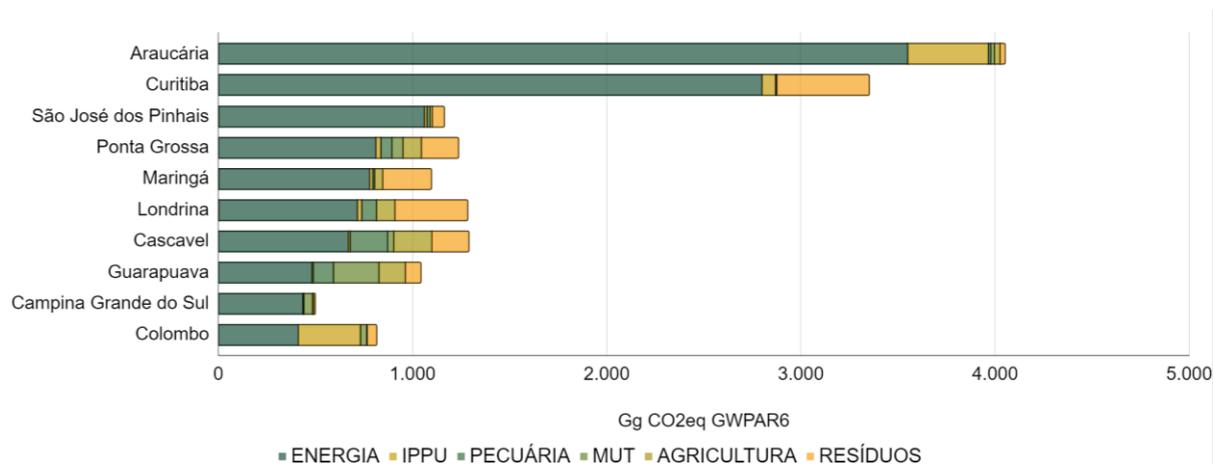
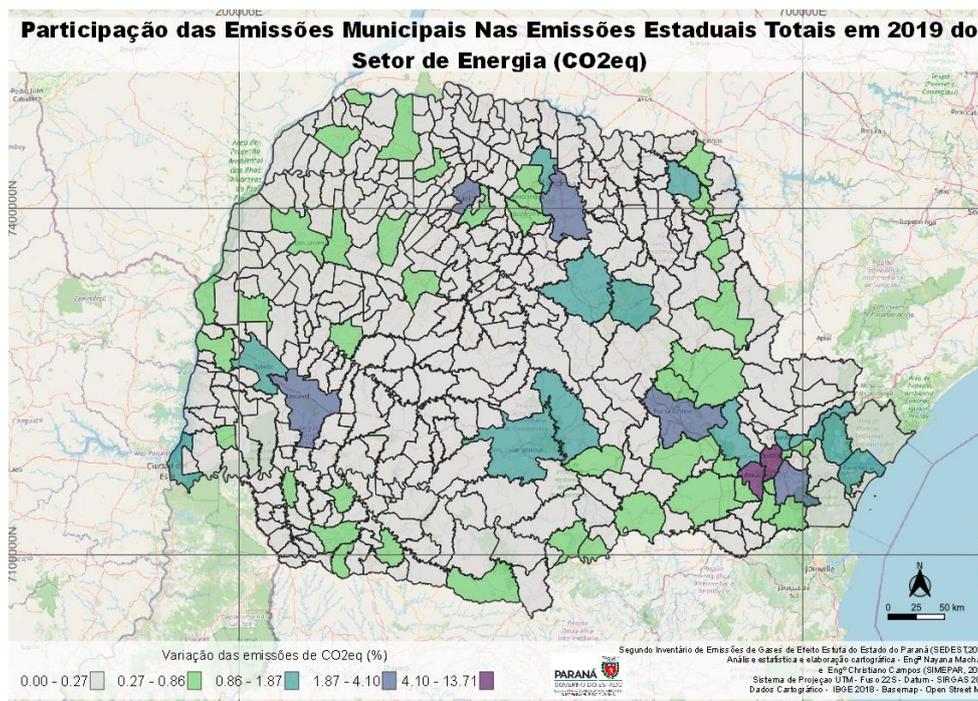


Gráfico 11 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões do setor de energia no ano de 2019.

Avaliando as emissões municipais conclui-se que Araucária representa 14% das emissões estaduais do setor de energia, pois além de contemplar os consumos de combustíveis também aloca as emissões do refino de petróleo, que representam 73% do total do município (Mapa 1). Ao analisar as fontes de emissões, excluindo as emissões do refino de petróleo, o município de Araucária emitiu cerca de 932 Gg CO₂, passando a ser o terceiro maior emissor e não mais o primeiro, tornando Curitiba o maior emissor de CO₂. Na sequência dos outros municípios emissores são visíveis a relação do consumo de combustíveis e o tamanho das populações municipais. Os 10 municípios com as maiores emissões somam 13.978 Gg CO₂ representando 45% das emissões totais do Paraná.





Mapa 1 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de energia em 2019

1.5.1 Queima de Combustíveis

As emissões da queima de combustível representam 95% das emissões do setor de energia e 35% das emissões estaduais. Ocorrem majoritariamente nas atividades de transporte, mais especificamente no transporte rodoviário. A geração termelétrica a gás natural também é contemplada neste subsetor.

Ao analisar o consumo dos diferentes combustíveis, o diesel é responsável por mais da metade das emissões estaduais provenientes da queima de combustíveis, no ano de 2019 foram emitidos 14.752 Gg CO₂. Este combustível também apresenta o maior crescimento nas emissões entre os anos de 2005 e 2019 (58%). A segunda maior emissão em 2019 foi 5.612 Gg CO₂ proveniente da combustão da gasolina, que sofreu um aumento de 45% entre 2005 e 2019. O terceiro combustível com maiores emissões é o GLP que atende à demanda residencial de energia e emitiu 1.532 Gg CO₂ em 2019. Este combustível representa 6% das emissões de queima de combustível e sofreu um aumento de 17% entre os anos de 2005 e 2019. O Gráfico 12 apresenta as variações anuais das emissões por tipo de combustível, sendo a classificação 'outros' as emissões referentes ao consumo de querosene de aviação, gasolina de aviação e querosene iluminante que são menos significativas (0,08%).



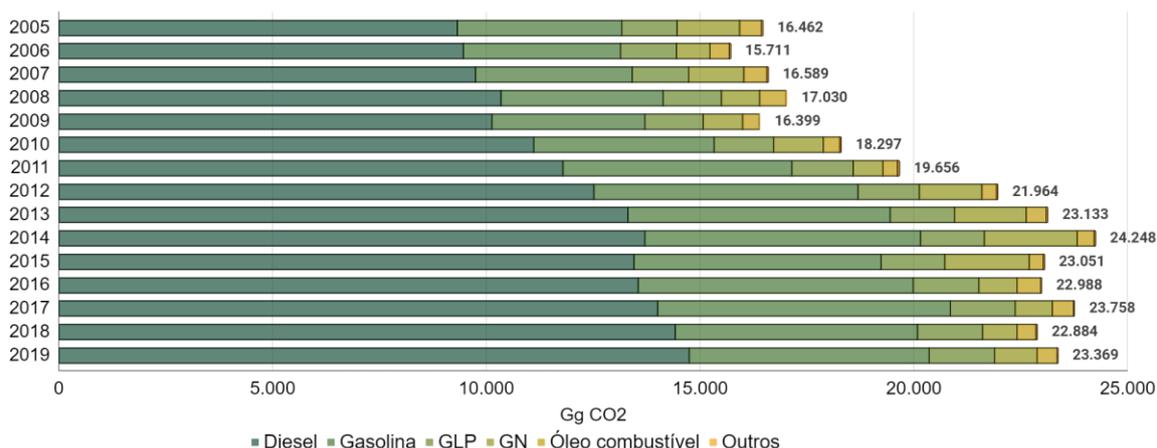


Gráfico 12 - Emissões anuais por combustível.

1.5.2 Emissões Refino

As emissões do refino de petróleo incluem tanto as emissões diretas da queima de combustível quanto as emissões fugitivas. A atividade de refino representa 10% das emissões do setor de energia, sendo 7% proveniente da queima de combustíveis para o processamento do petróleo e 3% referente às emissões fugitivas. O refino é responsável por 4% do total emitido no estado. No ano de 2019, o refino de petróleo gerou a emissão de 2.548 Gg CO₂, sendo 1.471 Gg CO₂ referentes ao processamento do petróleo (58%) e 1.078 Gg CO₂ referente às emissões fugitivas (42%).

As emissões provenientes do refino de petróleo apresentaram uma redução de aproximadamente 20% ao comparar os valores entre os anos de 2005 e 2019. Entretanto vale observar que as emissões não variam linearmente durante o período inventariado. Como a refinaria está localizada no município de Araucária estas emissões foram todas alocadas em um único município, tornando-o o maior emissor do estado. O Gráfico 13 apresenta as variações anuais das emissões do refino, categorizando as emissões do processamento de petróleo e as emissões fugitivas.



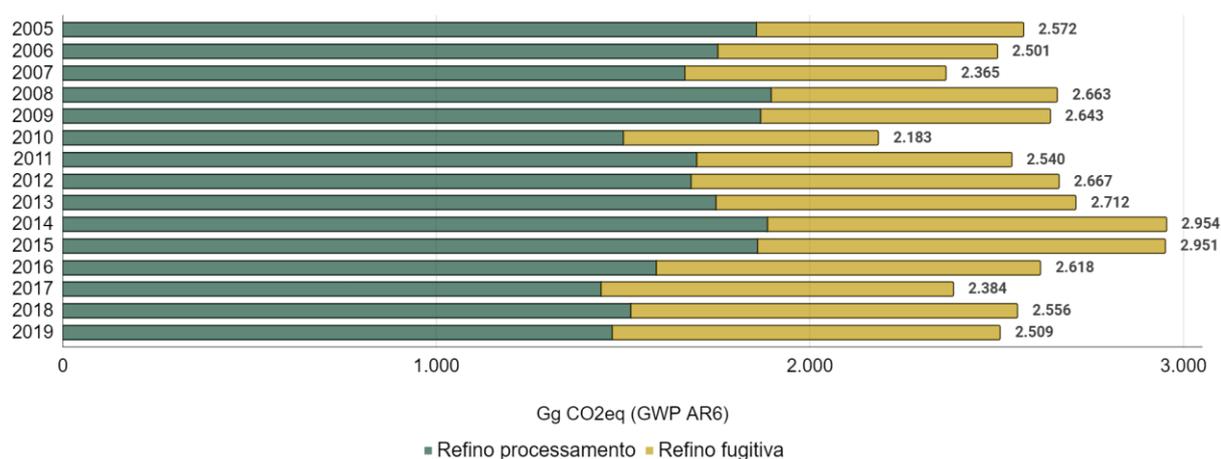


Gráfico 13 - Emissões anuais do refino.

1.6 SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (IPPU)

As emissões estaduais do setor IPPU totalizaram 3.781 Gg CO₂eq em 2019, representando cerca de 6% do total das emissões anuais do estado. No período entre 2005 e 2012 as emissões sofreram um aumento de aproximadamente 22%, e entre os anos de 2012 e 2019 as emissões reduziram em cerca de 2%. Para o período entre 2005 e 2019 as emissões aumentaram em 20%.

O setor IPPU é setorizado de acordo com as características das produções industriais e se subdivide em: mineral, química, siderúrgica, e fabricação e uso de outros produtos.

Em 2019 as maiores emissões do IPPU foram provenientes das produções do setor mineral (77%), com a produção de cimento e cal, do uso de gases fluorados (12%) e do setor químico (11%), com a produção de amônia e metanol. Quanto à produção de aço e fabricação e uso de outros produtos, quando somadas representaram menos de 1% das emissões do IPPU. No setor de IPPU o gás CO₂ tem a maior parcela das emissões, aproximadamente 94%, seguido dos HFC's (6%) e do SF₆ que representa menos de 1% das emissões estaduais do setor IPPU. O Gráfico 14 resume as emissões industriais evidenciando os tipos de produções em cada setor industrial.



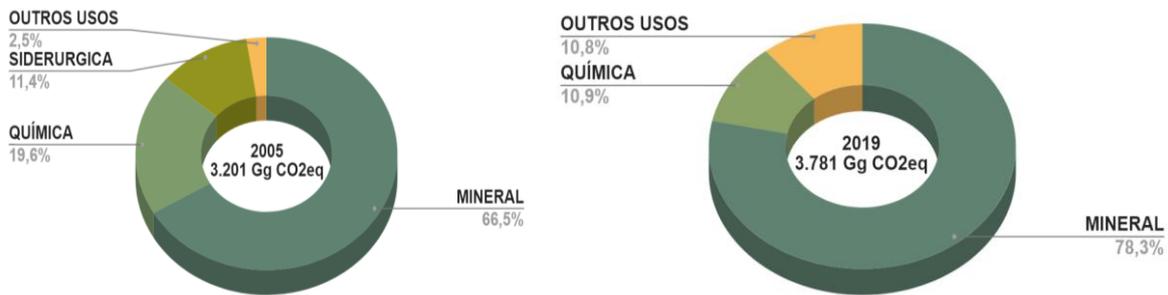
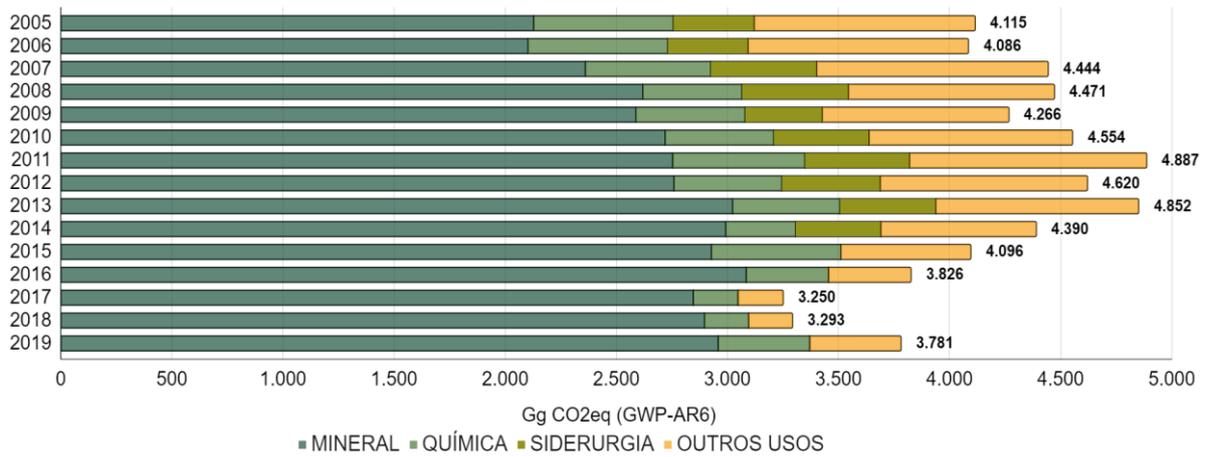


Gráfico 14 - Infográfico das emissões do setor de IPPU.

A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com maior emissão no setor. O Gráfico 15 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.

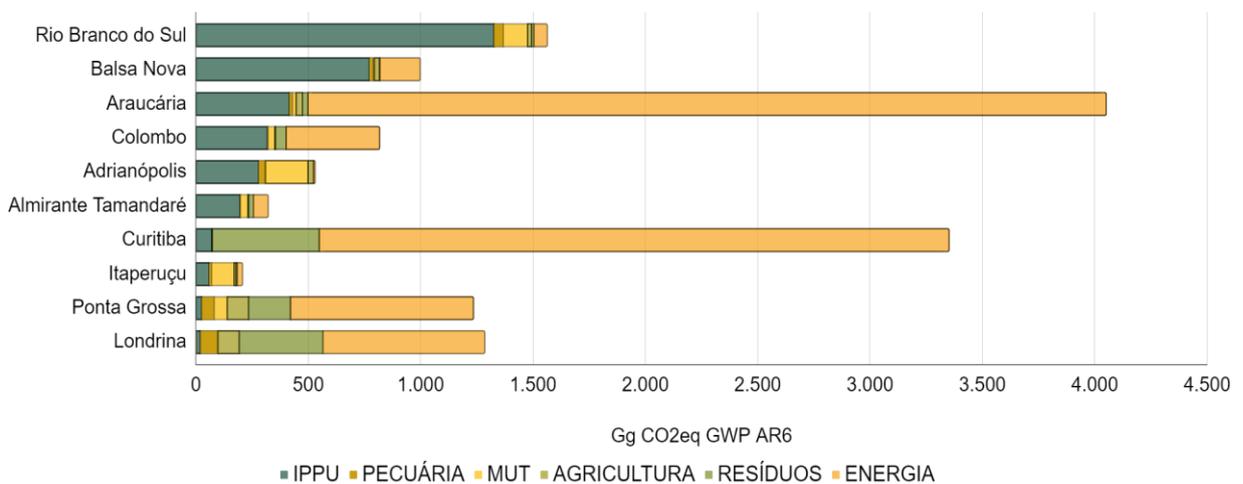
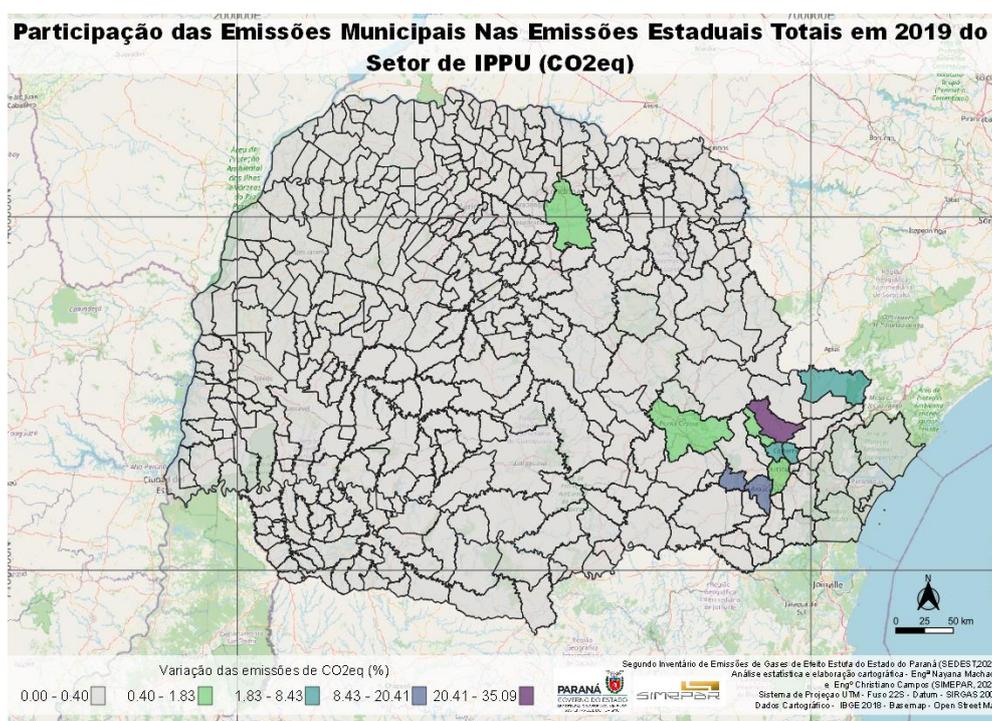


Gráfico 15 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões no setor de IPPU em 2019.

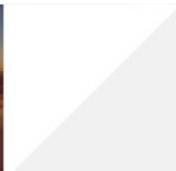


Avaliando as emissões municipais nota-se que os municípios com maiores emissões são aqueles que aloca as produções de cimento, cal e amônia (Mapa 2). Os 10 municípios com as maiores emissões somam 3.481 Gg CO₂ (92% das emissões do IPPU). O primeiro é Rio Branco do Sul, que representou 35% das emissões estaduais do setor IPPU em 2019. Este município aloca tanto a produção de cimento (92% das emissões municipais), quanto a produção de cal (8% das emissões municipais). O segundo é Balsa Nova que representa 20% das emissões estaduais do setor IPPU e também aloca a produção de cimento. Araucária aloca a produção do setor químico e representa 11% das emissões estaduais do setor IPPU.

Lembrando que além das emissões dessas produções industriais foi alocado em todos os municípios as emissões do uso de gases fluorados e da fabricação e uso de outros produtos, a partir das proporções populacionais de cada município com base na emissão per capita extraída das emissões nacionais. Isso justifica o aparecimento de municípios que não são polos industriais, porém tem um número significativo de habitantes como Curitiba e Londrina.



Mapa 2 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de IPPU em 2019.



1.6.1 Indústria mineral

As emissões da indústria mineral representaram 77% das emissões do setor IPPU e 4% das emissões totais estaduais no ano de 2019, foram identificadas as produções de cimento e a produção de cal.

A produção de cimento é responsável por 77% das emissões da indústria mineral, onde no ano de 2019 foram emitidos 2.276 Gg CO₂, representando 59% das emissões do setor IPPU. Entre os anos de 2005 e 2019 (46%) houve um crescimento nas emissões devido ao aumento do parque industrial. Estas emissões foram alocadas nos 3 municípios onde estão localizadas as fábricas de cimentos: Balsa Nova, Rio Branco do Sul e Adrianópolis, 34%, 54% e 12%, respectivamente.

A produção de cal emitiu 23% das emissões da indústria mineral (684 Gg CO₂) em 2019, o que representou 18% das emissões do setor IPPU. Em relação a variação temporal das emissões, houve um aumento de 11% ao comparar os anos de 2005 e 2019.

As emissões da produção de cal foram alocadas em sete municípios que apresentaram licenciamento para operações de calcinação no estado. No ano de 2019 a distribuição das emissões foram em: Colombo (45%), Almirante Tamandaré (28%), Rio Branco do Sul (15%), Itaperuçu (8%), Ponta Grossa (2%), Sengés (2%) e Campo Largo com menos de 1%. O Gráfico 16 apresenta as variações anuais das emissões por tipo de produção.

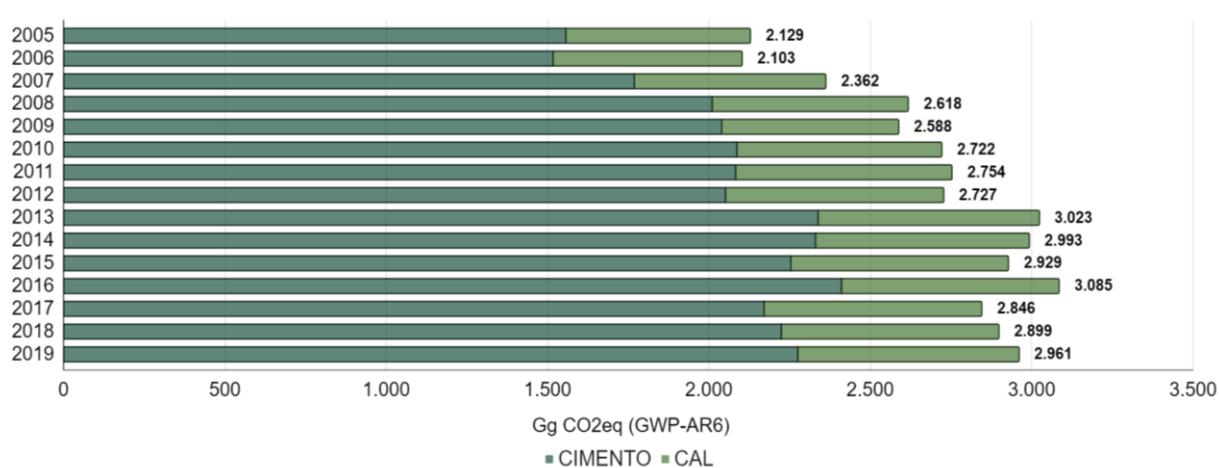


Gráfico 16 - Emissões anuais da indústria mineral.



1.6.2 Indústria química

As emissões da indústria química representaram 11% das emissões do setor IPPU, e 1% das emissões totais estaduais no ano de 2019. Considerando as características desta indústria no estado do Paraná foram identificadas as produções de amônia e metanol.

A produção de amônia é responsável pela maior parte das emissões da indústria química (99,7%), onde no ano de 2019 foram emitidos 409 Gg CO₂, representando 11% das emissões do setor IPPU. Esta produção apresentou uma redução nas emissões entre os anos de 2005 e 2019 (35%).

A produção de metanol é menos representativa nas emissões da indústria química (0,3%), onde no ano de 2019 foram emitidos 1,16 Gg CO₂, representando menos de 1% das emissões do setor IPPU. Esta produção apresentou variações ao longo dos anos inventariados e um aumento nas emissões quando comparado os anos de 2005 e 2019 (51%).

As emissões da produção de amônia e metanol foram alocadas somente no município de Araucária onde está a fábrica de fertilizantes nitrogenados. O Gráfico 17 apresenta as variações anuais das emissões por tipo de produção.

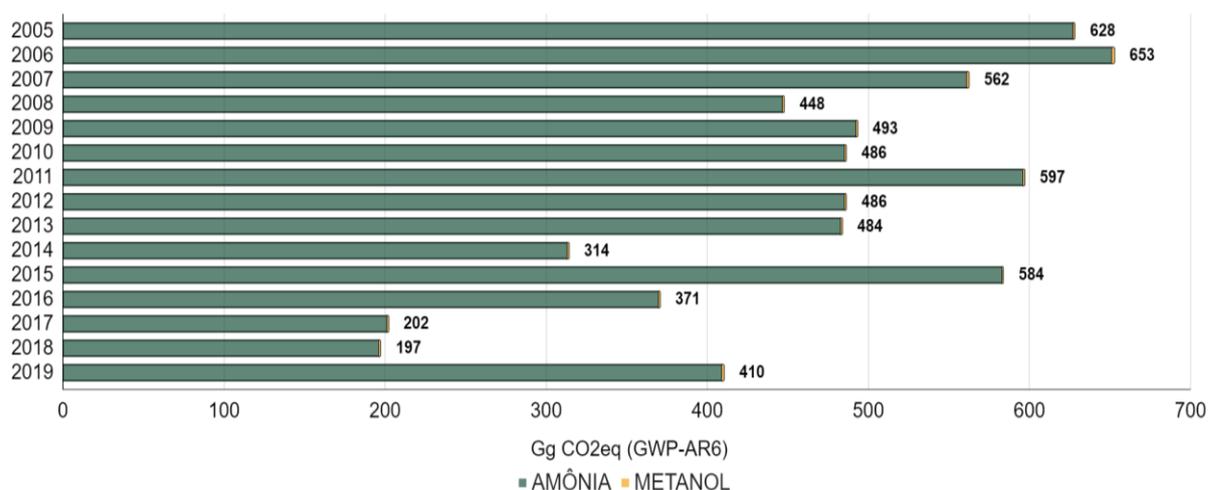


Gráfico 17 - Emissões anuais da indústria química.

1.6.3 Indústria metalúrgica

As emissões da indústria metalúrgica foram encerradas no ano de 2014, onde representaram 10% das emissões do setor IPPU, e 1% das emissões totais estaduais



no mesmo ano. Foi identificada a produção de aço no município de Araucária, que apresentou um aumento de 5% nas emissões entre o período de 2005 e 2014, e não contribuiu mais para as emissões estaduais até o ano de 2019 devido a hibernação da fábrica que voltou a operar em 2022. O Gráfico 18 apresenta as variações anuais das emissões da produção de aço.

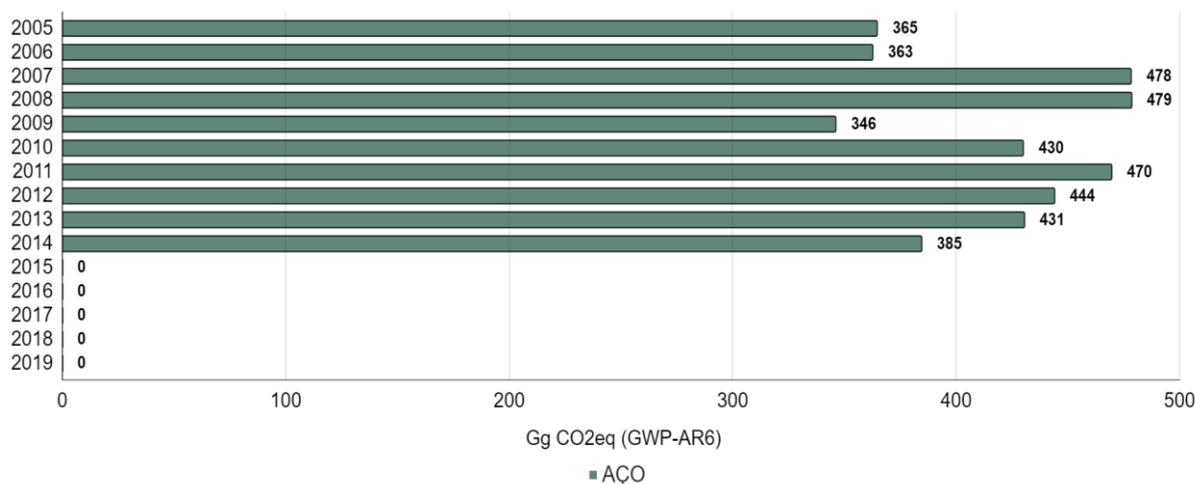


Gráfico 18 - Emissões anuais da indústria de aço.

1.6.4 Uso de gases fluorados

As emissões do uso de gases fluorados representaram 12% das emissões do setor IPPU e 0,5% das emissões totais estaduais no ano de 2019. Considerando a metodologia utilizada, as emissões foram alocadas proporcionalmente em todos os municípios de acordo com o número de habitantes. A emissão gerada a partir do uso de gases fluorados apresentou um grande crescimento nas emissões entre os anos de 2005 e 2019, cerca de 468%, devido ao aumento populacional e ao crescimento nacional no uso desses gases, o que consequentemente aumentou a emissão per capita. O Gráfico 19 apresenta as variações anuais das emissões do uso de gases fluorados.



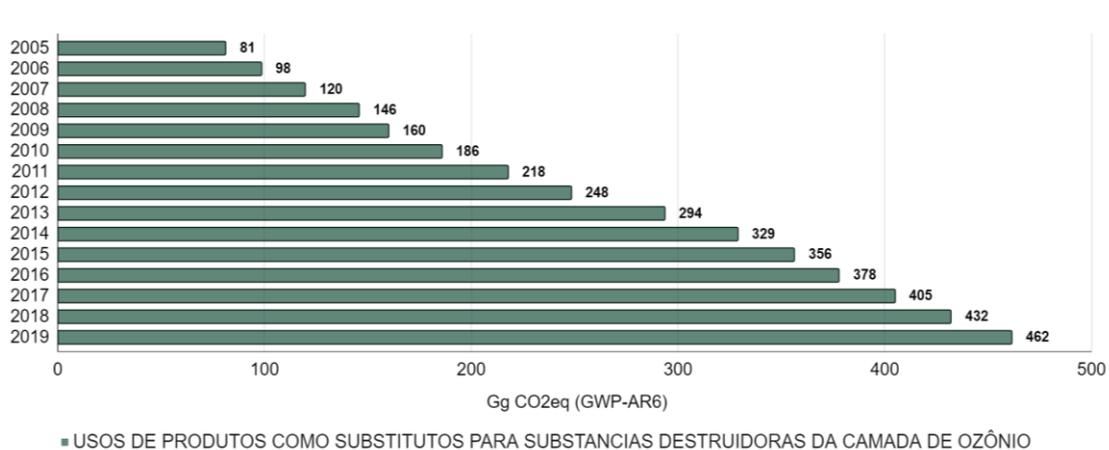


Gráfico 19 - Emissões anuais do uso de gases fluorados.

1.6.5 Manufatura e uso de outros produtos

As emissões geradas na manufatura e uso de outros produtos representaram 0,5% das emissões do setor IPPU e 0,03% das emissões totais estaduais no ano de 2019. Considerando a metodologia utilizada, as emissões foram alocadas proporcionalmente em todos os municípios de acordo com o número de habitantes. A emissão gerada a partir da manufatura e uso de outros produtos apresentou um crescimento nas emissões entre os anos de 2005 e 2019, cerca de 69%, devido ao aumento populacional e ao crescimento nacional no uso desses gases, o que consequentemente aumentou a emissão per capita. O Gráfico 20 apresenta as variações anuais das emissões do uso de gases fluorados.

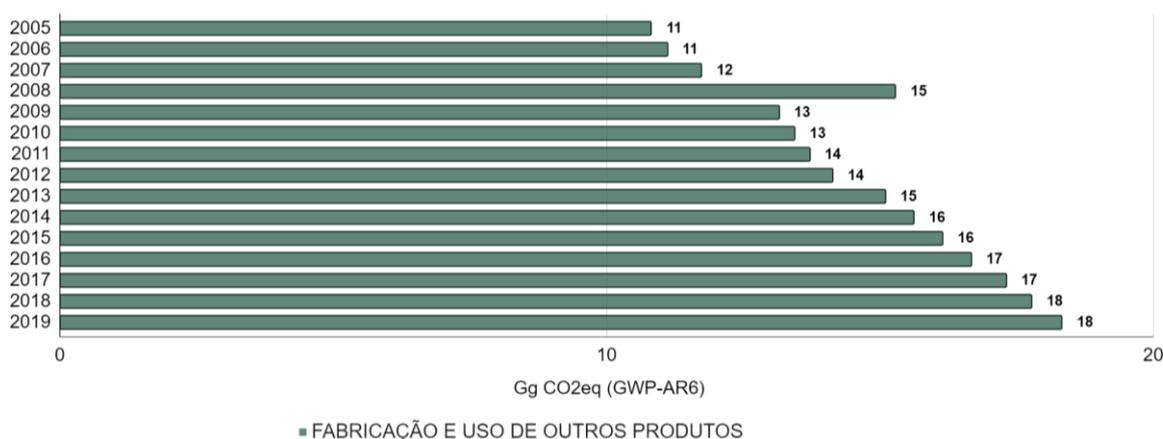


Gráfico 20 - Emissões anuais do uso de gases fluorados.



1.7 SETOR AGROPECUÁRIA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA (AFOLU)

As emissões estaduais do setor de AFOLU no ano de 2019 totalizaram 38.811 Gg CO₂eq, representando cerca de 54% do total das emissões anuais do estado. As emissões sofreram uma redução de cerca de 3% entre 2005 e 2012, e de 5% entre 2012 e 2019. Para todo o período inventariado de 2005 a 2019 as emissões sofreram uma redução de 7%. O setor é composto pelos subsectores de Agricultura, Pecuária e Mudança do Uso da Terra (MUT). O subsector de agricultura engloba as atividades de Calagem, Queima de Resíduos Agrícolas, Solos manejados, Aplicação de Ureia e Cultivo de Arroz, enquanto o subsector da pecuária é composto pelas atividades de manejo de dejetos e fermentação entérica. Por fim, o setor de MUT é formado pelas atividades de conversão de florestas em áreas de agricultura e pastagem, preservação de unidades de conservação e conversão de áreas não utilizadas pela agricultura e pecuária para florestas. Em 2019 as maiores emissões ocorrem do subsector pecuária com 45%, agricultura com 33% e MUT com 22%. O Gráfico 21 e o Mapa 3 resumem as emissões do setor AFOLU.

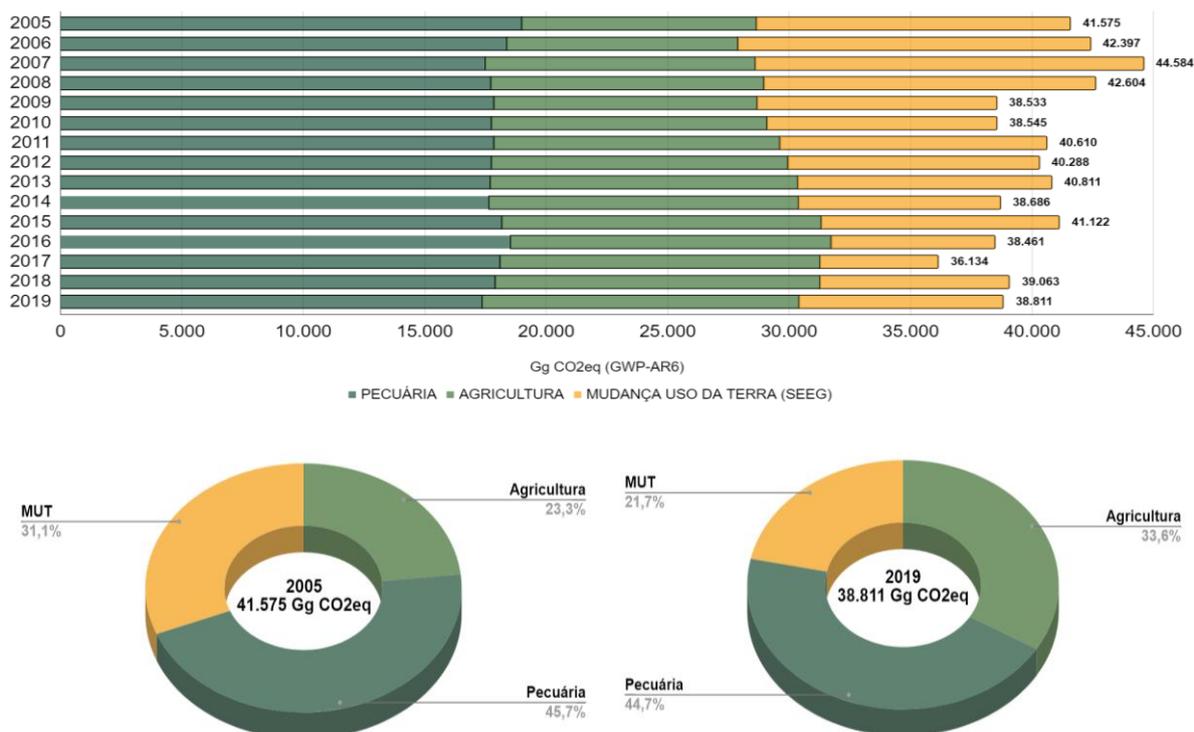
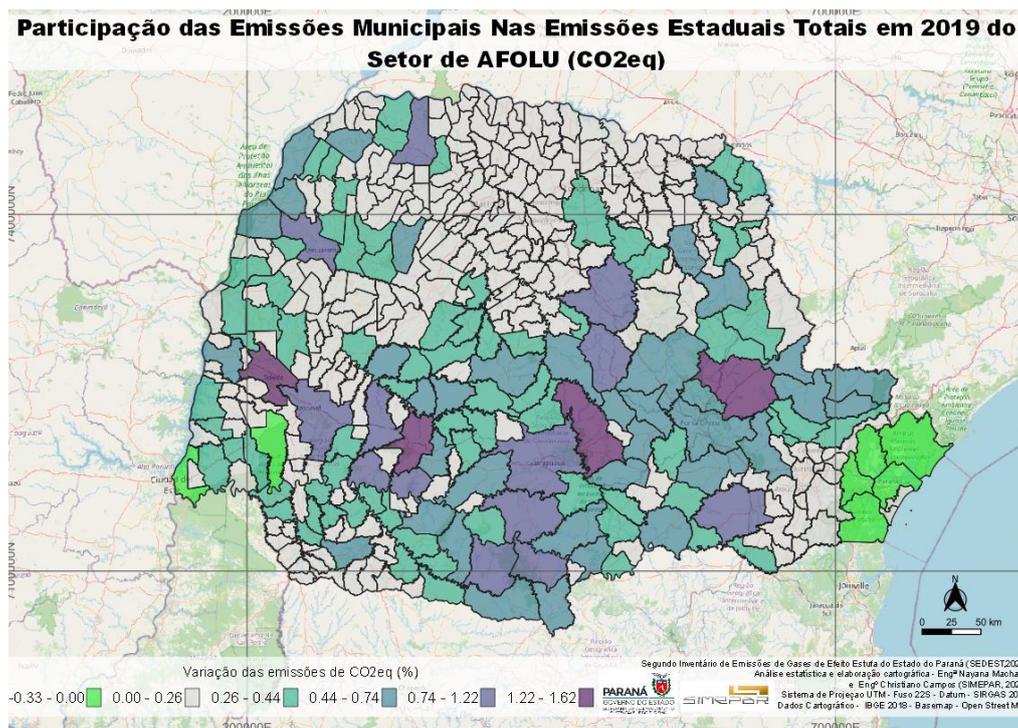


Gráfico 21 - Infográfico das emissões do setor AFOLU.



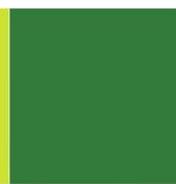


Mapa 3 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de AFOLU em 2019.

1.7.1 Pecuária

As emissões estaduais da pecuária no ano de 2019 totalizaram 17.365 Gg CO₂eq, representando cerca de 45% das emissões do setor de AFOLU e 24% das emissões estaduais. Estas emissões ocorrem nos processos de fermentação entérica com emissão de CH₄ e no manejo de dejetos com emissões de CH₄ e N₂O, com proporções de 87% e 13% respectivamente nas emissões totais da pecuária.

No ano de 2019 as criações de bovino de corte e leiteiro foram responsáveis pela emissão de 15.213 Gg CO₂eq, o que representa mais da metade das emissões anuais da pecuária. Entretanto, a emissão da criação destes animais apresentou um decréscimo entre os anos de 2005 e 2019 (17%). A segunda maior emissão de 1.568 Gg CO₂eq em 2019 foi proveniente da criação de suínos, que sofreu um aumento de 136% entre 2005 e 2019. A criação de aves é o terceiro maior emissor dentre as atividades pecuárias, com emissão de 264 Gg CO₂eq em 2019, e com um aumento de 124% no período entre 2005 e 2019. A criação de outros animais é menos expressiva nas emissões da pecuária e somadas representam pouco mais de 1% (285 Gg CO₂eq). O Gráfico 22 apresenta as contribuições anuais por tipo de animal nas emissões da pecuária.



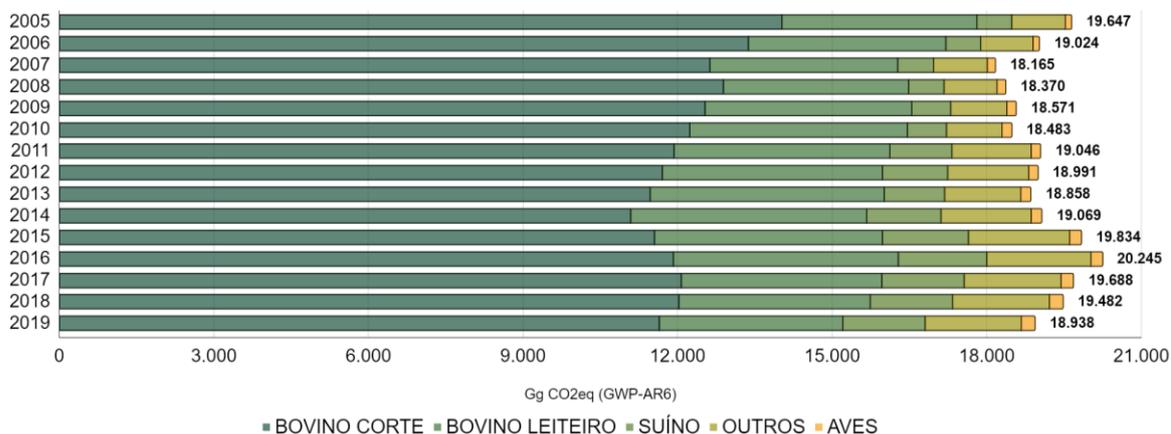


Gráfico 22 - Emissões anuais da pecuária

1.7.2 Fermentação Entérica

As emissões da fermentação entérica representaram cerca de 87% das emissões da pecuária e 21% das emissões estaduais em 2019 totalizando 15.174 Gg CO₂eq. Ocorrem majoritariamente na criação de bovinos de corte e leiteiros, emitindo somente o gás CH₄.

As emissões da fermentação entérica podem ser segregadas de acordo com os tipos de animais, sendo as criações de bovino de corte e leiteiro as responsáveis pela emissão de 14.703 Gg CO₂eq em 2019, o que representa mais de 95% das emissões anuais da fermentação entérica. Entretanto, a emissão da criação destes animais apresentou um decréscimo entre os anos de 2005 e 2019 (20%), o que consequentemente reduziu as emissões da pecuária. A segunda maior emissão em 2019 foi de 186 Gg CO₂eq proveniente da criação de suínos, que sofreu um aumento de 50% entre 2005 e 2019, seguida das emissões dos equinos (138 Gg CO₂eq) com redução de 34% entre 2005 e 2019. A criação de outros animais (bubalinos, caprinos, muares, ovinos e asininos) é menos expressiva nas emissões da pecuária e somadas representam aproximadamente de 1% (147 Gg CO₂eq). O Gráfico 23 apresenta as contribuições anuais por tipo de animal.



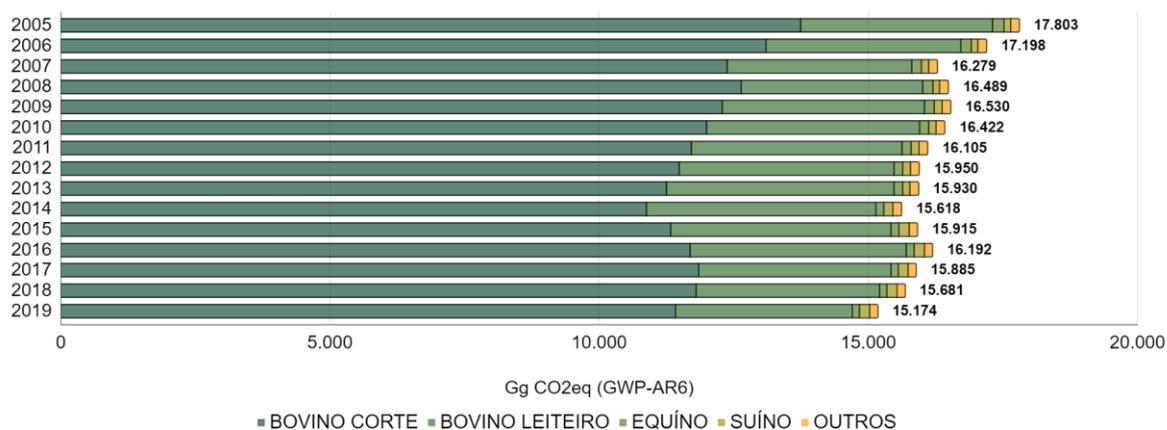


Gráfico 23 - Emissões anuais da fermentação entérica.

A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com as maiores emissões. O Gráfico 24 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.

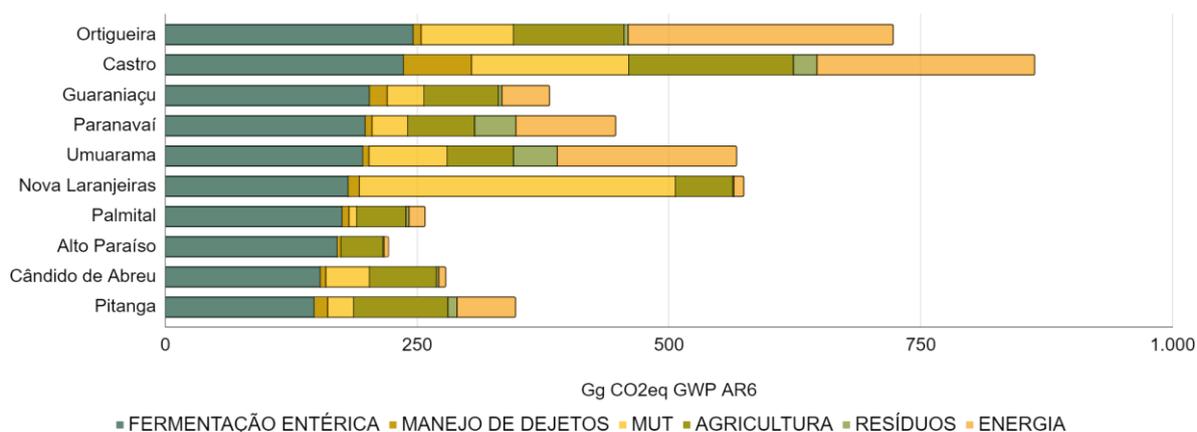


Gráfico 24 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da fermentação entérica em 2019.

Avaliando as emissões municipais é visível que os municípios com os maiores rebanhos de gado são responsáveis pelas maiores emissões da fermentação entérica. Os municípios com as maiores emissões são: Ortigueira (246 Gg CO₂eq), Castro (236 Gg CO₂eq) e Guaraniaçu (203 Gg CO₂eq). Os outros municípios do ranking têm emissões que variam entre 200 e 150 Gg CO₂eq. Os 10 municípios com as maiores emissões somam 1.911 Gg CO₂eq representando aproximadamente 13% das emissões totais do Paraná da fermentação entérica.



1.7.3 Manejo de Dejetos

As emissões do manejo de dejetos representaram cerca de 13% das emissões da pecuária e 3% das emissões estaduais em 2019 e totalizam 2.191 Gg CO₂eq. Emitem majoritariamente o gás CH₄ (89%) e tem uma pequena contribuição de N₂O (11%).

As emissões do manejo de dejetos também podem ser segregadas de acordo com os tipos de animais, sendo as criações de suíno responsável pela emissão de 1.402 Gg CO₂eq em 2019, o que representa mais da metade das emissões anuais do manejo de dejetos. A emissão da criação destes animais apresenta o maior crescimento entre os anos de 2005 e 2019 (155%). A segunda maior emissão de 510 Gg CO₂eq em 2019 foi proveniente da criação de bovinos de corte e leiteiro, que sofreu uma redução de 20% entre 2005 e 2019. A criação de aves é o terceiro maior emissor dentre as atividades de manejo de dejetos, com emissão de 264 Gg CO₂eq em 2019, e apresentou um aumento de 124% no período entre 2005 e 2019. O Gráfico 25 apresenta as contribuições anuais por tipo de animal.

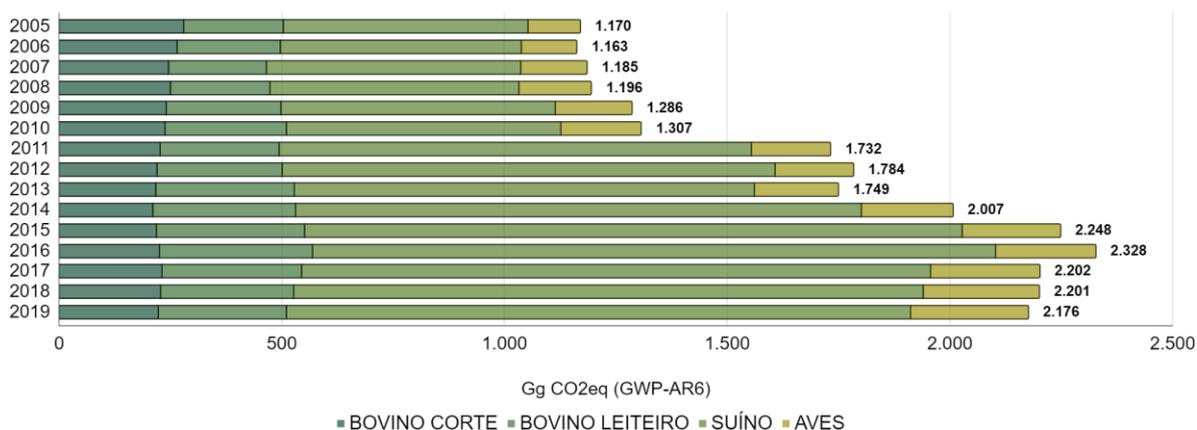


Gráfico 25 - Emissões anuais do manejo de dejetos.

A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com as maiores emissões. O Gráfico 26 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.



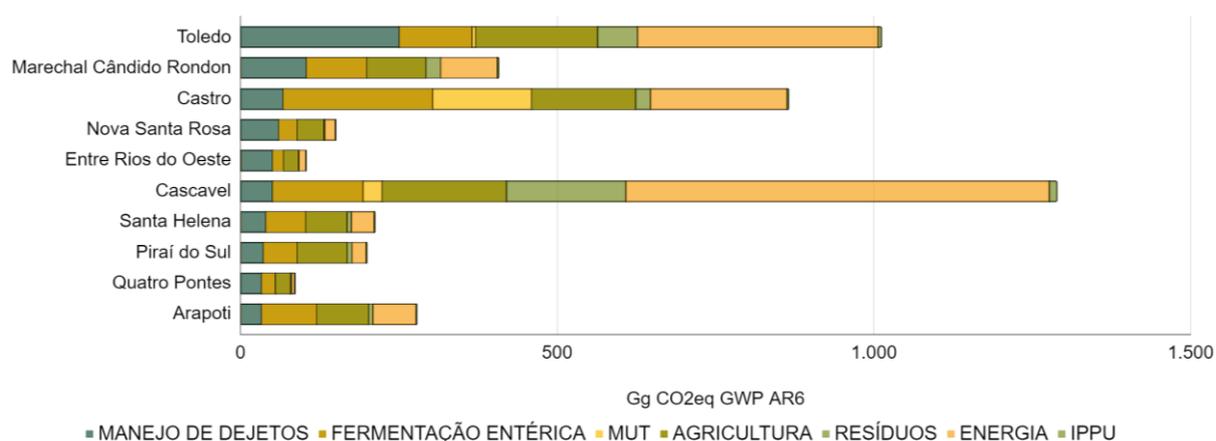


Gráfico 26 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões no manejo de dejetos em 2019.

Os municípios com as maiores emissões do manejo de dejetos são aqueles com o maior número de suínos. Os municípios com as maiores emissões são: Toledo (251 Gg CO₂eq), Marechal Cândido Rondon (105 Gg CO₂eq) e Castro (67 Gg CO₂eq). Os outros municípios do ranking têm emissões que variam entre 60 e 30 Gg CO₂eq. Os 10 municípios com as maiores emissões somam 729 Gg CO₂eq representando aproximadamente 33% das emissões totais do Paraná do manejo de dejetos.

1.7.4 Agricultura

As emissões estaduais da agricultura no ano de 2019 totalizaram 13.040 Gg CO₂eq, representando cerca de 30% das emissões do setor de AFOLU e 17% das emissões estaduais. As maiores emissões na agricultura são de N₂O e ocorrem principalmente no manejo do solo. Também ocorrem emissões de CO₂ a partir das atividades de calagem e aplicação de ureia, e menos significativamente as emissões CH₄ provenientes do cultivo de arroz, e da queima de resíduos agrícolas.

No geral o manejo de solos é a atividade com maiores emissões na agricultura com um crescimento de 27% entre os anos de 2005 e 2019, totalizando 10.703 Gg CO₂eq em 2019. A distribuição destas emissões dentre as atividades de manejo de solo é: 35% deposição de resíduos agrícolas (3.703 Gg CO₂eq), 27% aplicação de fertilizantes sintéticos (2.912 Gg CO₂eq), 25% dejetos em pastagem (2.712 Gg CO₂eq), 8% adubação orgânica (864 Gg CO₂eq) e 5% outras atividades (512 Gg CO₂eq) que incluem a mineralização de Nitrogênio e solos orgânicos.



Quanto às variações das emissões entre os anos de 2005 e 2019, dentre as atividades de manejo de solo o maior aumento ocorreu na adubação orgânica do solo (96%), na aplicação de fertilizante sintético (56%), e nos resíduos agrícolas (53%), já os solos orgânicos (10%) também apresentam aumento, mas menos significativo. Foram observadas reduções nas emissões provenientes da mineralização de Nitrogênio (44%) e dos dejetos em pastagem (13%). Em relação às outras atividades agrícolas, a calagem teve uma participação de 15% das emissões da agricultura (1.951 Gg CO₂eq) e apresentou um aumento de 136% entre 2005 e 2019. Já a aplicação de ureia, o cultivo de arroz e a queima de resíduo agrícola são menos significativas e tiveram emissões de 190, 154 e 42 Gg CO₂eq respectivamente no ano de 2019.

A aplicação de ureia teve um aumento de 62% no período entre 2005 e 2019 enquanto o cultivo de arroz cresceu em 30% as emissões e a queima de resíduo agrícola tiveram uma queda de mais de 77% devido a mecanização no processo de colheita da cana de açúcar. O Gráfico 27 apresenta as contribuições anuais por tipo de atividade agrícola. A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com as maiores emissões. O Gráfico 28 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.

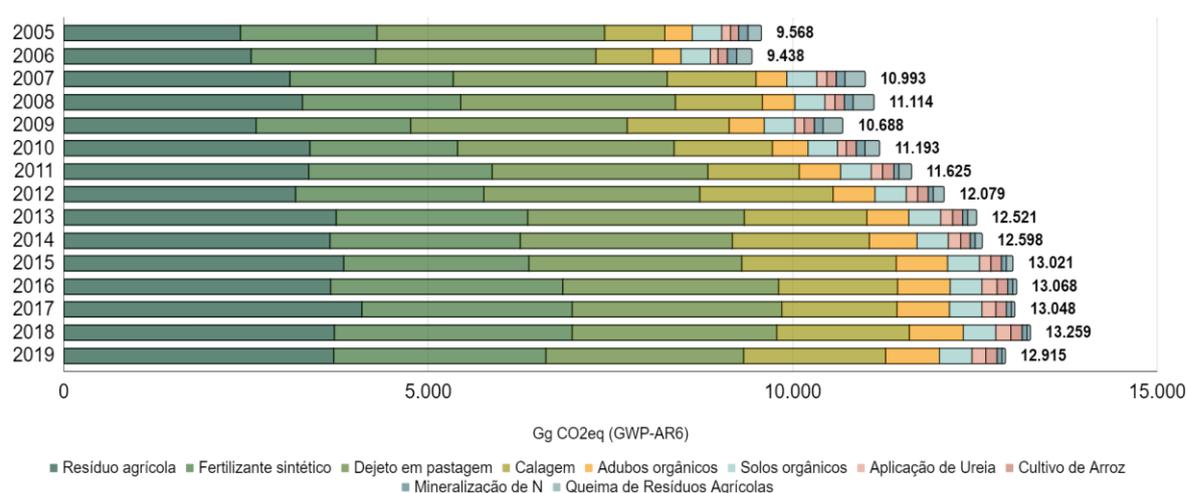


Gráfico 27 - Emissões anuais da agricultura.



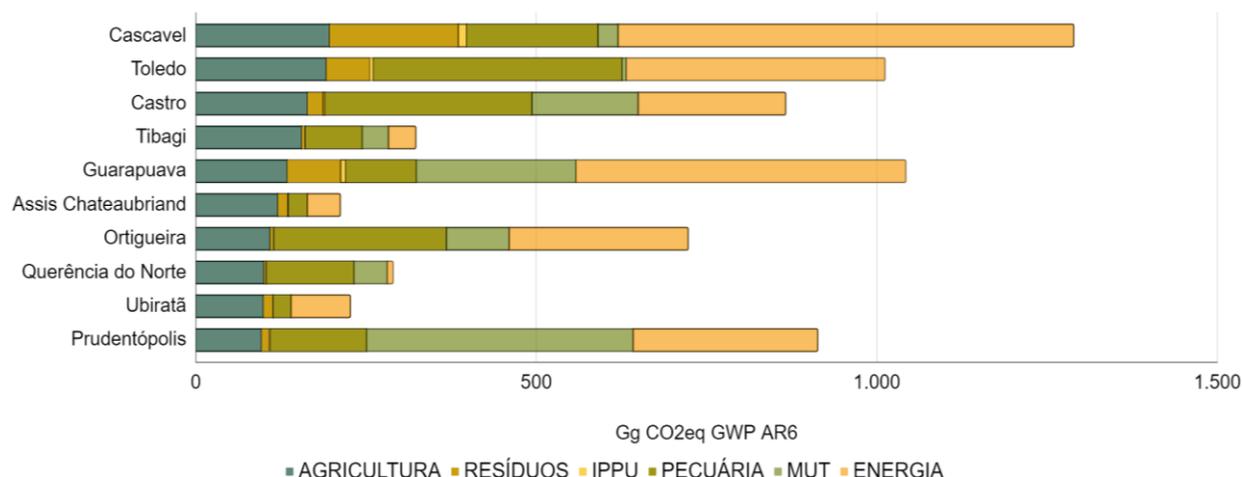


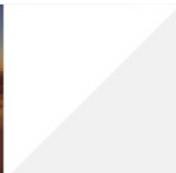
Gráfico 28 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da agricultura em 2019.

Os municípios com as maiores emissões são: Cascavel (197 Gg CO₂eq), Toledo (192 Gg CO₂eq) e Castro (164 Gg CO₂eq). Os outros municípios do ranking têm emissões que variam entre 155 e 97 Gg CO₂eq. Os 10 municípios com as maiores emissões somam 1.369 Gg CO₂eq representando aproximadamente 10% das emissões totais do Paraná da agricultura.

1.7.5 Mudança no uso da terra

As emissões estaduais da mudança no uso da terra no ano de 2019 totalizaram 8.405 Gg CO₂eq, representando cerca de 22% das emissões do setor de AFOLU e 12% das emissões estaduais. São contabilizadas neste subsetor as alterações no uso da terra, que tem como consequência, por exemplo, as emissões provocadas por desmatamento ou as remoções contempladas pela recuperação de vegetação nativa.

A emissão líquida média anual da mudança no uso da terra para o período inventariado foi de aproximadamente 10.523 Gg CO₂eq/ano. Entre os anos de 2005 e 2019 houve variações nas taxas de desmatamento no Paraná com desmatamento médio anual de 2.000 ha/ano (SOS Mata Atlântica, 2019). No geral, ao analisar as emissões líquidas totais dos municípios no ano de 2019, observa-se que 301 municípios tiveram suas emissões líquidas positivas e 98 municípios tiveram suas emissões líquidas negativas. O Gráfico 29 apresenta as contribuições anuais entre emissões e remoções no estado.



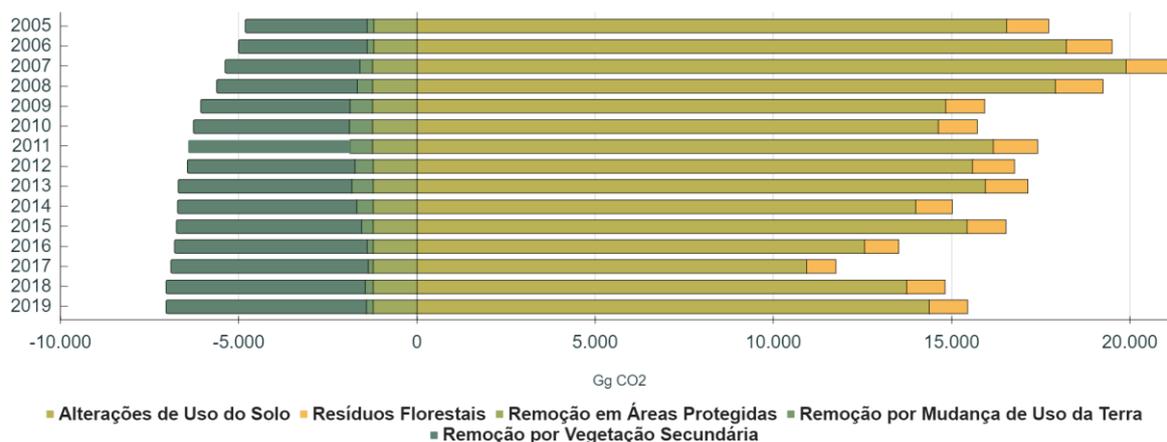


Gráfico 29 - Emissões e remoções anuais da Mudança do Uso da Terra.

A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com as maiores emissões. O Gráfico 30 representa o ranking dos 10 municípios com as maiores emissões no ano de 2019.

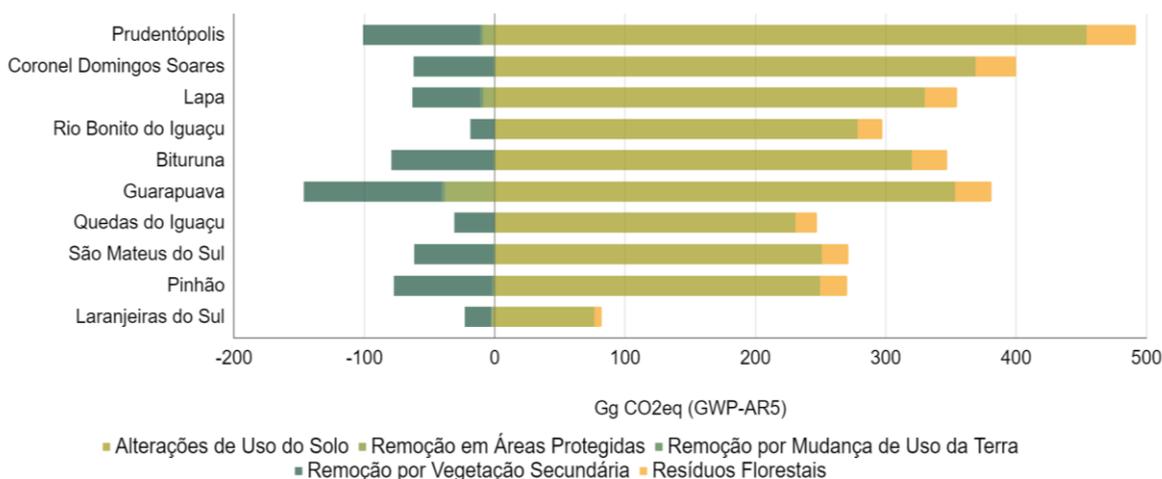


Gráfico 30 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões da MUT em 2019

Ao analisar as emissões líquidas municipais no ano de 2019, as maiores taxas de emissão foram em Prudentópolis (4,6%), Coronel Domingos Soares (4%) e Nova Laranjeiras (3,7%). As emissões de 47 municípios foram responsáveis por 80% das emissões totais das atividades relacionadas à mudança do uso da terra. O Gráfico 31 representa os 10 municípios com maiores remoções da MUT em 2019.



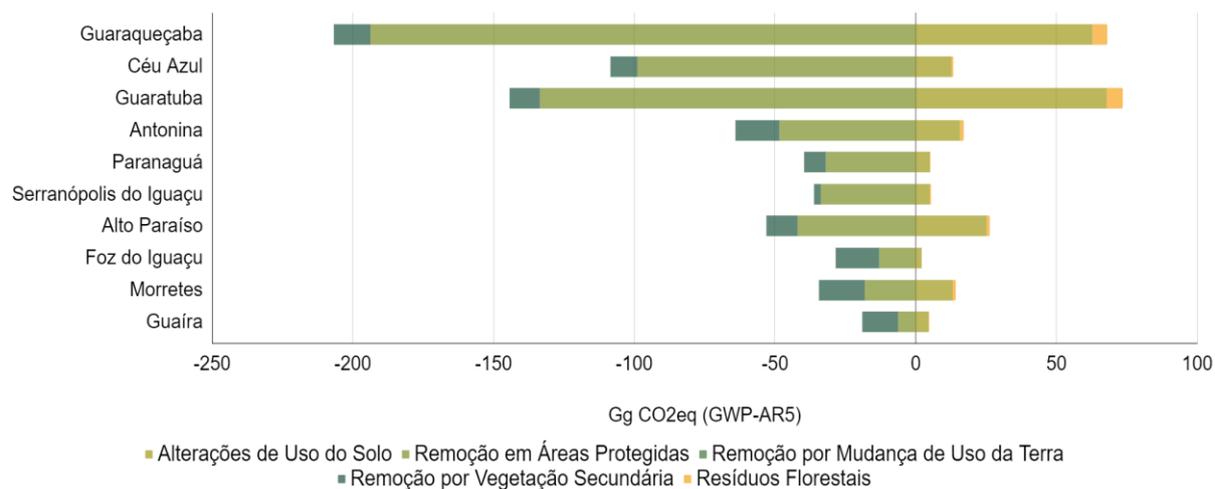
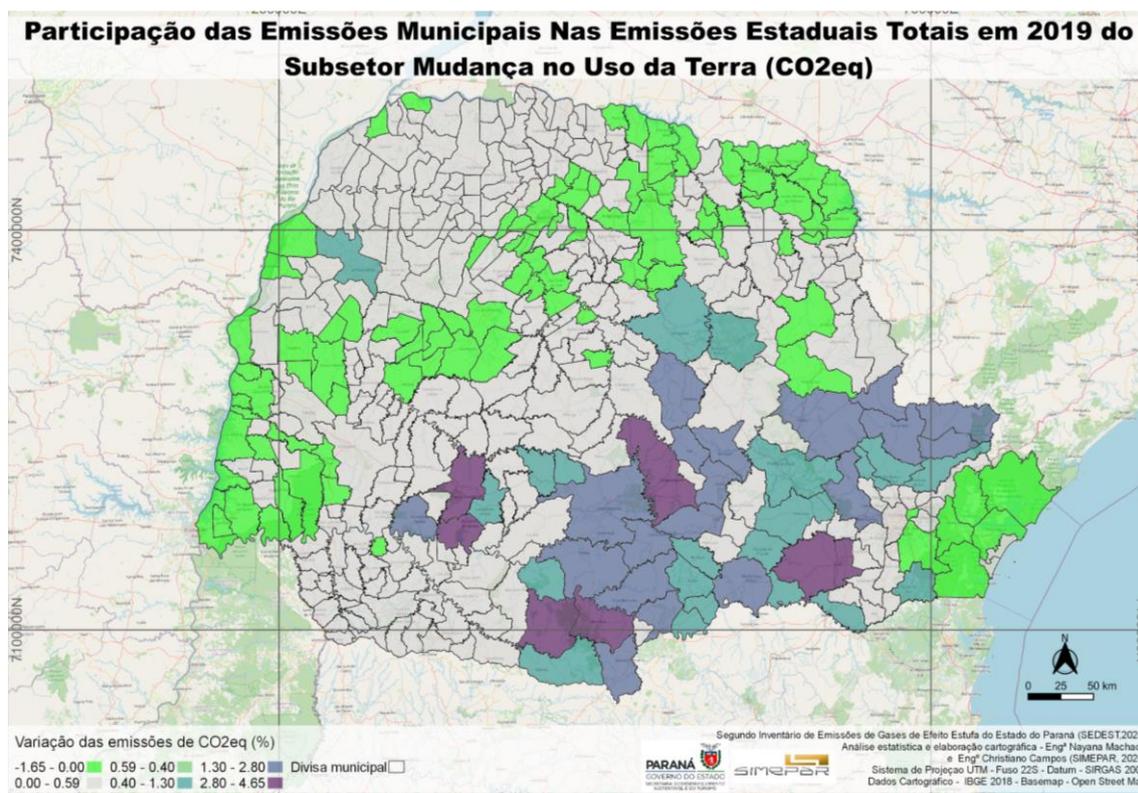


Gráfico 31 - Ranking dos 10 municípios com maiores remoções da MUT em 2019.

Em relação às emissões líquidas negativas no estado, os municípios que apresentaram as maiores taxas foram Guaraqueçaba (18%), Céu Azul (12%) e Guaratuba (9%). O Mapa 4 apresenta as emissões líquidas municipais no ano de 2019.



Mapa 4 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor da MUT em 2019.



1.8 SETOR RESÍDUOS

As emissões do setor de Resíduos em 2019 foram de 3.890 Gg CO₂eq. Essas emissões representam cerca de 5% do total das emissões do estado no período entre 2005 e 2019, com um aumento de cerca de 26%.

O setor de Resíduos é composto por dois subsetores, efluentes e resíduos sólidos, que contribuíram com 25% e 75%, respectivamente.

As emissões de CO₂ do setor de resíduos não são contabilizadas porque a origem do carbono é orgânico e tem balanço zero, exceto no caso da incineração de resíduos inorgânicos. Portanto, considerando o total de emissões de CO₂eq em 2019, 95% foram referentes às emissões de CH₄ e 5% às emissões de N₂O. As emissões de CH₄ são provocadas pelas atividades de resíduos sólidos e efluentes, 78% e 22%, respectivamente. Já as emissões de N₂O são provocadas na sua totalidade pelo tratamento de efluentes. O Gráfico 32 resume as emissões do setor de resíduos.

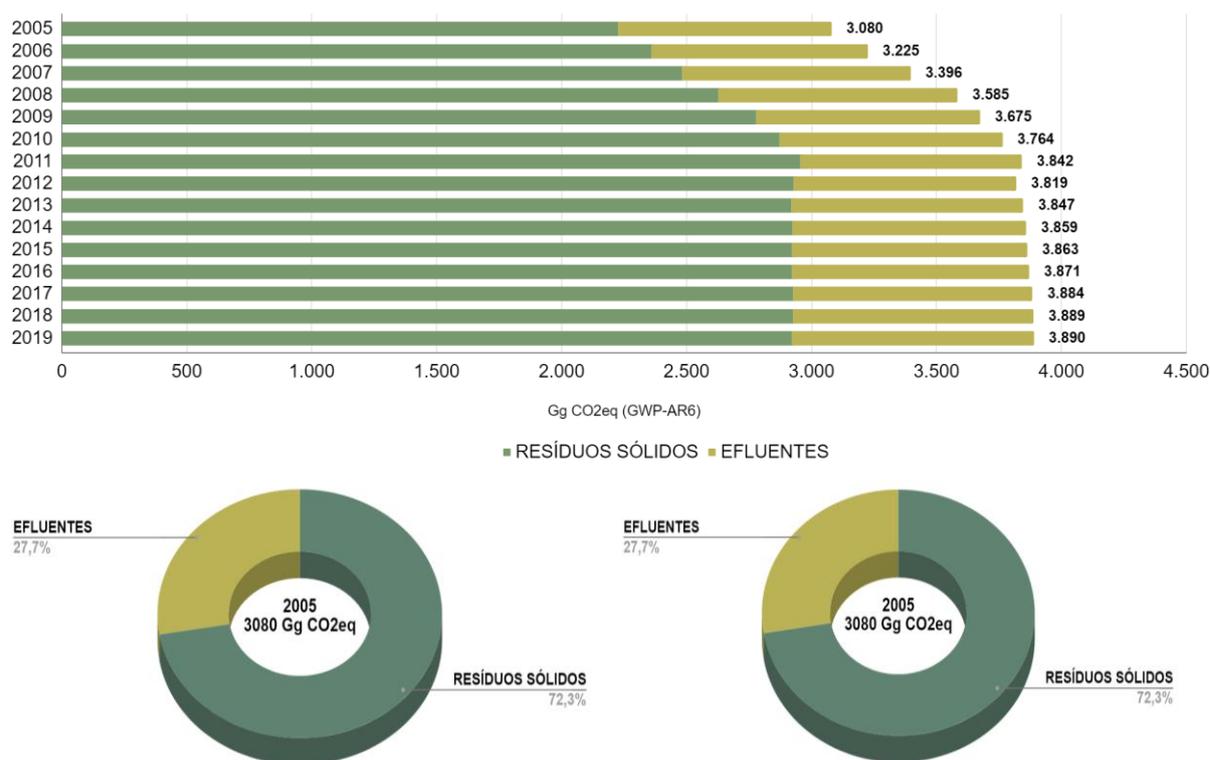


Gráfico 32 - Infográfico das emissões do setor de resíduos.

A partir da municipalização das emissões foi possível identificar os municípios com maior emissão no setor. O Gráfico 33 representa o ranking dos 10 municípios



com as maiores emissões no ano de 2019 e o Mapa 5 apresenta a contribuição relativa de cada município.

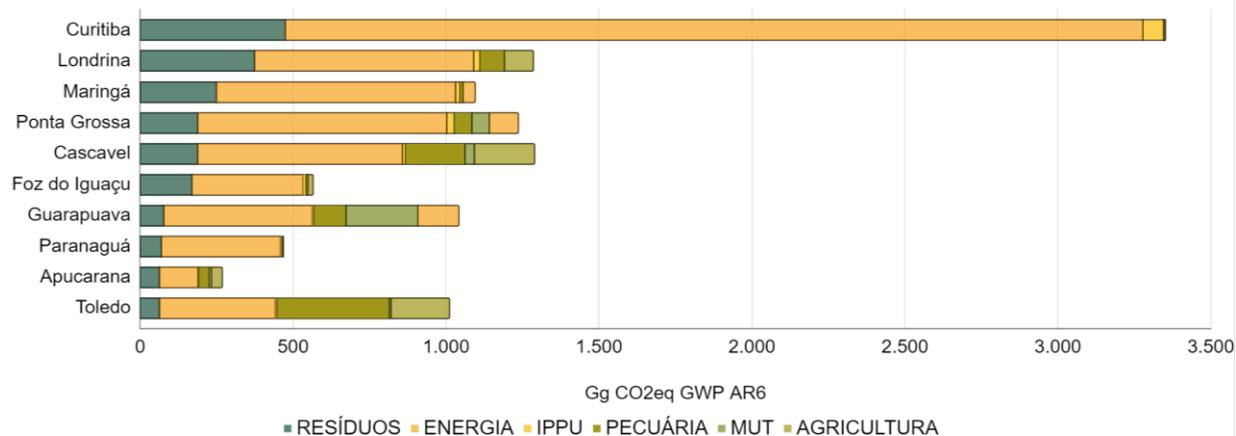
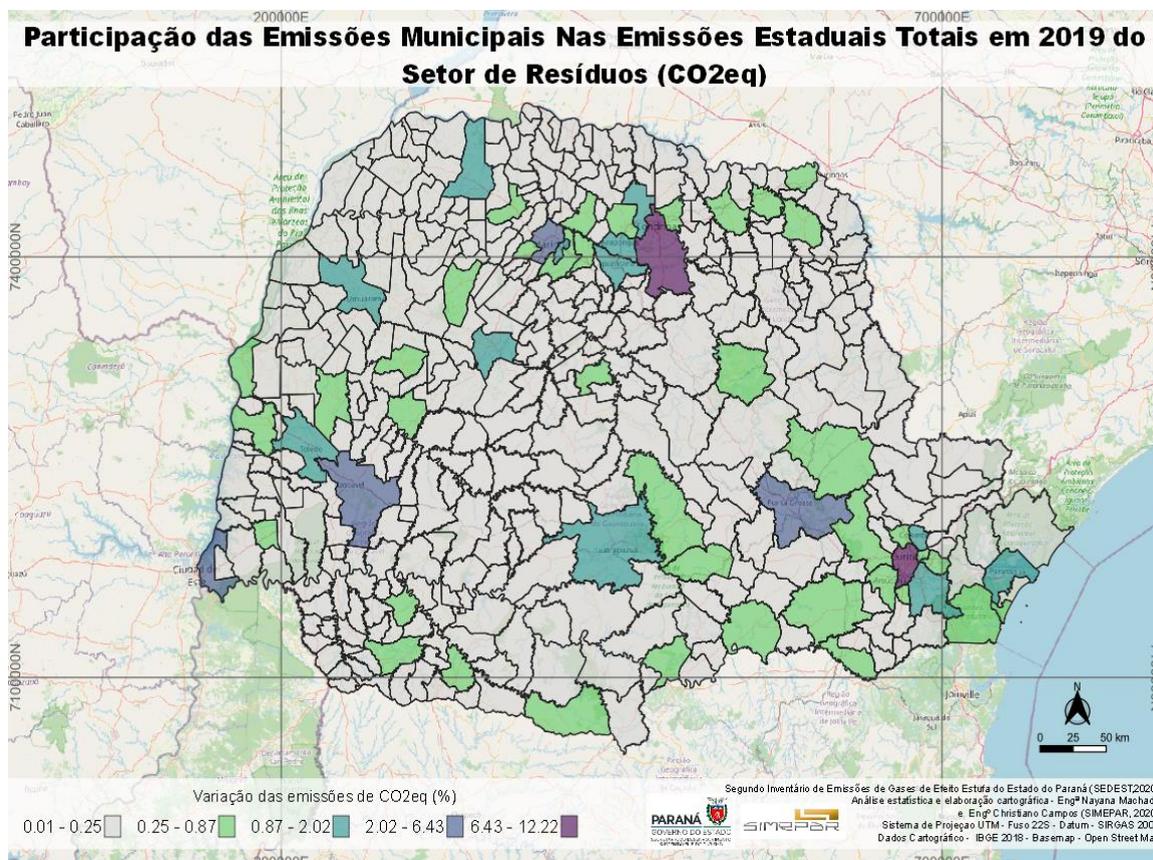


Gráfico 33 - Ranking dos 10 municípios com maiores emissões de resíduos em 2019.



Mapa 5 - Participação percentual dos municípios nas emissões no setor de resíduos em 2019.



1.8.1 Disposição de resíduos sólidos

As emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos são as mais relevantes no setor de Resíduos, colaborando com 75% das emissões deste setor e 4% das emissões do Paraná em 2019.

Essas emissões são resultantes da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos dispostos em aterros sanitários. Parte do lixo orgânico se decompõe aerobicamente gerando CO₂, mas este gás não é contabilizado no inventário pois tem origem biogênica, portanto tem um balanço zero para a concentração de GEE na atmosfera.

Mas parte da matéria orgânica é decomposta na forma anaeróbia, emitindo CH₄ e aterros sanitários sem queima de metano emitem mais CH₄ por quilo de resíduo do que lixões. Com o avanço da Lei dos Resíduos Sólidos, espera-se um aumento nas emissões de CH₄ caso os novos aterros não tenham sistemas de queima deste gás, como no caso da destinação dos resíduos sólidos de Curitiba e região metropolitana que têm sido dispostos em um aterro controlado com captura e queima de metano.

1.8.2 Efluentes

De acordo com os dados de 2019, os efluentes líquidos contribuíram com 970 Gg de CO₂eq, relativo a cerca de 25% do setor de resíduos e pouco mais de 1% das emissões de GEE do Paraná.

As emissões de GEE dos efluentes são provenientes da decomposição da matéria orgânica presente nos esgotos e nas estações de tratamento de esgoto, que emitem os GEE CH₄ e N₂O. Assim como a disposição de resíduo sólido, as emissões de CO₂ dos efluentes não são contabilizadas devido sua origem biogênica e balanço zero para o gás na atmosfera.

Para reduzir as emissões do subsetor, é importante adotar práticas de tratamento de efluentes que minimizem a geração de metano e N₂O, como a utilização de processos aeróbios, e que permitam a captura e o aproveitamento desse gás em outras atividades, como a queima e de preferência a geração de energia.



5. CONCLUSÕES

O Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná (2INVPR) é um documento fundamental para monitorar e avaliar as emissões de gases de efeito estufa nos diferentes setores da economia, bem como identificar oportunidades de redução de emissões.

Diante da análise do 2INVPR para o ano de 2019, considerando a métrica do GWP, que penaliza as emissões de CH₄, constata-se que o setor de Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (composto por MUT+Pecuária+Agricultura) é o maior emissor, contribuindo com cerca de 54% das emissões totais. Em seguida, temos o setor de Energia com cerca de 36%, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) com cerca de 5% e o setor de resíduos com cerca de 5%, conforme apresentado no Gráfico 34.

As emissões de CO₂ foram responsáveis por 55% das emissões totais de GEE, o CH₄ 29% e o N₂O 15%, sendo que o setor de Energia foi o maior contribuinte com 35%, seguidos pela pecuária com 24%, agricultura 18%, mudança do uso da terra com 12%, resíduos 5% e processos industriais 5%, conforme ilustrado no Gráfico 34.

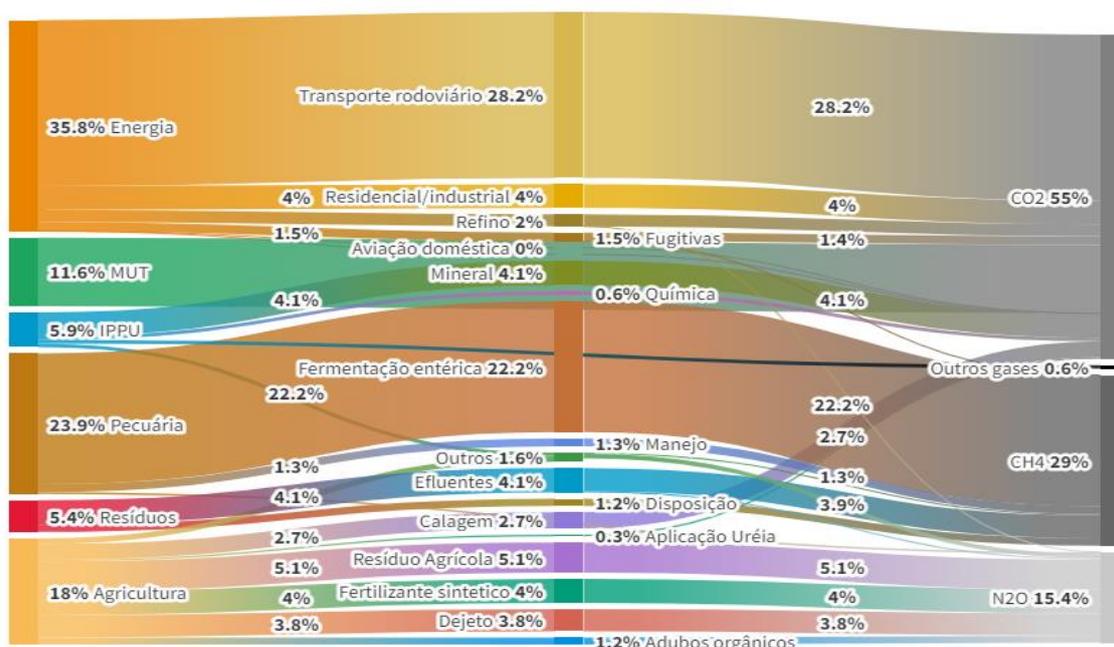
Analisando ainda, as subatividades que mais contribuíram para as emissões de GEE do Paraná, conclui-se que é formada por um grupo de três, com o transporte rodoviário liderando com cerca de 28%, seguido pela fermentação entérica com cerca de 22% e a mudança do uso da terra com cerca de 12%.

O segundo grupo de subatividades mais relevantes para as emissões de GEE é formado por contribuições entre 4% e 5%, sendo elas: resíduos agrícolas, efluentes líquidos, indústria mineral, fertilizantes sintéticos, energia para residencial/industrial.



Emissões de GEE do Paraná em 2019 (Setor e Gás)

Total: 72.381 Gg CO₂eq



Fonte: 2º Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná

Gráfico 34 - Emissões de GEE do Paraná por setor e gás em 2019.

O município de Araucária tem a maior emissão de GEE devido a presença da REPAR, UTE de Araucária que são grandes fontes de emissões de CO₂. Curitiba vem em segundo lugar principalmente devido ao transporte e disposição de resíduos sólidos urbanos. Em terceiro lugar aparece o município de Rio Branco do Sul, que apesar de ter baixa participação das emissões de energia, tem significativas emissões do setor IPPU devido a produção de cimento, situação semelhante ao município de Balsa Nova. Os demais municípios aparecem seguindo basicamente o transporte, que são influenciados principalmente pelo tamanho populacional Gráfico 35, onde 30 municípios emitiram 40% das emissões de GEE do estado.

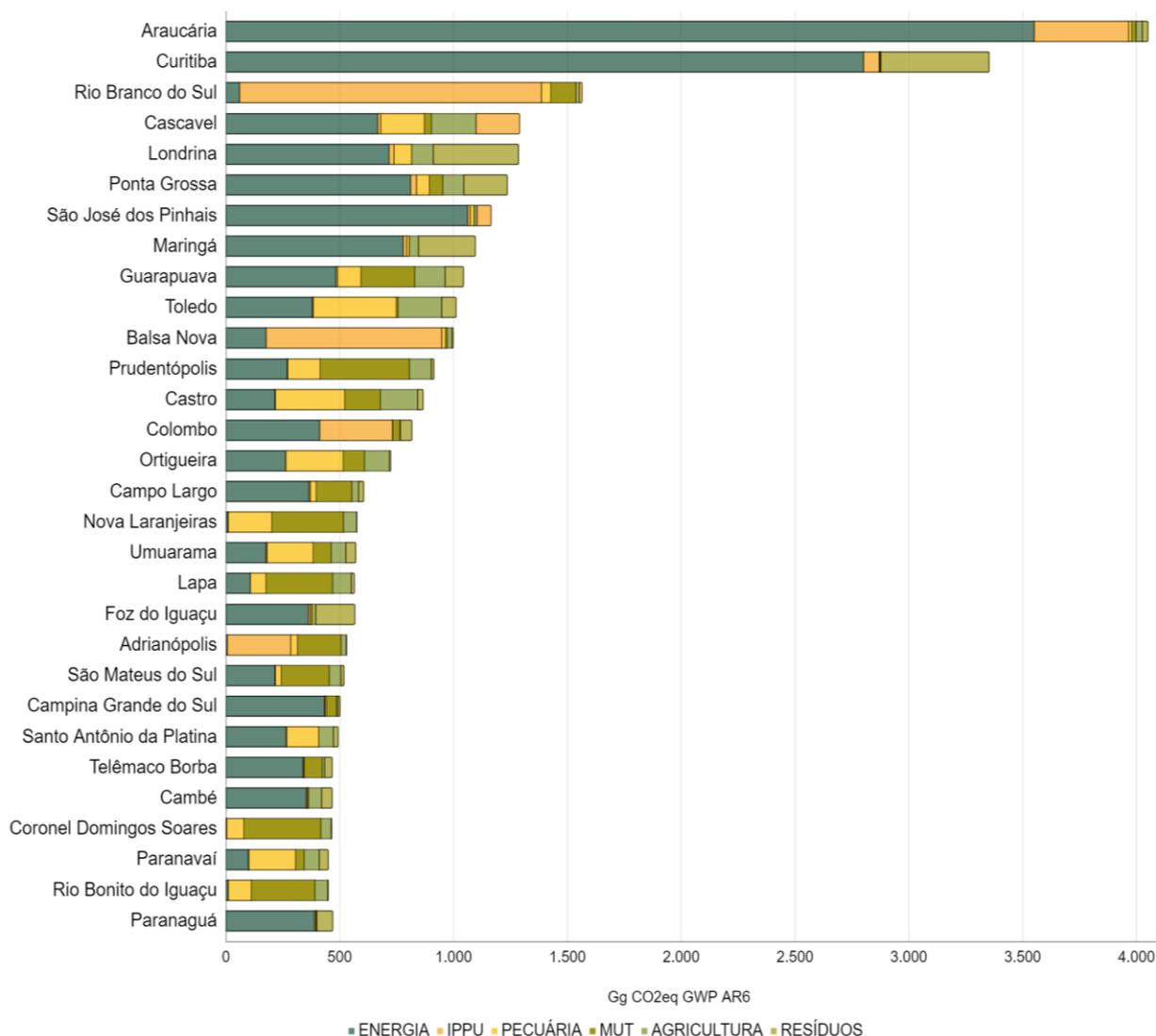
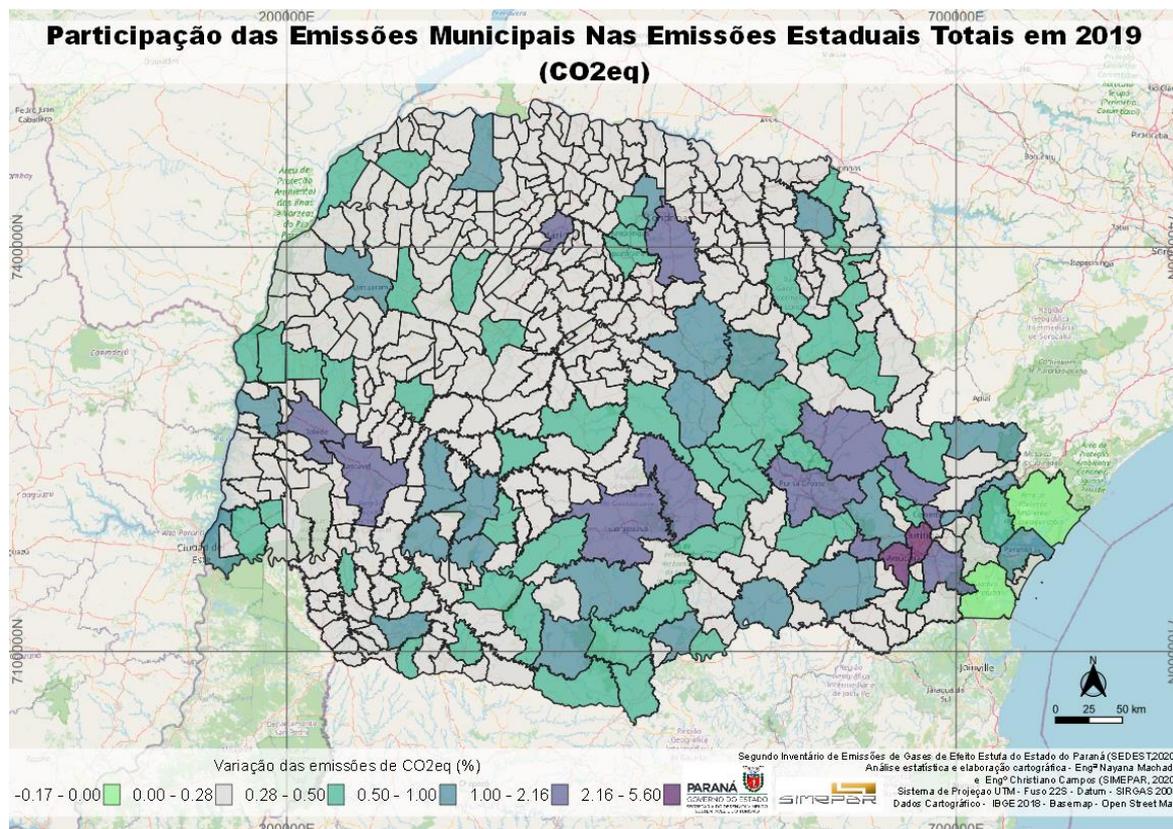


Gráfico 35 - Ranking dos 30 municípios com maiores emissões de GEE em 2019.

Com base no Mapa 6, a primeira classe destaca os 2 municípios (Araucária e Curitiba) responsáveis por mais de 10% das emissões estaduais.

A segunda classe representa 12 municípios com contribuições que variam de 1,00 a 2,16 % das emissões, somando 18% das emissões estaduais. As duas próximas classes representam 73 municípios com emissões que variam entre 0,29 e 1%, somando 34% das emissões estaduais. A maior classe contempla 310 municípios que somam 38% das emissões, variando entre 0 a 0,29%.

E por fim uma classe há uma classe com 2 municípios (Guaratuba e Guaraqueçaba) que apresentam emissões negativas.



Mapa 6 - Participação percentual dos municípios nas emissões de GEE em 2019.

Os resultados do 2INVPR apontam para a adoção de medidas que visem à redução das emissões de gases de efeito estufa no estado do Paraná no setor de energia e subsetores de pecuária, agricultura e mudança do uso da terra. Dentre as principais medidas que podem ser adotadas estão a implementação de políticas públicas voltadas para o uso de fontes de energia limpa e renovável, ações de manejo sustentável das áreas rurais e práticas agrícolas mais eficientes.

Além disso, é fundamental o engajamento da sociedade na adoção de práticas mais sustentáveis em suas atividades cotidianas. O combate às mudanças climáticas é uma responsabilidade compartilhada e é necessário que cada um faça a sua parte para garantir um futuro mais sustentável para as próximas gerações.



6. REFERÊNCIAS

ABRACAL, 2022 Consumo aparente calcário dolomítico disponível em: <http://abractal.com.br/site/wp-content/uploads/2022/04/CONSUMO-APARENTE-BR-1992-A-2021.pdf> . Acesso em 16 de fev. 2023.

ANA, 2022. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, 2022. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 9 abril de 2022.

ANP, 2020. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Dados de venda de combustíveis por município fornecidos por e-mail.

Climate Watch. 2022. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível online: <https://www.climatewatchdata.org>.

COMPAGAS, 2022. (COMPANHIA PARANAENSE DE GÁS) Dados de venda de gás natural no Paraná fornecidos por email.

FILIPPINI, R.M.K.; WAIS, T.C.F. e LOPARDO, N. 2018. XIV SIBESA, XVI Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018.

IBGE, 2019 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal (2019). Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.

IBGE, 2022. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Estimativas da População. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 26 out. 2022.

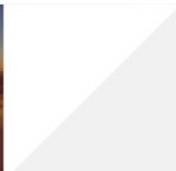
IPARDES, 2021. Pesquisa Pecuária Municipal (2019). Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.

IPCC, 2000. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, JP, 2000. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/publication/good-practice-guidance-and-uncertainty-management-in-national-greenhouse-gas-inventories/>.

IPCC, 2006. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.

IPCC, 2021. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Synthesis Report of The IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 16 mai. 2023.

MCTI, 2020. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.



Relatórios de Referência. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 16 fev. 2023.

MCTI, 2022. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL, 6ª edição 2022. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf> Acesso em: abril 2023.

PERS, 2018. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná. Governo do Estado do Paraná.

PMC, 2017 Prefeitura Municipal de Curitiba. Plano De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos de Curitiba de 2017.

SEEG, 2021. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>, Acesso em: 15/02/2023.

SIRENE, 2023. Sistema de Registro Nacional de Emissões. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 15/02/2023.

SOS Mata Atlântica, 2019. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Relatório Técnico. https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf

SIMEPAR, 2022. Segundo Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná. Resultados do Projeto Paranaclima sob gestão do Simepar para a SEDEST.

SIMEPAR, 2023a - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Setor Energia: Abordagem Top-Down para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023b - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023c - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica (3.A.1) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023d - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor de Manejo de Dejetos (3.A.2) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de



Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023e - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Queima de Resíduo Agrícola (3.C.1) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023f - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Calagem (3.C.2) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023g - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Aplicação de Uréia (3.C.3) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

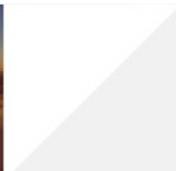
SIMEPAR, 2023h - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Solos Manejados (3.C.4) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023i - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Cultivo de Arroz (3.C.7) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023j - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Resíduos Sólidos (4.A) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SIMEPAR, 2023k - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Relatório de Referência do Subsetor Efluentes (4.D) do Setor de AFOLU para o Projeto Paraná Clima/2020, Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Estado do Paraná. Autores: Christiano Pires de Campos e Nayana Machado. Versão de março de 2023.

SMITH, C. et al. 2021. The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. Climate change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.





PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO
