



SEMA

Secretaria do
Meio Ambiente



PERFIL DE EMISSÕES

DO

AMAZONAS



INVENTÁRIO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

(2018-2023)



AMAZONAS

GOVERNO DO ESTADO





PERFIL DE EMISSÕES

DO ***AMAZONAS*** 

INVENTÁRIO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

[2018-2023]

Secretaria do
Meio Ambiente



AMAZONAS
GOVERNO DO ESTADO



Wilson Miranda Lima

Governador do Estado do Amazonas

Tadeu de Souza Silva

Vice-Governador do Estado do Amazonas

Eduardo Costa Taveira

Secretário de Estado do Meio Ambiente do Amazonas

Luzia Raquel Queiroz Rodrigues Said

Secretária Executiva de Gestão da Sema

Fabírcia Arruda Moreira

Secretária Executiva Adjunta de Gestão Ambiental da Sema



EQUIPE TÉCNICA

Samanta Lacerda Simões

Chefe do Departamento de Gestão Ambiental e Ordenamento Territorial – DEGAT/SEMA
Engenheira Florestal
Mestranda em Clima e Ambiente

Renato Trevisan Signori

Supervisor – DEGAT/SEMA
Engenheiro Físico
Mestre em Clima e Ambiente
Doutorando em Clima e Ambiente

Bruna de Oliveira dos Santos

Engenheira Florestal – DEGAT/SEMA
Mestre em Ciências de Florestas Tropicais

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do estado do Amazonas.	14
Figura 2. Setores de emissão do SEEG.....	18
Figura 3. Valores de Potencial de Aquecimento Global (GWP) e Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP) baseados em relatórios do IPCC.....	20
Figura 4. Processo de cálculo de emissões de carbono em transporte.	24
Figura 5. Processo de cálculo de emissões de carbono em edifícios.	26
Figura 6. Emissões de CO ₂ equivalente por setor de emissão no Amazonas para o período de 1990 a 2023.	30
Figura 7. Distribuição espacial anual das emissões totais de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e) no Amazonas (2018-2023).	31
Figura 8. Distribuição espacial total das emissões totais de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e) no Amazonas (2018-2023).	32
Figura 9. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) no período de 2018 a 2023.....	34
Figura 10. Distribuição espacial das emissões totais de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e) por setor de emissão para o período de 2018-2023.....	36
Figura 11. Percentual de emissões totais de CO ₂ equivalente por setor de emissão.	36
Figura 12. Emissões de CO ₂ por setor de emissão no Amazonas para o período de 1990 a 2023.	37
Figura 13. Percentual de emissões totais de CO ₂ por setor de emissão.	38
Figura 14. Evolução das emissões de CH ₄ no período de 1990 a 2023.....	39
Figura 15. Percentual de emissão de CH ₄ por setor no período de 2018-2023.....	40
Figura 16. Evolução das emissões de óxido nitroso (N ₂ O) no Amazonas entre 1990 e 2023.	41
Figura 17. Percentual de emissão de N ₂ O por setor no período de 2018-2023.	42
Figura 18. Distribuição espacial das emissões anuais de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e) para o setor Mudança de uso da Terra e Floresta no período de 2018-2023.....	44

Figura 19. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) no setor de Mudança de uso da Terra e Floresta no período de 2018 a 2023.	45
Figura 20. Emissões de dióxido de carbono (CO ₂) anual, decorrentes das mudanças de uso da terra e florestas no estado do Amazonas, entre os anos de 2018 e 2023.	46
Figura 21. Distribuição espacial anual do metano (CH ₄) associado a Mudança de Uso da terra e Floresta (2018-2023).....	48
Figura 22. Distribuição espacial anual do óxido nitroso (N ₂ O) associado a Mudança de Uso da terra e Floresta (2018-2023).	49
Figura 23. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) anual, decorrentes da Agropecuária no estado do Amazonas, entre os anos de 2018 e 2023.	51
Figura 24. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) no setor de Agropecuária no período de 2018 a 2023.	52
Figura 25. Distribuição espacial anual do dióxido de carbono (CO ₂) associado a Agropecuária (2018-2023).....	53
Figura 26. Distribuição espacial anual do metano (CH ₄) associado a Agropecuária (2018-2023).....	54
Figura 27. Distribuição espacial anual do óxido nitroso (N ₂ O) associado a Agropecuária (2018-2023).....	56
Figura 28. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) associado a emissões de Energia (2018-2023).	57
Figura 29. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) em kilotoneladas (kt) no setor de Energia, no período de 2018 a 2023.	59
Figura 30. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono (CO ₂) associado a emissões de Energia (2018-2023).	60
Figura 31. Distribuição espacial anual de metano (CH ₄) associado a emissões de Energia (2018-2023).	61
Figura 32. Distribuição espacial anual de óxido nitroso (N ₂ O) associado a emissões de Energia (2018-2023).	62
Figura 33. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).....	63

Figura 34. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) em kilotoneladas (kt) no setor de Resíduos, no período de 2018 a 2023.	64
Figura 35. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono (CO ₂) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).....	65
Figura 36. Distribuição espacial anual de dióxido de metano (CH ₄) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).....	66
Figura 37. Distribuição espacial anual de óxido nitroso (N ₂ O) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).....	67
Figura 38. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) associado a emissões de Transporte (2018-2023).....	69
Figura 39. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) no estado do Amazonas, associado a edificações por tipo de construção.	71
Figura 40. Evolução das remoções de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023.....	72
Figura 41. Comportamento histórico das emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023.	74
Figura 42. Ciclo anual das queimadas no estado do Amazonas (2003-2024).	76
Figura 43. Ciclo anual das concentrações de MP _{2,5} no estado do Amazonas (2003-2024).	77
Figura 44. Serie temporal mensal (acima) e média anual (abaixo) de MP _{2,5} médio no estado do Amazonas.	78
Figura 45. Serie temporal mensal (acima) e acumulado anual (abaixo) das queimadas no estado do Amazonas.	78
Figura 46. Distribuição espacial anual de material particulado fino (MP _{2,5}) no estado do Amazonas (2018-2023).	80
Figura 47. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) no Amazonas (2018-2023).	82
Figura 48. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) no período de 2018 a 2023.	83
Figura 49. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) no Amazonas para o ano de 2024.....	85
Figura 50. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) para o ano de 2024.	86

Figura 51. Concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.....	89
Figura 52. Concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.....	90
Figura 53. Concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.....	90
Figura 54. Concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.....	91
Figura 55. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) no Amazonas obtidas através de sensores de baixo custo.....	92
Figura 56. Ranking dos municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino (MP _{2,5}) obtidas através de sensores de baixo custo.....	93

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. ESCOPO	13
2.1. Contextualização geográfica	13
2.2. Abrangência temporal e espacial.....	14
2.3. Poluentes inventariados.....	16
3. METODOLOGIA	17
3.1. Base SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa)	17
3.2. Google Environmental Insights Explorer (EIE).....	22
3.2. Concentração de material particulado fino (MP _{2.5})	26
4. IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE EMISSÃO NO AMAZONAS.....	28
5. RESULTADOS	29
5.1. Gases	37
5.1.1. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	37
5.1.2. Metano (CH ₄)	38
5.1.3. Óxido Nitroso (N ₂ O)	40
5.2. Setores de Emissão	42
5.2.1. Mudança de Uso da Terra e Floresta.....	42
5.2.1.1 Dióxido de Carbono (CO ₂)	45
5.2.1.2 Metano (CH ₄)	47
5.2.1.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	48
5.2.2 Agropecuária.....	50
5.2.2.1 Dióxido de Carbono (CO ₂)	52
5.2.2.2 Metano (CH ₄)	53
5.2.2.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	55
5.2.3 Energia	56
5.2.3.1 Dióxido de Carbono (CO ₂)	59
5.2.3.2 Metano (CH ₄)	60
5.2.3.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	61

5.2.4 Resíduos.....	62
5.2.4.1 Dióxido de Carbono (CO ₂)	64
5.2.4.2 Metano (CH ₄)	65
5.2.4.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	67
5.2.5 Transporte.....	68
5.2.6. Edificações	70
5.3 Remoções	71
6. MATERIAL PARTICULADO FINO (MP _{2,5})	74
6.1. Climatologia MP _{2,5}	75
6.2. Dados CAMS	79
6.3. Análise das Concentrações de MP _{2,5} no Estado do Amazonas em 2024	84
6.4. Rede de Sensores de Baixo Custo.....	87
7.LACUNAS DE INFORMAÇÕES IDENTIFICADAS E RECOMENDAÇÕES DE MELHORIA	94
ANEXOS	96
Anexo 1. Distribuição das Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) por Município e Setor	96
Anexo 2. Distribuição das emissões anuais de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) em toneladas por setor e subsetor de emissão no Amazonas.	109

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas configuram um dos maiores desafios socioambientais contemporâneos, resultantes do acúmulo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera em decorrência das atividades humanas. O aumento da concentração desses gases intensifica o aquecimento global e altera os padrões climáticos, gerando impactos diretos sobre os ecossistemas, a disponibilidade hídrica, a biodiversidade e as condições de vida das populações. Nesse contexto, o monitoramento das emissões e remoções de GEE constitui um instrumento essencial para compreender a contribuição regional às mudanças do clima e orientar políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação.

O Estado do Amazonas, por sua expressiva extensão territorial e cobertura florestal, desempenha um papel central na regulação climática global. Abrigando a maior porção contínua de floresta tropical úmida do planeta, o Amazonas mantém mais de 95% de seu território coberto por vegetação nativa, além de concentrar ampla rede de áreas protegidas, incluindo Unidades de Conservação e Terras Indígenas, que atuam como importantes sumidouros de carbono. Esses ecossistemas florestais são fundamentais não apenas para o equilíbrio do clima regional e global, mas também para a contenção das emissões, pois absorvem e armazenam grandes volumes de dióxido de carbono (CO₂), compensando parcialmente as emissões oriundas de atividades antrópicas.

Apesar dessa relevância ecológica, o estado tem vivenciado pressões crescentes sobre seus recursos naturais, especialmente em áreas de expansão agropecuária, mineração e infraestrutura, que resultam na mudança do uso da terra e na perda de cobertura florestal. O desmatamento e a degradação florestal, predominantes nas regiões sul e sudeste do estado, configuram as principais fontes de emissões de GEE no Amazonas, respondendo pela maior parte das emissões brutas registradas nos últimos anos.

Nesse cenário, o presente documento, intitulado “*Perfil de emissões do Estado do Amazonas: inventário das emissões atmosféricas (2018–2023)*”, constitui um esforço técnico e institucional voltado à caracterização atual das emissões e remoções

atmosféricas no território estadual. O estudo foi elaborado pela equipe técnica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), com base em metodologias compatíveis com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006; 2019 Refinement) e em dados provenientes de sistemas oficiais, como o SEEG Brasil, o Google Environmental Insights Explorer (EIE) e o Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS).

Com recorte temporal de 2018 a 2023, o inventário analisa o comportamento das emissões e remoções em cinco grandes setores de emissão: Energia, IPPU, Agropecuária, Uso da Terra e Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e Resíduos, e identifica as principais fontes e categorias contribuintes em cada um. Os resultados apontam para o predomínio das emissões associadas ao LULUCF, evidenciando o papel determinante do desmatamento e das queimadas na composição do perfil de emissões do estado, ao passo que as florestas nativas e áreas protegidas permanecem como os principais sumidouros de carbono, desempenhando função essencial na compensação das emissões líquidas.

A elaboração deste inventário representa um marco técnico e estratégico para o Estado do Amazonas, ao consolidar informações fundamentais sobre o comportamento recente das emissões e remoções e ao fornecer subsídios para o planejamento e a integração de políticas públicas ambientais e climáticas. O estudo constitui, portanto, um passo decisivo para a estruturação de um Inventário Estadual de Emissões Atmosféricas completo e para o fortalecimento da governança ambiental no Amazonas, contribuindo para a implementação de estratégias de desenvolvimento sustentável, economia de baixo carbono e neutralidade climática. Ademais, apresenta-se uma análise sobre a concentração de material particulado fino ($MP_{2,5}$) no Estado do Amazonas, ampliando a compreensão sobre os poluentes atmosféricos que afetam diretamente a qualidade do ar e a saúde da população. Além de subsidiar políticas públicas voltadas ao controle da poluição atmosférica e à redução das emissões de gases de efeito estufa, este inventário também contribui para o cumprimento das metas da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, no âmbito do Acordo de Paris.

A NDC brasileira estabelece o compromisso de limitar as emissões nacionais a, no máximo, 850 milhões de toneladas de CO_2 equivalente até 2035, podendo atingir

— em um cenário mais conservador — até 1,05 bilhão de toneladas. O país também se compromete com metas graduais de mitigação, visando alcançar a neutralidade climática (emissões líquidas zero) até o ano de 2050.

O documento, portanto, representa um passo estratégico na estruturação da política climática estadual, reforçando o compromisso do Amazonas com a mitigação das mudanças do clima e a transição para uma economia de baixo carbono.

2. ESCOPO

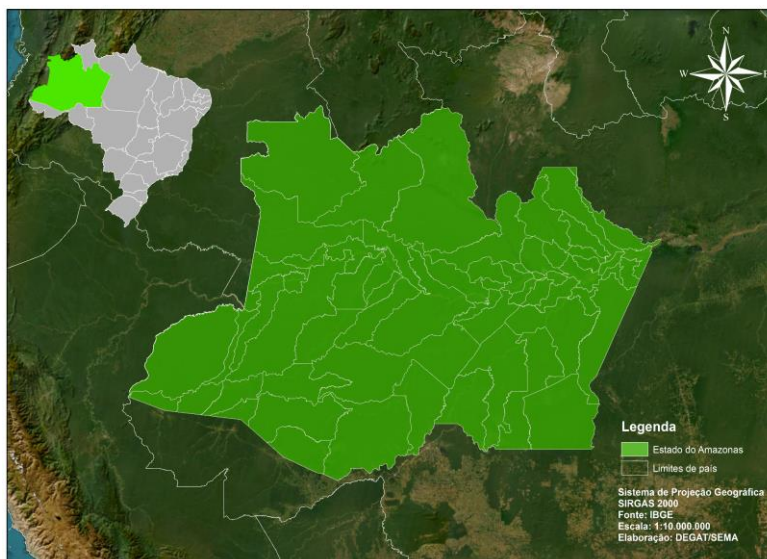
2.1. Contextualização geográfica

O Estado do Amazonas localiza-se na região Norte do Brasil e é o maior estado do país em extensão territorial, com área aproximada de 1.558.706.127 km², o que corresponde a cerca de 18% do território nacional. É dividido em 62 municípios, e possui uma população estimada em 4.321.616 habitantes (IBGE, 2025)

A capital, Manaus, concentra a maior parte da população, das atividades industriais e do consumo energético do estado, enquanto os demais municípios apresentam dinâmicas socioambientais distintas, relacionadas à pecuária, agricultura familiar, extração de recursos naturais e transporte fluvial.

O Amazonas possui fronteiras com Venezuela, Colômbia, Peru, Rondônia, Acre, Pará e Roraima, e é caracterizado por uma logística predominantemente fluvial, o que influencia significativamente os padrões de emissões atmosféricas e consumo energético.

Figura 1. Localização do estado do Amazonas.



2.2. Abrangência temporal e espacial

O presente inventário contempla todo o território do Estado do Amazonas, utilizando diferentes bases de dados que variam conforme o setor analisado e a disponibilidade de informações.

Os dados utilizados foram obtidos a partir das seguintes fontes:

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), que disponibiliza dados consolidados e comparáveis para **todos os municípios amazonenses**, abrangendo os principais setores emissores. Os dados aqui apresentados abrangem os **anos de 2018 a 2023**, representando uma série histórica de seis anos. Esse intervalo foi definido com base na disponibilidade e qualidade dos dados mais recentes fornecidos pelo SEEG e por outras fontes complementares. Além disso, optou-se por apresentar uma análise dos últimos 6 anos, visto que se trata da primeira apresentação de estimativas de emissão no estado do Amazonas, não tendo conhecimento de levantamentos anteriores.

Complementarmente, foram incorporadas as estimativas disponibilizadas pela plataforma Google Environmental Insights Explorer (EIE), que apresenta informações detalhadas sobre emissões urbanas nos setores de transporte e edificações para o período de 2018 a 2023. Entretanto, no caso do Amazonas, os dados da Google estão

disponíveis apenas para **31 municípios** (listados a seguir), nos quais foram apresentadas estimativas individualizadas para o **setor de transporte**:

- Barcelos, Barreirinha, Benjamin Constant, Boca do Acre, Borba, Carauari, Careiro, Careiro da Várzea, Coari, Codajás, Eirunepé, Humaitá, Ipixuna, Iranduba, Itacoatiara, Lábrea, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Manicoré, Maués, Nova Olinda do Norte, Novo Aripuanã, Parintins, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, São Gabriel da Cachoeira, São Paulo de Olivença, Santa Isabel do Rio Negro, Tabatinga e Tefé.

Para o setor de edificações, é disponibilizado apenas os valores totais de emissões agregadas para o estado, sem desagregação por município.

Além disso, este inventário inclui um **panorama complementar sobre a concentração de material particulado fino (MP_{2.5})** no Estado do Amazonas, abrangendo o **período de 2003 a 2024**, a partir de dados de reanálises atmosféricas e sensoriamento remoto, provenientes do Serviço de Monitoramento da Atmosfera Copernicus (CAMS), modelo europeu de monitoramento da composição atmosférica.

Foram também utilizados dados provenientes de **sensores de baixo custo de qualidade do ar** instalados em **24 municípios amazonenses** (listados a seguir) entre **2023 e 2024**, os quais foram selecionados por apresentarem séries estáveis e sem oscilações significativas nos registros:

- Manaus, Barcelos, Lábrea, Apuí, Manicoré (Santo Antônio do Matupi), Humaitá, Parintins, Novo Airão, Novo Aripuanã, Canutama, Eirunepé, Boca do Acre, Atalaia do Norte, Japurá, Tefé, Carauari, Autazes, Pauini, Envira, Juruá, Maraã, Beruri, Careiro e Borba.

Essas diferentes fontes e escalas de informação permitem integrar uma visão mais completa e representativa das emissões atmosféricas e da qualidade do ar no Amazonas, conciliando estimativas estaduais, urbanas e observacionais.

2.3. Poluentes inventariados

O presente inventário contempla as principais classes de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes atmosféricos associados, conforme diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR).

As estimativas foram elaboradas a partir da integração de três bases de dados principais:

- **SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa):** fornece dados consolidados de emissões estaduais e municipais, distribuídos por setor econômico (energia, agropecuária, resíduos e mudança no uso da terra).
- **Google Environmental Insights Explorer (EIE):** disponibiliza estimativas urbanas de emissões de GEE relacionadas aos setores de transporte rodoviário e edificações, com base em dados de mobilidade, consumo de energia e intensidade de emissões por fonte.
- **CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service):** utilizado para caracterização das concentrações atmosféricas de poluentes, em especial o material particulado fino (MP_{2.5}).

Os poluentes inventariados incluem:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorcarbonos (HFCs)
- Perfluorcarbonos (PFCs)
- Hexafluoreto de enxofre (SF₆)
- Trifluoreto de nitrogênio (NF₃)
- Material particulado fino (MP_{2.5}).

As emissões dos gases de efeito estufa foram expressas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), calculadas a partir dos fatores de Potencial de Aquecimento Global (GWP) definidos nos Relatórios de Avaliação do IPCC (AR5 e AR6), exceto para o material particulado fino (MP_{2.5}).

A partir da base de dados do SEEG, optou-se por apresentar neste relatório dados individualizados apenas para os gases metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O) para quatro setores de emissão, uma vez que a base de dados não dispõe de informações completas e consistentes sobre os demais gases de efeito estufa para o período de 2018 a 2023.

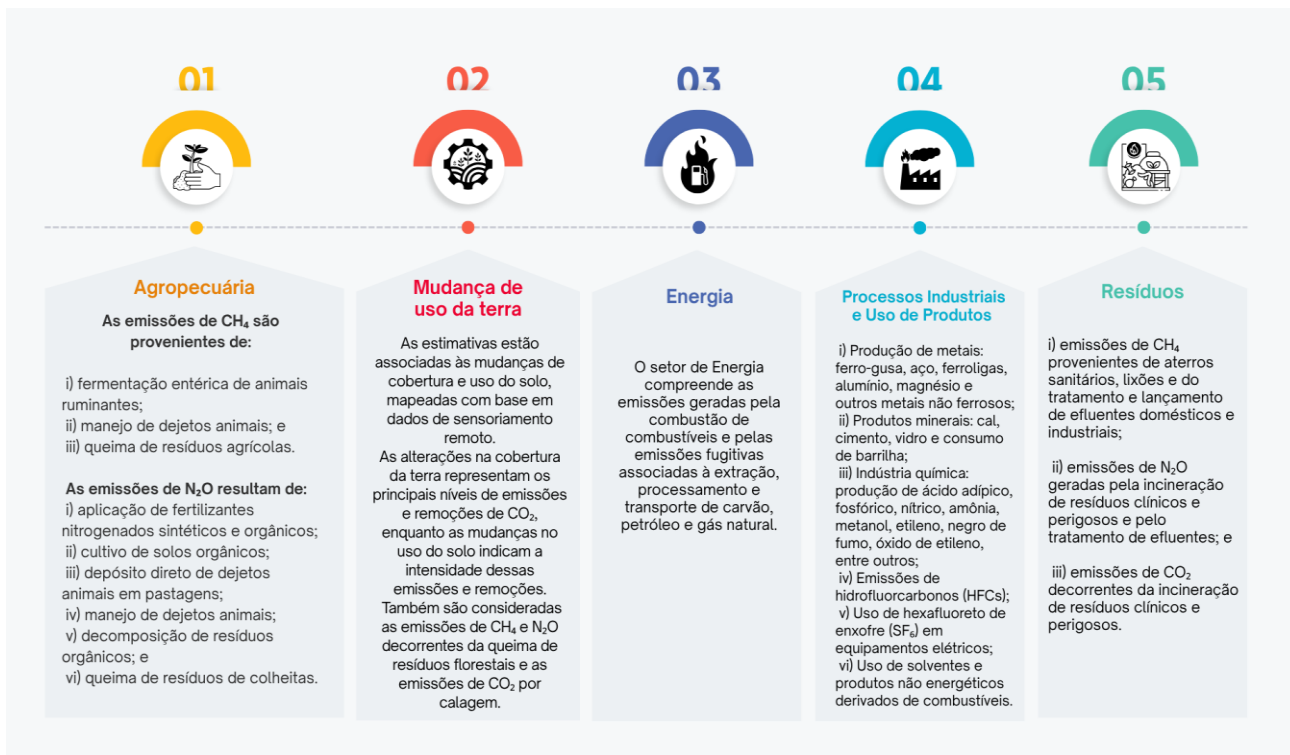
3. METODOLOGIA

3.1. Base SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa)

A metodologia utilizada neste Inventário de Emissões Atmosféricas do Estado do Amazonas foi fundamentada nos procedimentos e bases de dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), desenvolvido pelo Observatório do Clima, na versão 12.0. O SEEG é reconhecido como a principal plataforma pública de estimativas de emissões no Brasil, conforme descrito por Azevedo et al. (2018), publicado na revista [*Scientific Data*](#), do grupo Nature.

As estimativas do SEEG incluem todos os gases de efeito estufa previstos nas diretrizes do Inventário Nacional de Emissões do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e do IPCC (2006; 2019 Refinement), abrangendo CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF. A metodologia é estruturada de forma setorial, abrangendo cinco grandes setores (Agropecuária, Mudança de uso da terra, Energia, Processos Industriais e uso de produtos e Resíduos) e desagregadas em até 5 novas camadas de subsetores de emissão e seus respectivos gases previstos nas Diretrizes do IPCC (Figura 2).

Figura 2. Setores de emissão do SEEG.



Fonte: Elaboração própria adaptada conforme Azevedo et al. 2018

O setor de agropecuária abrange as estimativas de todas as emissões antrópicas não relacionadas ao CO₂ (CH₄ e N₂O) provenientes de sistemas agrícolas, incluindo solos cultivados e atividades pecuárias, com exceção das emissões provenientes da combustão de combustíveis e do tratamento de esgoto, conforme mostrado na figura 1.

Para o estado do Amazonas, o setor de mudança e uso da terra tem como categoria emissora o desmatamento, regeneração e outras mudanças de uso da terra não classificadas pelo SEEG. As remoções compreendem as categorias de remoção por mudança no uso da terra, remoção em áreas protegidas, e remoção por vegetação secundária.

O setor de Energia compreende as emissões de gases de efeito estufa (GEE) resultantes da combustão de combustíveis fósseis e das emissões fugitivas associadas à produção, transformação e consumo de energia. As estimativas englobam as seguintes categorias de emissão no Amazonas: Agropecuária, Comercial, Geração de

Eletricidade (serviço público), Industrial, Produção de Combustíveis, Público, Residencial e Transportes.

Essas categorias representam os principais subsetores de consumo e oferta de energia, nos quais as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O são geradas em processos como:

- Combustão direta de combustíveis em veículos, indústrias e sistemas de geração elétrica isolados;
- Consumo energético em atividades residenciais, comerciais e públicas;
- Queima de combustíveis fósseis e biomassa na produção e transformação de energia;
- Emissões fugitivas durante a extração, armazenamento e transporte de derivados de petróleo e gás natural.

O [setor de processos industriais e uso de produtos](#) engloba as emissões de GEE provenientes de transformações químicas ou físicas de materiais em processos industriais. Os gases considerados são: CO₂, CH₄, N₂O, CO, COVNM, NO_x, PFCs (CF₄ e C₂F₆), HFCs (HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a) e SF₆ (hexafluoreto de enxofre).

As estimativas nesse setor no estado do Amazonas são referentes apenas a produção de cimento.

Para o estado do Amazonas, o [setor de Resíduos](#) abrange as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da disposição e tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos. De acordo com os dados do SEEG, as principais fontes emisoras neste setor incluem: disposição em aterros controlados ou lixões, aterros sanitários, incineração, queima de resíduos a céu aberto e tratamento e despejo de efluentes domésticos. Além disso, o SEEG também considera emissões associadas a atividades agroindustriais, como produção de carne bovina, suína e avícola, produção de leite cru e pasteurizado e produção de celulose, devido ao manejo de resíduos e efluentes gerados nesses processos. No entanto, os dados disponíveis para o Amazonas encontram-se classificados como “NA” (Não Alocados), ou seja, não estão desagregados por município, representando apenas o total estadual consolidado.

Essas fontes resultam principalmente na emissão de metano (CH₄), decorrente da decomposição anaeróbica da matéria orgânica e de óxido nitroso (N₂O), associado à incineração e ao tratamento de efluentes líquidos, representando uma contribuição significativa para o total de emissões do setor de Resíduos no estado.

Todas as estimativas foram expressas em equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e), utilizando os valores de conversão de Potencial de Aquecimento Global (GWP) e Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP) estabelecidos no segundo, quarto e quinto Relatório de Avaliação do IPCC. Para este levantamento, adotaram-se os valores do AR5 (Quinto Relatório de Avaliação) nas estimativas de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), enquanto as estimativas consolidadas de CO₂e foram atualizadas com base nos valores mais recentes do AR6 (Sexto Relatório de Avaliação) (Figura 3).

Figura 3. Valores de Potencial de Aquecimento Global (GWP) e Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP) baseados em relatórios do IPCC.

GÁS	AR2 SEGUNDO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO (IPCC, 1996)		AR4 QUARTO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO (IPCC, 2007)		AR5 QUINTO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO (IPCC, 2013)	
	GTP-100	GWP-100	GTP-100	GWP-100	GTP-100	GWP-100
CO ₂	1	1	1	1	1	1
CH ₄	5	21	5	25	4	28
N ₂ O	270	310	270	298	234	265
HFC-23	12,700	11,700	12,700	14,800	12,700	12,400
HFC-32	94	650	94	675	94	677
HFC-125	1,113	2,800	1,113	3,500	967	3,170
HFC-134a	55	1,300	55	1,430	201	1,300
HFC-143a	4,288	3,800	4,288	4,470	2,500	4,800
HFC-152a	0	140	0	124	19	138
CF ₄	10,052	6,500	10,052	7,390	8,040	6,630
C ₂ F ₆	22,468	9,200	22,468	12,200	13,500	11,100
SF ₆	40,935	23,900	40,935	22,800	28,200	23,500

É importante mencionar que o termo CO₂ equivalente (CO₂e) representa uma unidade de medida que permite comparar o impacto climático de diferentes gases de efeito estufa (GEE) em relação ao dióxido de carbono (CO₂). Cada gás possui um Potencial de Aquecimento Global (GWP) distinto, que indica quanto calor o gás retém na atmosfera ao longo de um período de 100 anos, em comparação ao CO₂, cujo valor de referência é 1.

Assim, as emissões de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e outros gases são convertidas em CO₂e multiplicando-se a quantidade emitida pelo respectivo GWP. Essa padronização permite somar e comparar diferentes gases em uma mesma base, tornando possível quantificar o total de emissões e avaliar o seu efeito combinado no aquecimento global.

As estimativas do SEEG incluem ainda as emissões e remoções de GEE que são apresentadas separadamente, bem como as Emissões Líquidas que combinam ambas. Sendo assim, a variação do estoque de carbono do solo aqui apresentada está relacionada às emissões e remoções de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da matéria orgânica do solo.

Essa componente, embora relevante, não é usualmente incluída nos inventários nacionais de emissões, em razão da escassez de dados detalhados sobre atividades agrícolas, fatores de emissão e taxas de remoção de carbono, além da complexidade associada à permanência do carbono armazenado no solo.

Reconhecendo a importância dessa variável para o balanço de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário e considerando que o cumprimento das metas da NDC brasileira depende, em parte, do sequestro de carbono em solos agrícolas, o SEEG, em sua quarta edição, realizou um exercício metodológico experimental para estimar a variação dos estoques de carbono em solos utilizados pela agricultura no país.

O cálculo abrangeu diferentes sistemas produtivos, incluindo:

- Plantações florestais comerciais (principalmente voltadas à produção de celulose e papel);
- Cultivos agrícolas (sob sistemas de lavoura convencional e plantio direto);
- Sistemas integrados de produção (integração lavoura-pecuária-floresta);

- Pastagens (tanto degradadas quanto em processo de recuperação).

Ressalta-se que as estimativas elaboradas pelo SEEG representam uma aproximação exploratória, baseada em consultas a especialistas e em fatores de emissão e remoção de CO₂ disponíveis na literatura científica nacional. Essas estimativas estão sujeitas a elevado grau de incerteza, uma vez que características edáficas, tipos de manejo agrícola e histórico de uso da terra influenciam fortemente a dinâmica do carbono no solo ao longo do tempo (Azevedo et al., 2018).

3.2. Google Environmental Insights Explorer (EIE)

Este relatório também apresenta estimativas de emissões para transporte e edificações com base na metodologia de cálculo adotada pela Google, o Environmental Insights Explorer (EIE), é uma plataforma voltada para apoiar governos e instituições na estimativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e no planejamento de ações climáticas em nível urbano. O sistema utiliza grandes volumes de dados geoespaciais, combinados a modelagem estatística e aprendizado de máquina, para gerar estimativas consistentes de emissões, consumo energético e oportunidades de redução. A base conceitual do EIE segue as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e os protocolos internacionais de inventários urbanos, como o *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)*.

Além disso, a ferramenta permite aplicar o critério definido no Protocolo GPC (seção 7.3.1), que contabiliza apenas 50% das viagens transfronteiriças, ajustando o cálculo da distância percorrida e das emissões, sem alterar o número total de deslocamentos.

O EIE contempla sete gases de efeito estufa relacionados à geração de energia e à queima de combustíveis: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ e NF₃. As emissões totais são expressas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), calculadas com base no Potencial de Aquecimento Global (GWP) definido pelo IPCC.

Devido à disponibilidade e precisão dos dados, o EIE concentra suas estimativas em dois setores de maior impacto nas cidades:

1. **Transporte rodoviário**, que representa emissões diretas de combustíveis e indiretas de deslocamentos;
2. **Edificações**, que englobam o consumo direto de combustíveis (aquecimento, geração térmica) e indireto de eletricidade.

- **Fonte de dados e estrutura analítica**

O EIE é baseado em dados agregados, anônimos e combinados de diferentes fontes do Google, incluindo:

- ✓ Histórico de localização de usuários que optaram por compartilhar dados de mobilidade;
- ✓ Imagens de satélite e aéreas de alta resolução;
- ✓ Modelos tridimensionais urbanos (3D);
- ✓ Informações de edificações (contornos e tipos) e infraestrutura viária derivadas do Google Maps.

Essas informações, originalmente empregadas para fins de navegação e mapeamento, são agregadas em escala urbana e utilizadas para gerar estimativas de atividade e emissões setoriais, respeitando rígidos protocolos de privacidade e anonimização.

- **Setor de Transporte – Metodologia de Cálculo**

Para estimar as emissões do transporte, o EIE utiliza dados de movimentação anônimos do Google Maps e de usuários que permitem o uso de histórico de localização. Esses dados ajudam a identificar quantas viagens ocorrem, por onde passam os veículos e qual a distância total percorrida em um ano.

O modelo calcula:

1. Distância total percorrida por tipo de transporte (carros, ônibus, motos, bicicletas, etc.);

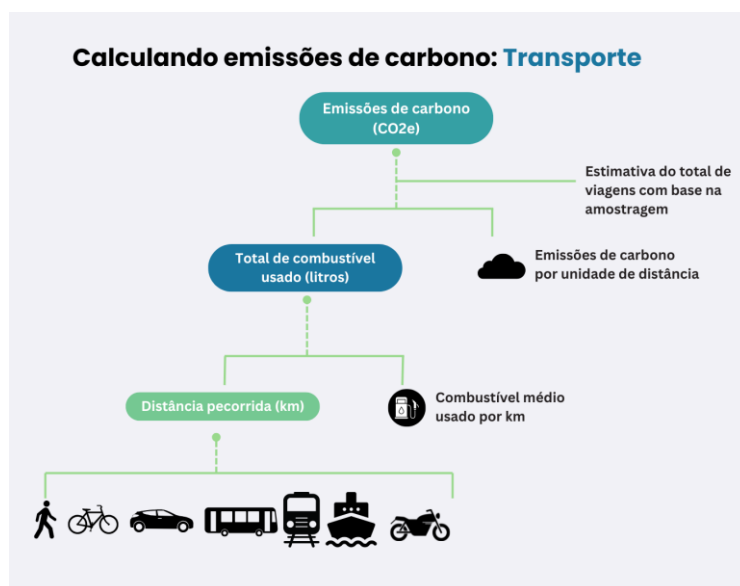
2. Combustível total consumido, com base na eficiência média de cada tipo de veículo;

3. Emissões de CO₂e, multiplicando o combustível consumido pelos fatores de emissão (quantidade de GEE liberada por litro queimado).

Os fatores de emissão e eficiência são obtidos da ferramenta CURB – *Climate Action for Urban Sustainability*, desenvolvida pelo Banco Mundial, que fornece dados específicos sobre tipos de combustível, consumo médio e eficiência veicular em diferentes regiões.

Com esses dados, é possível calcular o total de combustível utilizado e, a partir daí, estimar a quantidade de gases emitidos (CO₂, CH₄ e N₂O). Por fim, os dados de atividade são convertidos em emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), considerando todos os gases gerados na queima de combustíveis. O modelo é continuamente aperfeiçoado, incorporando fatores locais mais precisos à medida que novos dados se tornam disponíveis.

Figura 4. Processo de cálculo de emissões de carbono em transporte.



- **Setor de Edificações - Metodologia de Cálculo**

O Environmental Insights Explorer (EIE) estima as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor de edificações com base em dados provenientes do Google

Maps, imagens de satélite e aéreas e modelagem tridimensional. Esses dados permitem estimar a área construída e classificar as edificações dentro dos limites urbanos em seis categorias principais:

1. Residenciais (casas e apartamentos)
2. Comerciais/oficinas
3. Varejo/estabelecimentos comerciais
4. Hotéis
5. Hospitais
6. Armazéns

Primeiramente, é calculada a área construída total por categoria, o que possibilita contabilizar edificações de uso misto. Em seguida, o EIE utiliza o modelo de energia de edifícios “Model America”, desenvolvido em parceria com o Oak Ridge National Laboratory (EUA), para simular o consumo total de energia de cada edificação, bem como o perfil de uso energético (porcentagem de eletricidade, gás natural, etc.), considerando também características físicas e locais.

Para edificações não cobertas por esse modelo, o EIE aplica fatores regionais de intensidade de uso de energia (EUI – Energy Use Intensity) obtidos na ferramenta CURB – *Climate Action for Urban Sustainability*, estimando o consumo total de energia por área construída.

O mix energético é determinado com base em médias ponderadas regionais de fatores de emissão disponíveis, considerando uma combinação entre eletricidade da rede e combustão estacionária. Na ausência de dados específicos de combustível, adota-se uma proporção padrão de 50% gás natural e 50% óleo diesel. Posteriormente, aplicam-se fatores de emissão para eletricidade e combustão estacionária, convertendo o consumo estimado de energia em emissões totais de GEE (CO₂e). Esses fatores variam conforme região e período, refletindo diferenças na tecnologia e eficiência de geração elétrica, além do intercâmbio de energia entre regiões.

Quando disponíveis, os fatores de emissão são obtidos da plataforma Electricity Maps, que coleta, interpreta e consolida dados sobre energia e emissões de fontes oficiais em todo o mundo — incluindo ministérios e agências nacionais de energia,

institutos oficiais de estatística, operadores de sistemas de transmissão e distribuição e empresas de geração elétrica.

A partir dessas informações, a plataforma calcula fatores de emissão nacionais e subnacionais para mais de 200 regiões, levando em conta o intercâmbio de eletricidade entre diferentes áreas e a composição da matriz energética de cada uma. Na ausência de dados da Electricity Maps, o EIE utiliza fatores provenientes do CURB, baseados em informações de instituições como a Agência Internacional de Energia (IEA), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e o banco de dados eGRID da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), entre outros. Esses fatores incluem todas as emissões de GEE geradas durante a produção de eletricidade, como CO₂, CH₄ e N₂O.

Por fim, os valores estimados são agregados por categoria de edificação dentro dos limites geográficos da cidade, resultando em indicadores de área construída total, consumo de energia e emissões de GEE por tipo de edificação.

Figura 5. Processo de cálculo de emissões de carbono em edifícios.



3.2. Concentração de material particulado fino (MP_{2.5})

Para complementar as estimativas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e ampliar o diagnóstico sobre a qualidade do ar no Estado do Amazonas, foram

utilizados dados de concentração de material particulado fino (MP_{2.5}) provenientes de diferentes fontes.

Inicialmente, foram analisados os registros obtidos por 24 sensores de baixo custo, instalados em 24 municípios amazonenses, selecionados por apresentarem séries temporais consistentes e sem oscilações significativas no período de 2023 a 2024. Esses sensores permitiram caracterizar as variações locais de MP_{2.5} e complementar o monitoramento observacional em escala municipal.

Em virtude da ausência de dados observacionais contínuos para todos os municípios do estado, foram utilizados também os dados provenientes do *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS), programa europeu vinculado ao *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Os dados de concentração de MP_{2.5} empregados neste relatório foram obtidos do conjunto de reanálise EAC4 (ECMWF Atmospheric Composition Reanalysis 4), que representa a quarta geração de reanálises globais da composição atmosférica desenvolvida pelo ECMWF. Essa reanálise combina dados de modelos atmosféricos com observações de diversas partes do mundo, resultando em um conjunto de dados globalmente completo, consistente e fisicamente fundamentado nas leis da física e da química.

Os dados do EAC4 possuem resolução espacial de 0,75° × 0,75° (~80 km) e cobrem o período de 2003 a 2024, permitindo a análise de longo prazo da variabilidade espacial e temporal das concentrações de MP_{2.5} no estado do Amazonas.

Os resultados obtidos a partir do CAMS foram empregados de forma complementar às estimativas de emissões provenientes do SEEG e do Google Environmental Insights Explorer (EIE), permitindo uma análise integrada e multiescalar das emissões e concentrações de poluentes atmosféricos no Amazonas.

4. IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE EMISSÃO NO AMAZONAS

O inventário estadual de emissões do Amazonas adota a classificação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), contemplando cinco grandes setores de emissão: Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), Agropecuária, Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e Resíduos. A análise dos dados recentes evidencia a predominância das emissões oriundas do setor de LULUCF, seguidas pelos setores de Agropecuária, Energia, Resíduos e IPPU, em ordem decrescente de contribuição.

O setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) constitui o principal contribuinte das emissões estaduais, respondendo por aproximadamente 89% do total das emissões líquidas observadas no estado do Amazonas. As principais fontes incluem desmatamento, queimadas e degradação florestal, particularmente nas regiões sul e sudeste do estado, onde há maior conversão de áreas naturais para pastagens e agricultura. Embora o setor também apresente remoções de carbono associadas à regeneração natural e manejo florestal, as emissões brutas ainda superam significativamente as remoções, mantendo o setor como o mais impactante em termos de emissões líquidas de CO₂ equivalente (tCO₂e).

O setor de Agropecuária ocupa a segunda posição em contribuição, representando cerca de 2,8% das emissões totais. As principais fontes estão associadas à fermentação entérica de bovinos e ao manejo de dejetos animais, que geram emissões significativas de metano (CH₄). Adicionalmente, o manejo de pastagens e o uso de fertilizantes nitrogenados contribuem para as emissões de óxido nitroso (N₂O). As emissões agropecuárias se concentram em municípios que compõem o arco de expansão agropecuária no sul do Amazonas, refletindo o avanço da pecuária extensiva.

O setor de Energia representa aproximadamente 6,5% das emissões totais do estado e está associado principalmente à combustão de combustíveis fósseis nos transportes e na geração de energia elétrica em sistemas isolados. A concentração urbana de Manaus contribui de forma significativa para esse setor, especialmente em função do consumo de óleo diesel em transporte rodoviário e geração termoelétrica.

Apesar da baixa representatividade em relação ao total, observa-se tendência de aumento gradual nas emissões energéticas, acompanhando o crescimento populacional e a demanda por transporte e eletricidade.

O setor de Resíduos contribui com aproximadamente 1,5% das emissões totais, resultantes principalmente da decomposição anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e do tratamento de efluentes domésticos. A disposição inadequada de resíduos, comum em municípios de menor porte, potencializa as emissões de metano (CH₄). Em Manaus, a ampliação da coleta e disposição final tem elevado a geração total de emissões do setor, embora ainda represente parcela reduzida no balanço geral.

Por fim, o setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) apresenta participação inferior a 0,1% nas emissões estaduais. As fontes estão relacionadas principalmente ao uso de gases industriais e processos de transformação mineral, com destaque para emissões associadas à fabricação de cimento e uso de HFCs em refrigeração e climatização. O perfil industrial do estado, concentrado no Polo Industrial de Manaus, é majoritariamente voltado à manufatura leve, o que explica o baixo peso relativo deste setor nas emissões estaduais.

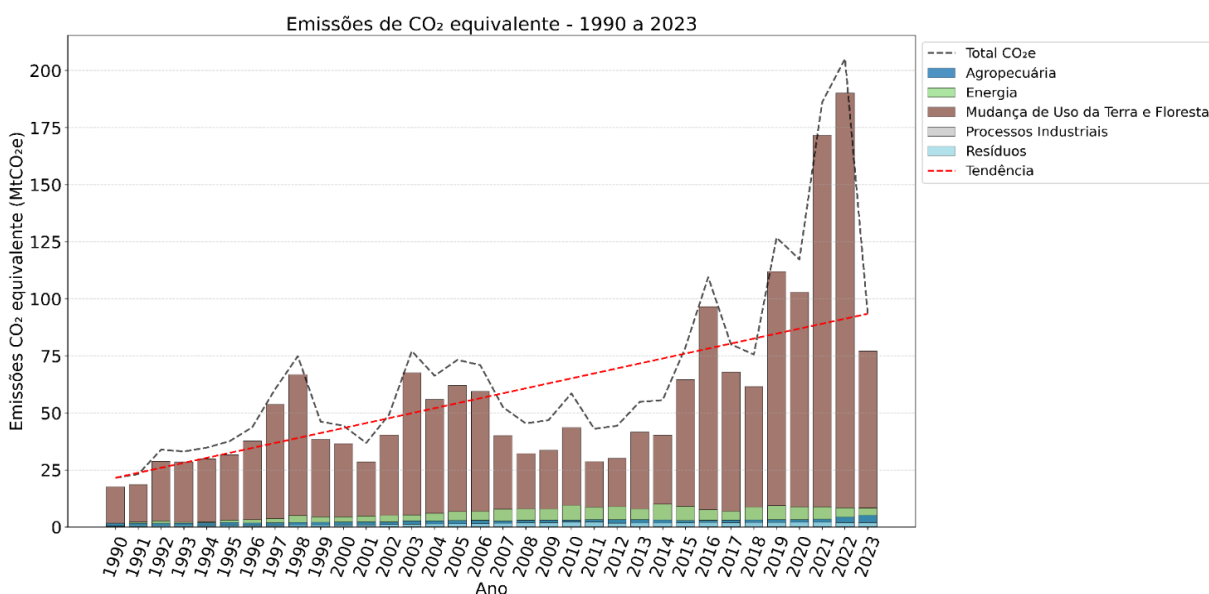
5. RESULTADOS

Este capítulo apresenta a evolução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do estado do Amazonas, enfatizando a contribuição relativa de cada setor e a trajetória do total em CO₂ equivalente (CO₂e). A figura 6 exibe barras empilhadas anuais para os setores de Agropecuária, Energia, Processos Industriais, Resíduos e Mudança de Uso da Terra e Florestas, sobre as quais se sobrepõe uma linha que representa o total anual de emissões, acompanhada por uma linha de tendência que sintetiza o comportamento de longo prazo.

Observa-se que o componente de LULUCF domina a magnitude e a variabilidade interanual das emissões, gerando picos nos anos com maior pressão de conversão e degradação florestal, enquanto a Agropecuária apresenta crescimento gradual e persistente ao longo da série, e os setores de Energia, Processos Industriais e Re-

sídus contribuem de forma relativamente estável e com menor peso relativo. Temporalmente, o total de emissões evolui de patamares moderados nos anos 1990 para elevações mais acentuadas na primeira metade dos anos 2000, com nova intensificação na segunda metade da década de 2010 e início dos anos 2020, seguida de recuo recente associado à redução do componente de uso da terra - entre 2022 e 2023 o estado do Amazonas registrou, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), uma redução de 37.9% na taxa de desmatamento. Ainda assim, o total permanece elevado quando comparado aos níveis iniciais. Em conjunto, a figura sintetiza que as emissões brutas do Amazonas são historicamente condicionadas pelas dinâmicas de uso e cobertura da terra, com papel complementar da Energia e Agropecuária, o que reforça a centralidade de ações de mitigação voltadas à conservação florestal e à contenção de emissões associadas à conversão e degradação de ecossistemas.

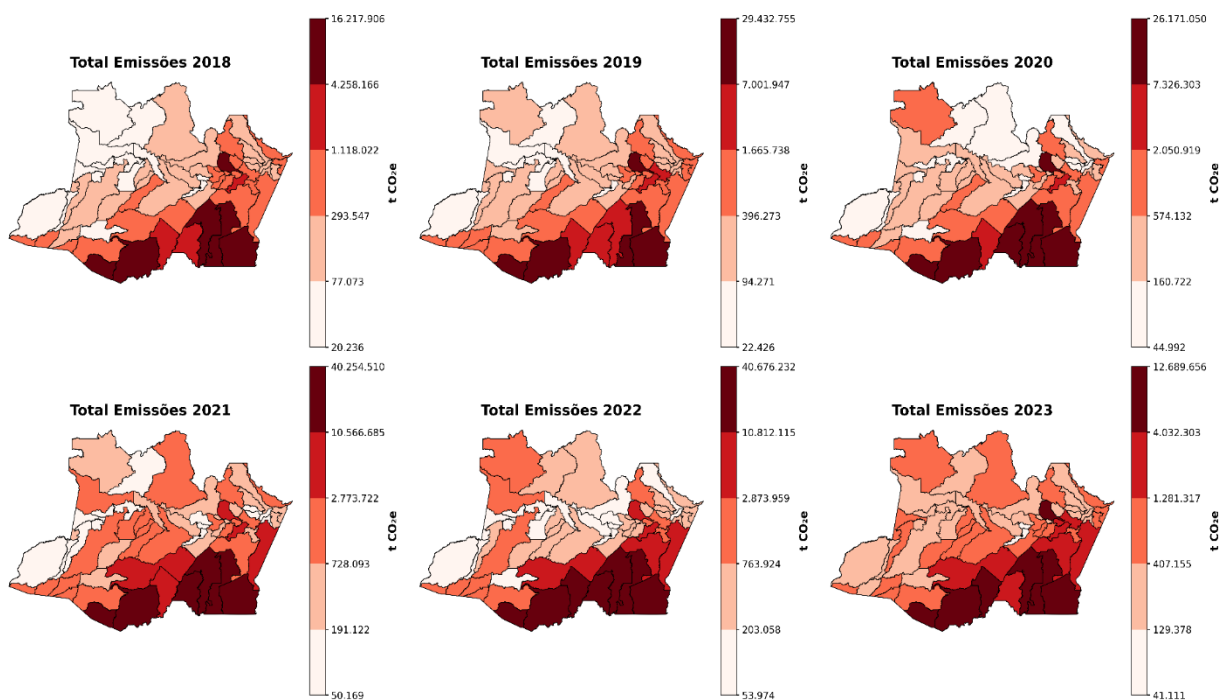
Figura 6. Emissões de CO₂ equivalente por setor de emissão no Amazonas para o período de 1990 a 2023.



A figura 7 apresenta um recorte do período recente (2018–2023) por meio de seis mapas das emissões totais de CO₂e por município no estado do Amazonas. Em todos os painéis, a escala cromática varia do claro (menores emissões) ao vermelho escuro (maiores emissões), com legendas próprias por ano. Observa-se um padrão espacial persistente: os maiores valores concentram-se de forma recorrente no sul e

sudeste do estado, enquanto a porção norte e o extremo oeste exibem, em geral, intensidades menores. Temporalmente, nota-se aumento da intensidade entre 2018 e 2019 (valores máximos aproximados de 16,2 e 29,4 milhões t CO₂e, respectivamente), manutenção de patamares elevados em 2020 (~26,1 milhões t CO₂e) e um pico em 2021–2022, quando os máximos anuais atingem cerca de 40,2–40,6 milhões t CO₂e, seguido de queda acentuada em 2023 (~12,6 milhões t CO₂e), acompanhando o padrão visualizado na figura 6. Em síntese, o recorte evidencia uma concentração espacial estável das emissões no arco sul–sudeste do Amazonas e forte variabilidade interanual, com intensificação até 2021/2022 e retração marcada em 2023; ressalta-se que, por cada painel possuir sua própria legenda, a comparação visual das cores deve ser acompanhada da leitura dos valores absolutos indicados nas escalas anuais.

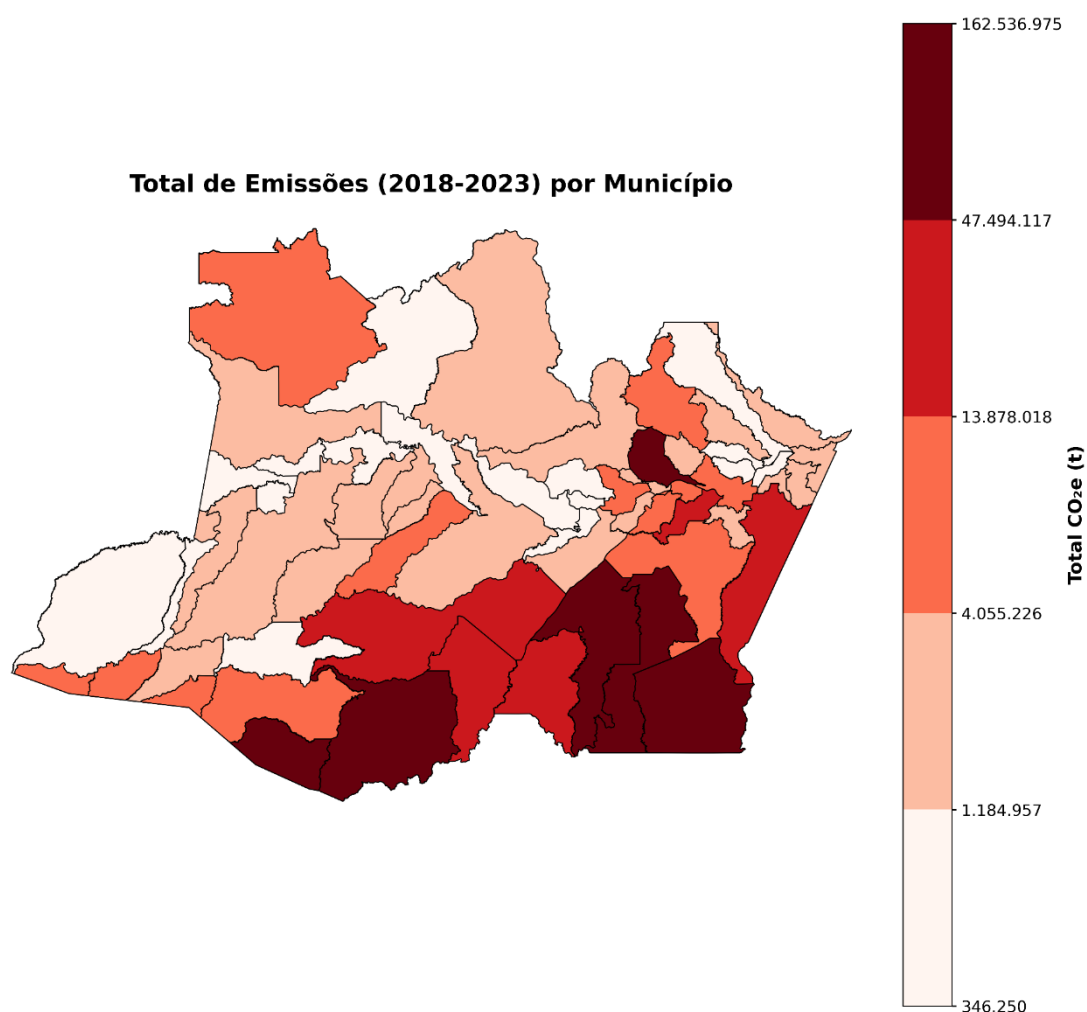
Figura 7. Distribuição espacial anual das emissões totais de CO₂ equivalente (tCO₂e) no Amazonas (2018-2023).



O total acumulado de emissões de CO₂e para o período de 2018 a 2023 é apresentado na figura 8. Observa-se um núcleo persistente de maiores emissões no sul do estado e pontualmente na capital Manaus, enquanto as porções do norte e do extremo oeste apresentam valores relativamente menores. A barra de cores revela uma ampla amplitude de magnitudes, com valores mínimos da ordem de centenas de

milhares e máximos próximos a centenas de milhões de toneladas de CO₂e, indicando elevada concentração das emissões em um subconjunto restrito de municípios. Esse padrão é compatível com a predominância de emissões associadas às mudanças de uso da terra e florestas na borda sul e sudeste da Amazônia Legal, somadas a contribuições setoriais menores, porém recorrentes, de atividades como agropecuária.

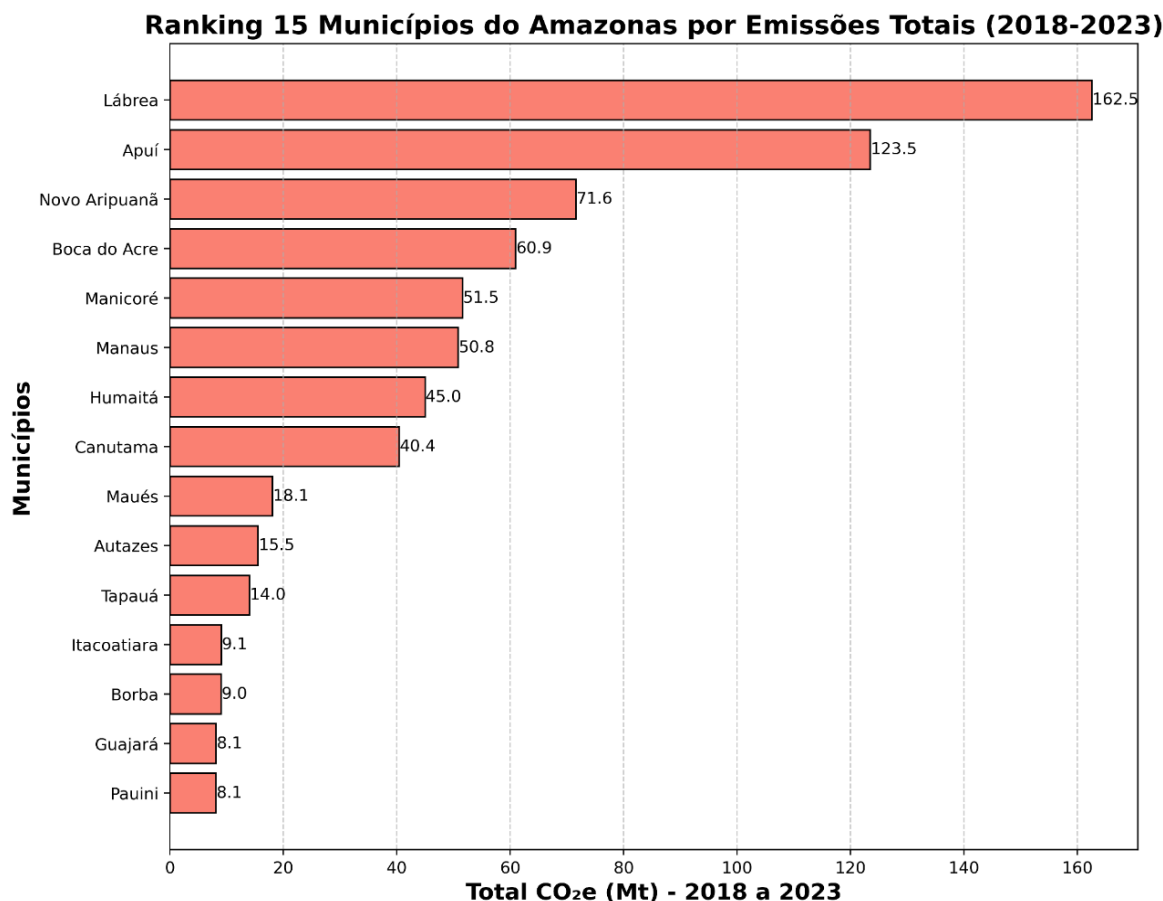
Figura 8. Distribuição espacial total das emissões totais de CO₂ equivalente (tCO₂e) no Amazonas (2018-2023).



O ranking acumulado das emissões totais de CO₂e por município no Amazonas, para o período 2018–2023 (Figura. 9), revela forte concentração no arco sul–sudeste do estado além da capital Manaus, com destaque absoluto para Lábrea, que lidera com 162,5 Mt CO₂e; em seguida aparece Apuí, com 123,5 Mt CO₂e, e, na terceira posição, Novo Aripuanã, com 71,6 Mt CO₂e. Na sequência, compõem o pelotão de maiores emissores Boca do Acre (60,9 Mt CO₂e), Manicoré (51,5 Mt CO₂e), a capital

Manaus (50,8 Mt CO₂e), Humaitá (45,0 Mt CO₂e) e Canutama (40,4 Mt CO₂e). Os 9 municípios prioritários na 4ª fase do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Amazonas (PPCDQ-AM) encontram-se entre os 11 maiores emissores do estado. As diferenças relativas entre as primeiras colocações evidenciam a assimetria do perfil espacial: Lábrea emite cerca de 24% a mais que Apuí e mais que o dobro de Novo Aripuanã, enquanto o bloco intermediário apresenta valores próximos entre si, porém substancialmente abaixo do par líder. Esse arranjo é consistente com a dominância de emissões associadas à mudança de uso da terra e florestas no sul e sudeste do estado, com Manaus figurando como exceção geográfica no topo devido ao perfil urbano e às contribuições dos setores “não-LULUCF”. Importante: este ranking reflete o total acumulado de emissões por município nas bases analisadas e não incorpora a estimativa do setor de transportes derivada do Google Environmental Insights Explorer, por se tratar de fonte distinta e com cobertura incompleta para todos os municípios, não utilizada no cômputo das emissões totais do estado. Em síntese, o ranking confirma a elevada concentração das emissões em um subconjunto restrito de municípios no arco sul–sudeste, com grande distância entre os líderes e os demais, e presença pontual de Manaus entre os maiores emissores.

Figura 9. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no período de 2018 a 2023.



A análise dos resultados das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Estado do Amazonas, separadas por setores de emissão, referente ao período de 2018 a 2023 (figuras 10 e 11), evidencia uma forte predominância do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF), responsável por 89,0% das emissões totais de CO₂e. Esse padrão confirma a característica estrutural do perfil de emissões do estado, no qual o desmatamento e a conversão de cobertura florestal natural continuam sendo as principais fontes de carbono atmosférico.

O setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas apresenta as maiores magnitudes emissoras concentradas nas regiões sul e sudeste do estado, abrangendo principalmente os municípios de Lábrea, Apuí, Humaitá e Boca do Acre. Nessas áreas, a expansão agropecuária e a abertura de novas áreas para pastagem têm sido os principais vetores de desmatamento, resultando em emissões significativas de poluentes

provenientes da queima de biomassa e decomposição da matéria orgânica. O comportamento espacial demonstra a persistência de fronteiras de desmatamento ativas, com aumento das emissões em anos de intensificação das pressões fundiárias e redução em períodos de maior controle ambiental.

O setor de Energia, segundo mais relevante no perfil estadual, responde por 6,5% das emissões totais. As emissões concentram-se nas áreas urbanas e industriais, sobretudo na Região Metropolitana de Manaus, associadas à geração termoelétrica a óleo diesel, amplamente utilizada em localidades fora do Sistema Interligado Nacional (SIN), e ao transporte rodoviário movido a combustíveis fósseis. Observa-se que, embora a participação relativa seja inferior à de LULUCF, o setor apresenta tendência de estabilidade com leve crescimento, acompanhando o aumento da frota veicular e da demanda por energia elétrica no interior.

A Agropecuária contribui com 2,8% das emissões, concentrando-se nas mesmas regiões onde predominam as mudanças de uso da terra, o que demonstra a relação direta entre desmatamento e atividade pecuária. As emissões decorrem principalmente da fermentação entérica de bovinos e do manejo de dejetos animais, com geração de metano (CH_4), além de emissões de óxido nitroso (N_2O) associadas ao manejo de solos agrícolas. A expansão do rebanho e o uso extensivo de pastagens de baixa produtividade configuram fatores críticos que ampliam as emissões do setor.

O setor de Resíduos representa 1,5% das emissões estaduais, com foco em áreas de maior densidade populacional, como Manaus, Parintins e Itacoatiara. As emissões derivam principalmente da decomposição anaeróbica de resíduos sólidos urbanos em aterros e lixões e do tratamento insuficiente de efluentes domésticos, que liberam CH_4 e N_2O . O padrão espacial indica correlação entre volume populacional e intensidade das emissões, reforçando a necessidade de aprimorar a gestão de resíduos e o saneamento básico como medidas de mitigação.

Por fim, o setor de Processos Industriais apresenta baixa representatividade no inventário estadual, respondendo por apenas 0,1% do total de emissões. As emissões desse setor são pontuais, provenientes principalmente de pequenas indústrias de transformação e do uso de gases industriais, sem relevância expressiva no conjunto das emissões estaduais. Essa baixa contribuição reflete o perfil industrial do Amazonas, caracterizado predominantemente por atividades de montagem, beneficiamento

e produção de eletrônicos, com baixo consumo de matérias-primas emissoras de carbono. Nos dados utilizados, as emissões de Processos Industriais aparecem como “não alocadas”, o que impede a elaboração de um mapa representando sua distribuição espacial.

Figura 11. Distribuição espacial das emissões totais de CO₂ equivalente (tCO₂e) por setor de emissão para o período de 2018-2023

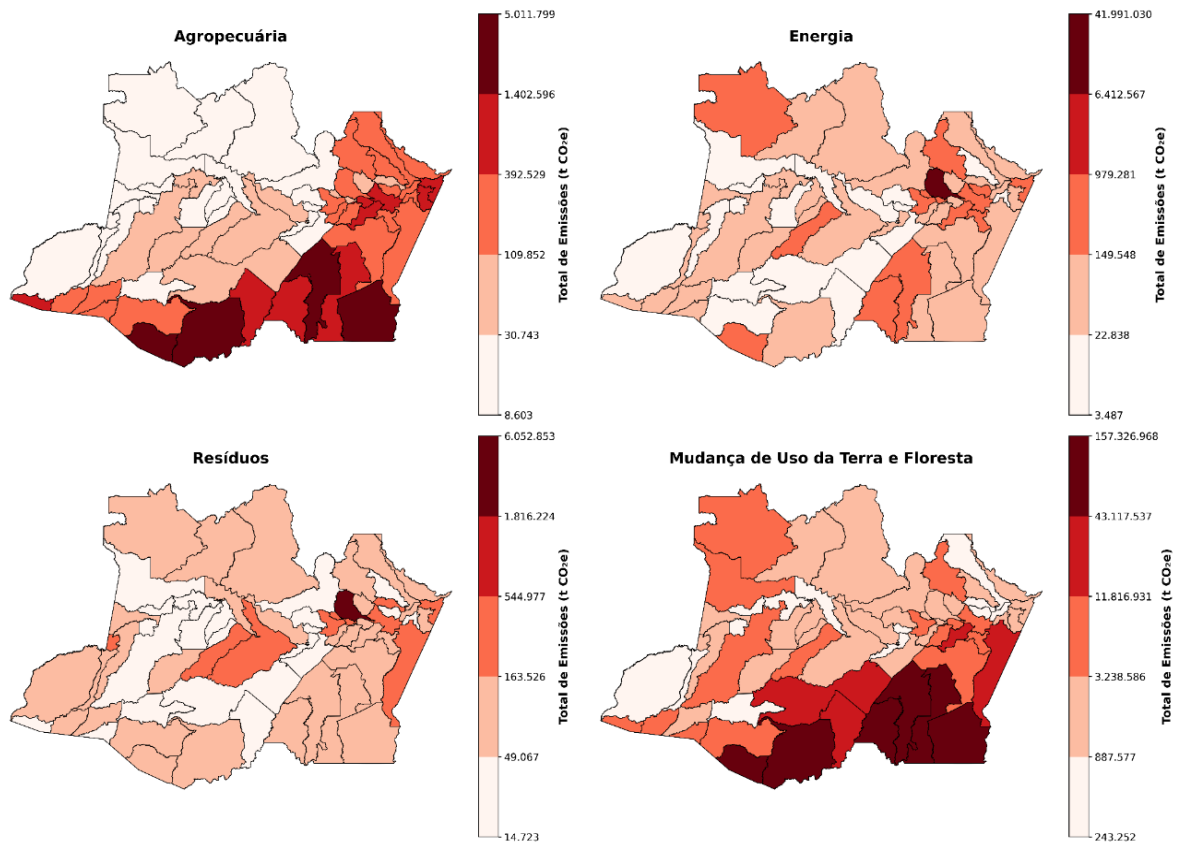
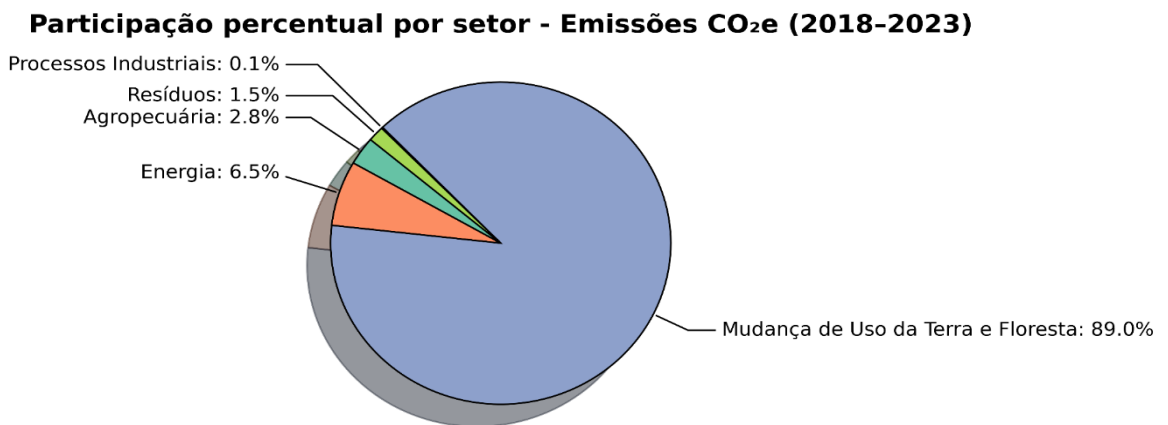


Figura 10. Percentual de emissões totais de CO₂ equivalente por setor de emissão.



5.1. Gases

5.1.1. Dióxido de Carbono (CO₂)

A figura 12 apresenta o gráfico de barras com as emissões totais de CO₂ no Amazonas entre 1990 e 2023. O comportamento temporal dos dois gráficos de barras (CO₂ e CO₂e) é praticamente idêntico: picos e vales ocorrem nos mesmos anos e a hierarquia setorial se preserva ao longo da série. A diferença central está na escala dos valores absolutos: no CO₂e o máximo atinge cerca de 200 Mt, enquanto no CO₂ o pico é de aproximadamente 180.000 kt (isto é, 180 Mt). Essa diferença decorre do fato de o CO₂e incorporar as emissões de CH₄, N₂O e F-gases convertidas em equivalente de CO₂, elevando o total sem alterar o desenho das séries. De todo modo, é possível perceber que o CO₂ é o principal componente do cálculo de CO₂e no estado. No gráfico de pizza (Figura 13), considerando CO₂ (2018–2023), a LULUCF é amplamente dominante (92.8%), com Energia em torno de 7% e os demais setores residuais.

Figura 12. Emissões de CO₂ por setor de emissão no Amazonas para o período de 1990 a 2023.

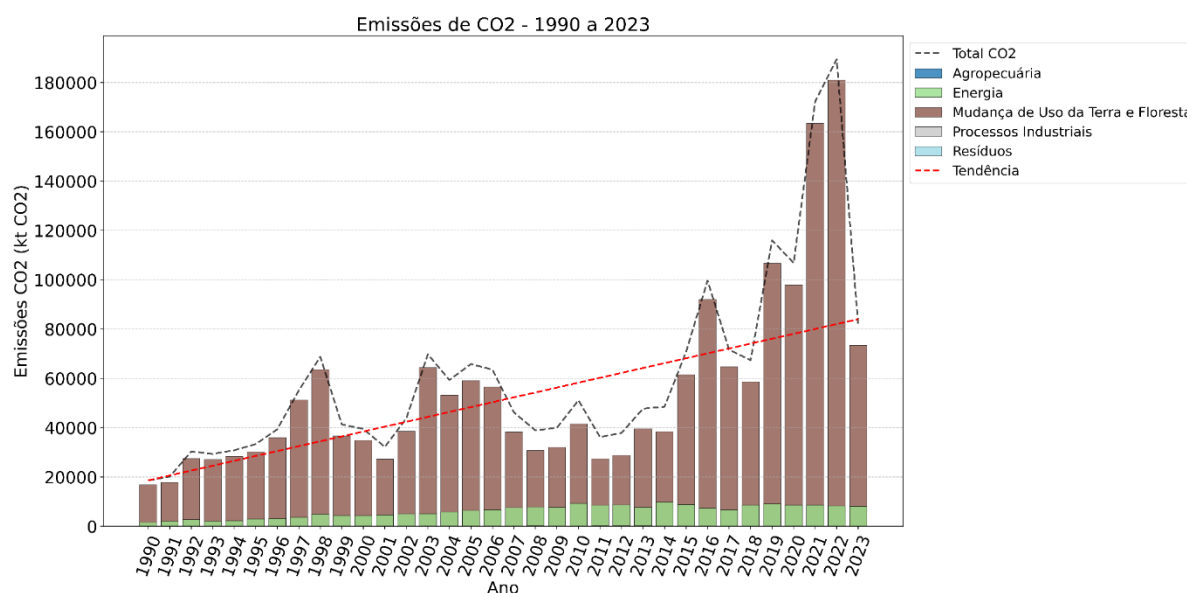
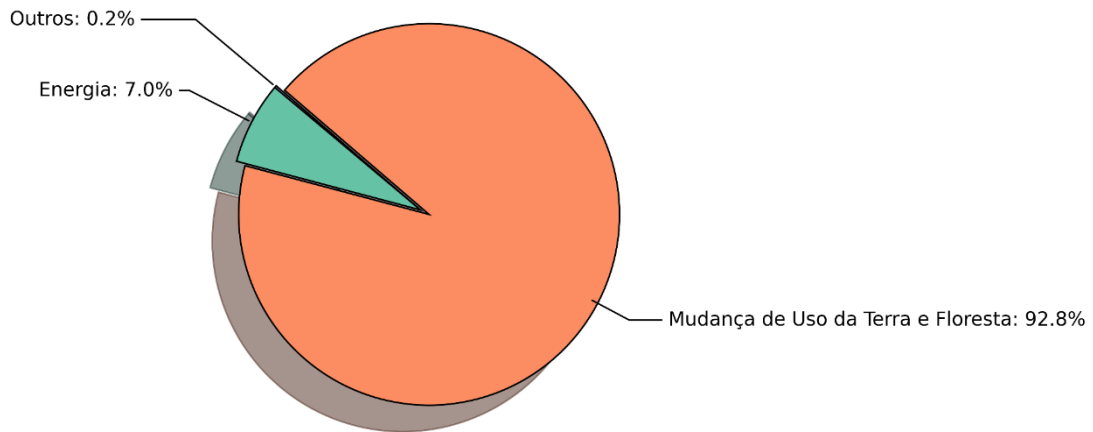


Figura 13. Percentual de emissões totais de CO₂ por setor de emissão.

Participação percentual por setor - Emissões CO₂ (2018-2023)

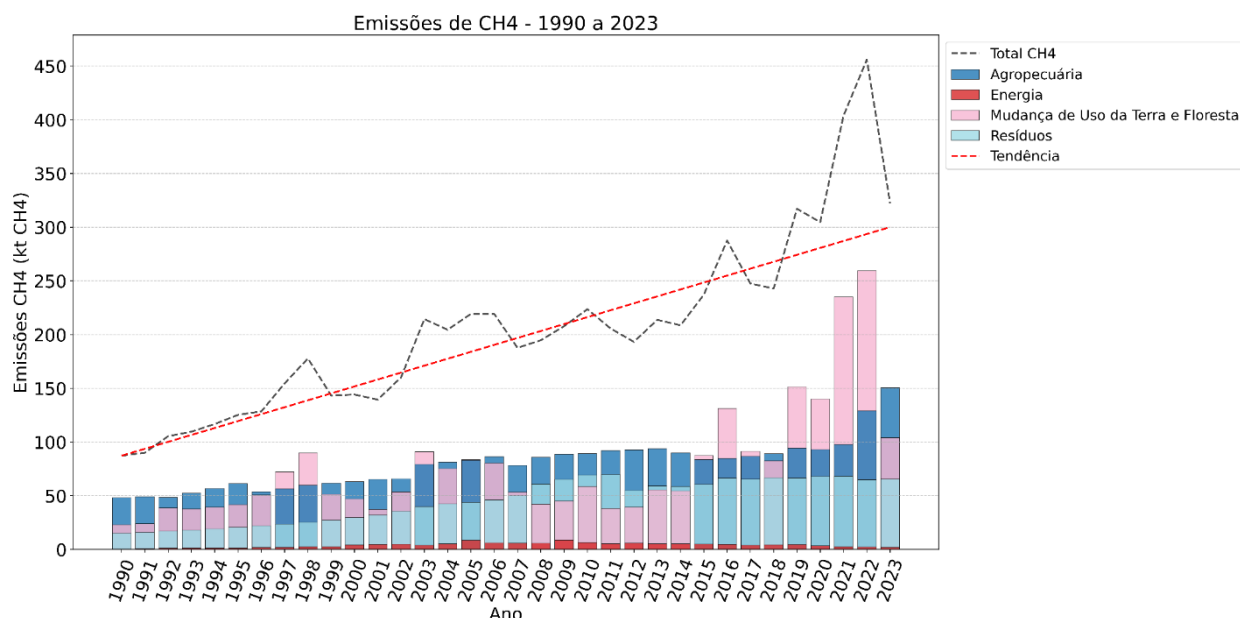


5.1.2. Metano (CH₄)

A Figura 14 apresenta a evolução das emissões de CH₄ entre 1990 e 2023 e evidencia um aumento expressivo do total ao longo da série, acompanhado de forte volatilidade nos anos mais recentes. Em termos de magnitude, o total anual sai de aproximadamente 90 kt em 1990 e alcança cerca de 320 kt em 2023, com um pico notável ao redor de 450 kt em 2022. No gráfico de barras empilhadas por setor, Agropecuária e Resíduos crescem de forma contínua, porém relativamente estável: a Agropecuária passa de cerca de 45 kt em 1990 para algo em torno de 150 kt em 2023, enquanto resíduos, com cerca de 10 kt no início, chega a cerca de 70 kt no final do período. Já o componente de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) é o mais dinâmico e explica os “saltos” do total, sobretudo na segunda metade da série, quando ocorrem picos associados a desmatamento, queimadas e degradação florestal: por exemplo, algo como 60 kt em 2016, cerca de 100 kt em 2019 e aproximadamente 250 kt em 2022. O setor de Energia permanece residual durante todo o período, com emissões consistentemente abaixo de 5 kt. Entre 2019–2022, o total anual já se encontra na casa de 300 kt em 2019, acelera em 2020, atinge o pico de aproximadamente 450 kt em 2022 e recua em 2023, mas permanece acima do patamar de 2019;

esse movimento é impulsionado quase integralmente por LULUCF, enquanto Agropecuária e Resíduos seguem trajetórias de alta suave, sem grandes oscilações interanuais.

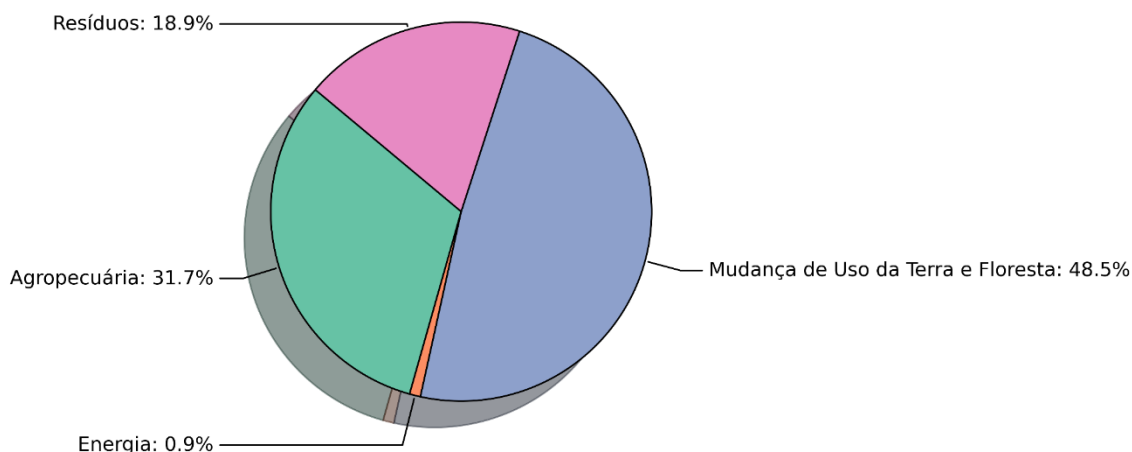
Figura 14. Evolução das emissões de CH4 no período de 1990 a 2023.



A Figura 15, que mostra a composição setorial para o período recente, corrobora essa interpretação ao quantificar as participações: LULUCF responde por 48,5% do total de emissões de CH4, seguido por Agropecuária com 31,7% e Resíduos com 18,9%, enquanto Energia fica em 0,9%. Em outras palavras, quase toda a variabilidade interanual das emissões de CH4 decorre de LULUCF, ao passo que a “base” estrutural das emissões é dada por Agropecuária e, em menor grau, por Resíduos; Energia permanece residual em termos absolutos e relativos.

Figura 15. Percentual de emissão de CH₄ por setor no período de 2018-2023.

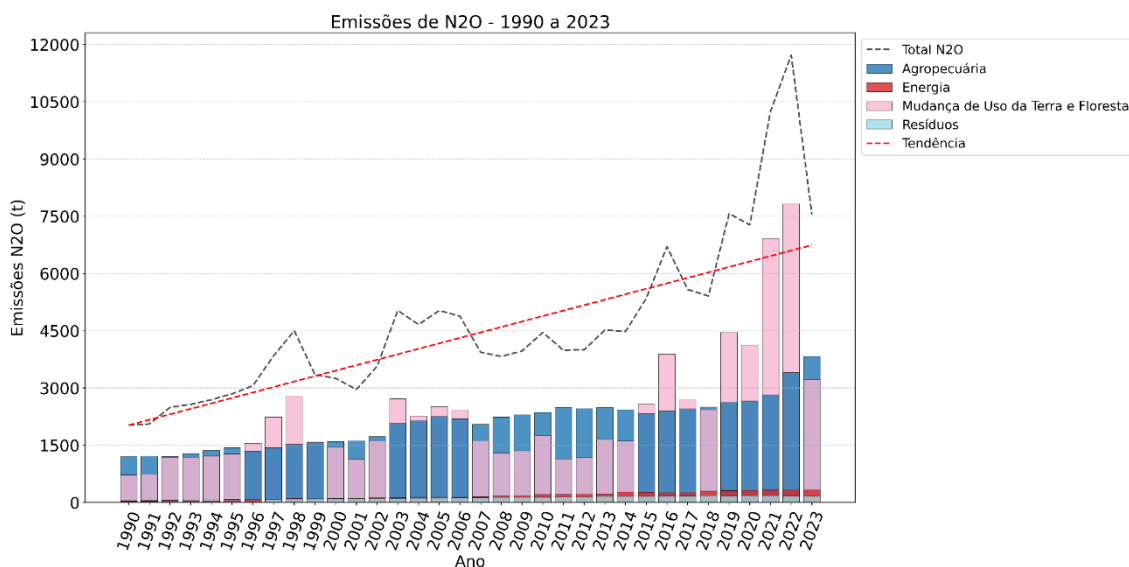
Participação percentual por setor - Emissões CH₄ (2018-2023)



5.1.3. Óxido Nitroso (N₂O)

A Figura 16 apresenta a evolução das emissões de óxido nitroso (N₂O) no Amazonas entre 1990 e 2023. Em termos absolutos, os valores são muito menores que os de CO₂ e CH₄, situando-se tipicamente na ordem de milhares de toneladas por ano, não em centenas de milhares, mas mantêm alta relevância climática devido ao elevado potencial de aquecimento global do N₂O (da ordem de centenas de vezes o do CO₂ em 100 anos, AR6 ≈ 273x). Observa-se uma tendência ascendente ao longo da série: de patamares próximos a 2–3 mil toneladas no início dos anos 1990 para valores superiores a 10 mil toneladas nos anos mais recentes, com marcada variabilidade interanual. Essa variabilidade é explicada, sobretudo, pelo setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas, que domina os picos e vales do total anual; a Agropecuária aparece como o segundo maior contribuinte, crescendo de forma mais gradual e consistente, enquanto Energia e Resíduos permanecem residuais em termos absolutos e relativos ao longo de todo o período.

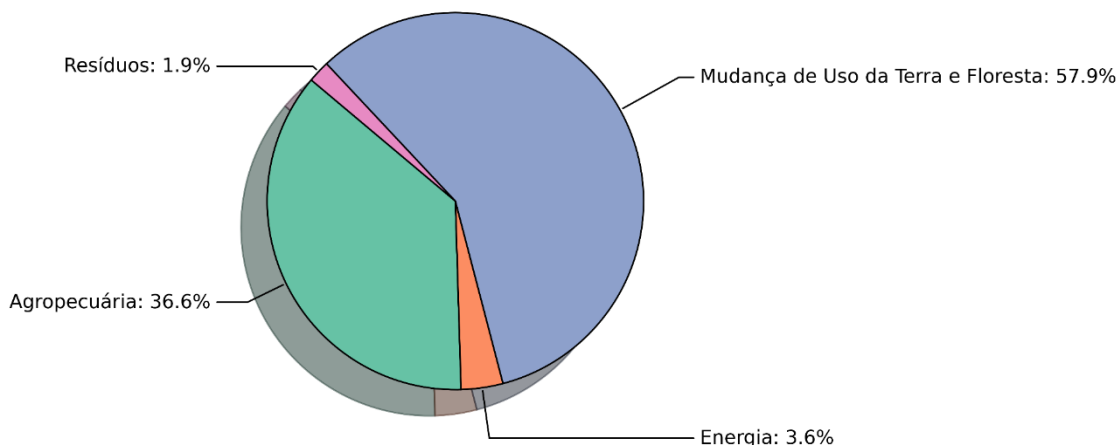
Figura 16. Evolução das emissões de óxido nitroso (N₂O) no Amazonas entre 1990 e 2023.



No quadriênio mais recente destacado, 2019–2022, há uma escalada nítida dos totais anuais, com 2021 e 2022 configurando os maiores níveis da série, com 2021 acima de 7,5 mil toneladas e 2022 ultrapassando 11 mil toneladas. Em ambos os anos de pico, a contribuição setorial é claramente dominada por LULUCF, responsável pela maior parcela do acréscimo no total, enquanto a Agropecuária mantém sua trajetória de alta, porém mais estável, e Energia e Resíduos seguem muito abaixo, com pouca influência sobre o total. Quando agregamos o período recente (2018–2023), a composição percentual reforça esse quadro, com LULUCF respondendo por cerca de 57,9% das emissões de N₂O, a Agropecuária por 36,6%, Energia por 3,6% e Resíduos por 1,9%. Em síntese, embora os valores absolutos de N₂O sejam “bem menores” do que os de outros gases, os picos observados, especialmente em 2021–2022, são climaticamente relevantes devido ao alto poder de aquecimento do N₂O; além disso, a dinâmica do setor de uso da terra imprime forte volatilidade ao total.

Figura 17. Percentual de emissão de N2O por setor no período de 2018-2023.

Participação percentual por setor - Emissões N2O (2018-2023)



5.2. Setores de Emissão

5.2.1. Mudança de Uso da Terra e Floresta

Entre os anos de 2018 e 2023, as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) associadas à Mudança de Uso da Terra e Floresta no estado do Amazonas apresentaram variações significativas, refletindo a dinâmica territorial e as pressões antrópicas sobre os ecossistemas florestais. A análise espacial evidencia que as emissões se concentram predominantemente nas regiões sul e sudeste do estado, especialmente nos municípios de Lábrea, Boca do Acre, Humaitá e Apuí, áreas historicamente marcadas pela expansão da fronteira agropecuária e pela substituição da cobertura florestal por pastagens e áreas agrícolas.

No período de 2018 a 2020, observa-se um aumento progressivo das emissões, com expansão das áreas de maior intensidade no sul e sudeste. O ano de 2020 marca um pico de emissões dos primeiros 3 anos, coincidindo com o aumento das taxas de desmatamento registradas durante a pandemia, período em que houve redução da fiscalização ambiental e intensificação das atividades ilegais de conversão

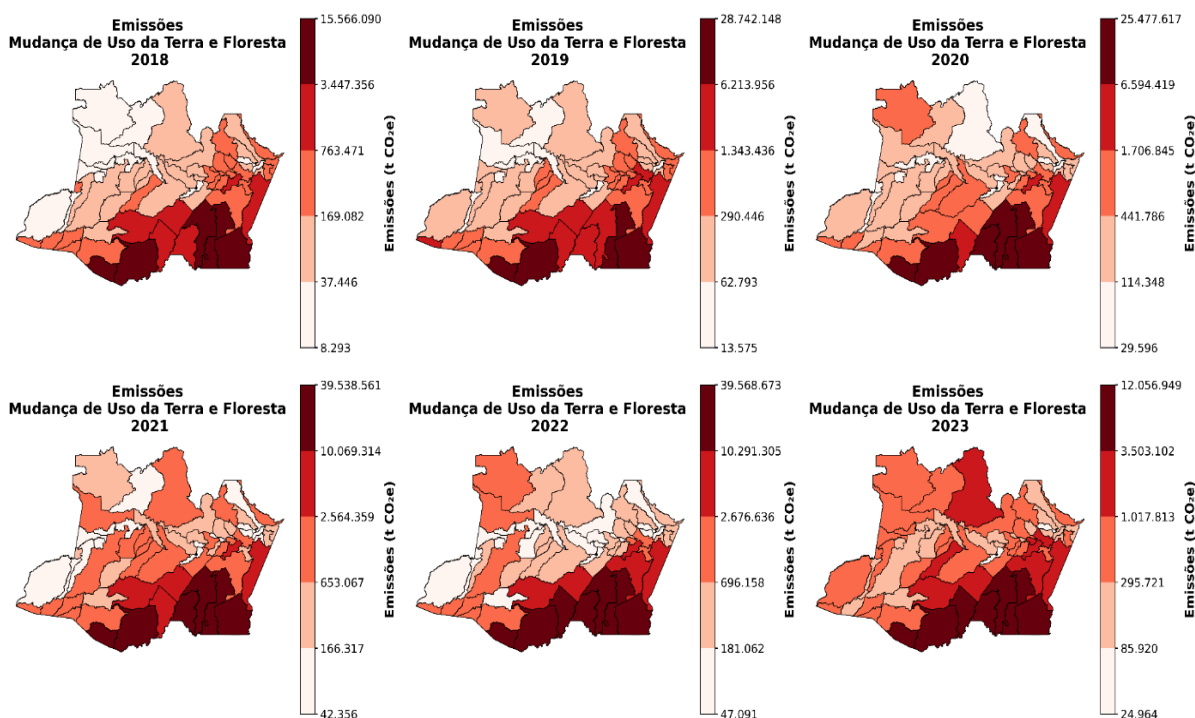
florestal. Em 2021 e 2022, as emissões permaneceram elevadas, atingindo os maiores valores do período analisado, com destaque para a intensificação dos focos de emissão em municípios do centro-leste, como Manicoré e Novo Aripuanã.

A partir de 2023, observa-se uma redução significativa nas emissões totais, acompanhada de uma diminuição das áreas nas classes mais elevadas de emissão. Essa tendência pode estar associada à retomada de ações de controle e monitoramento ambiental, bem como a mudanças nas políticas públicas e estratégias de comando e controle, que contribuíram para a desaceleração das taxas de desmatamento em determinadas regiões.

As regiões norte e noroeste do Amazonas, incluindo municípios como São Gabriel da Cachoeira, Barcelos e Japurá, mantiveram baixos níveis de emissões durante todo o período, em razão da predominância de áreas de floresta contínua, terras indígenas e unidades de conservação, que atuam como barreiras ao avanço da conversão florestal.

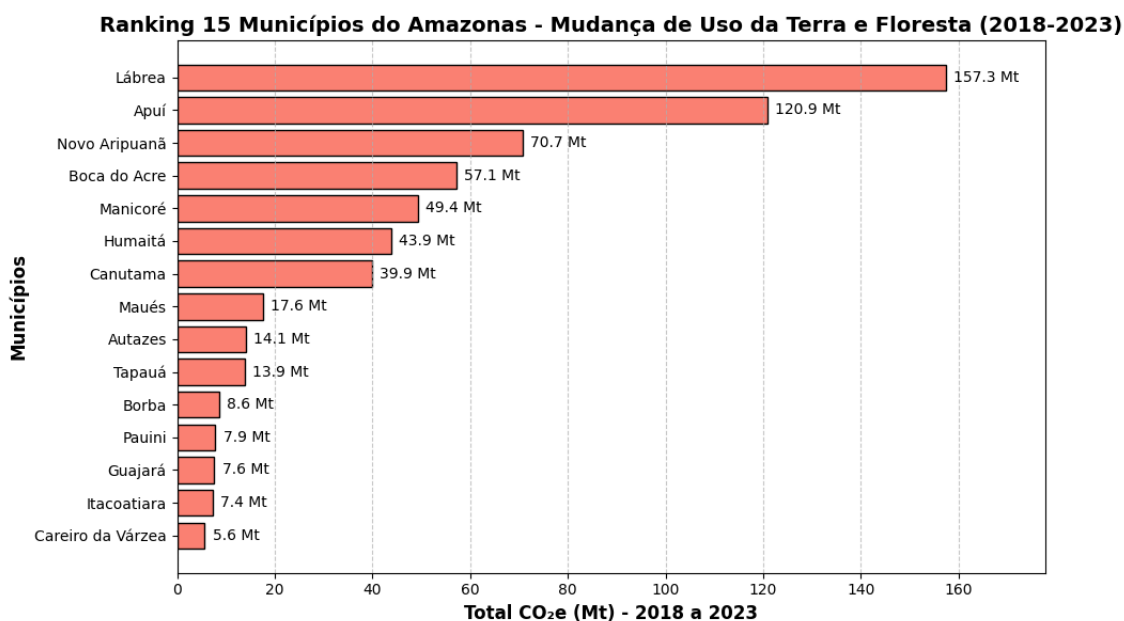
De modo geral, os resultados reforçam a correlação entre as emissões por mudança de uso da terra e os processos de expansão agropecuária e desmatamento, destacando a importância de políticas integradas de ordenamento territorial, incentivo à produção sustentável e fortalecimento da governança ambiental. A redução observada em 2023 representa um indicativo positivo, mas ainda requer esforços contínuos para consolidar uma trajetória de baixo carbono, especialmente nas regiões mais vulneráveis à pressão por desmatamento.

Figura 18. Distribuição espacial das emissões anuais de CO₂ equivalente (tCO₂e) para o setor Mudança de uso da Terra e Floresta no período de 2018-2023.



A Figura 19 apresenta o ranking dos 15 municípios com maiores emissões entre 2018 e 2023, evidenciando forte concentração espacial das emissões por mudança de uso da terra no sul e sudeste do Amazonas. Lábrea (157,3 Mt) e Apuí (120,9 Mt) lideram com ampla margem, seguidos por Novo Aripuanã (70,7 Mt), indicando poucos hotspots responsáveis por uma parcela desproporcional do total. Os sete primeiros colocados concentram a maior parte das emissões listadas. Vale destacar que os nove municípios prioritários no combate ao desmatamento e às queimadas no Amazonas (PPCDQ-AM, 4^a fase) figuram entre os dez com maiores emissões nesse setor. Na outra extremidade, municípios como Careiro da Várzea (5,6 Mt), Itacoatiara (7,4 Mt) e Guajará (7,6 Mt) apresentam valores muito inferiores, reforçando a assimetria territorial observada.

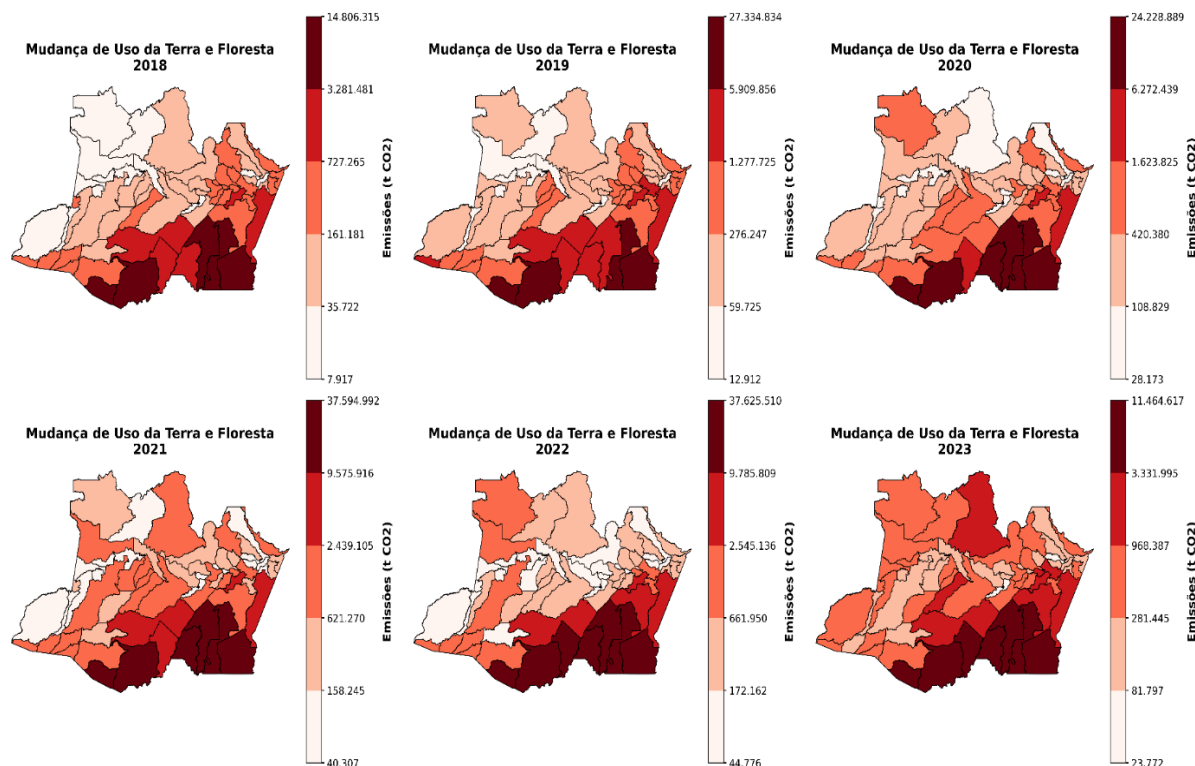
Figura 19. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no setor de Mudança de uso da Terra e Floresta no período de 2018 a 2023.



5.2.1.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) decorrentes das mudanças de uso da terra e florestas no estado do Amazonas, entre os anos de 2018 e 2023 (Figura 20), evidenciam uma forte concentração espacial nas regiões sul e sudeste, especialmente nos municípios de Lábrea, Boca do Acre, Humaitá e Apuí. Essas áreas configuram a principal fronteira de desmatamento do estado, caracterizada pela substituição de florestas nativas por pastagens e atividades agropecuárias, refletindo os processos de conversão florestal responsáveis pela maior parcela das emissões de CO₂.

Figura 20. Emissões de dióxido de carbono (CO₂) anual, decorrentes das mudanças de uso da terra e florestas no estado do Amazonas, entre os anos de 2018 e 2023.



Em 2018, observa-se uma distribuição inicial de emissões intensas no extremo sul, que se expande de forma gradual em 2019 e 2020, acompanhando o avanço do desmatamento em direção ao centro-leste do estado. O ano de 2020 marca um pico de emissões nas escalas superiores (acima de 6 milhões tCO₂ em determinados municípios), coincidindo com o aumento das taxas de desmatamento observadas nacionalmente, possivelmente em decorrência da redução da fiscalização ambiental durante o período pandêmico.

Nos anos de 2021 e 2022, as emissões mantêm-se em patamares elevados, atingindo os maiores valores absolutos do período analisado, com áreas superando 9 milhões tCO₂. O padrão espacial demonstra a persistência da pressão sobre os municípios do sul e sudeste, ao mesmo tempo em que surgem novos focos relevantes no centro-sul e leste do estado, como Manicoré e Novo Aripuanã, indicando expansão da fronteira de desmatamento para regiões antes menos impactadas.

Em 2023, verifica-se uma redução expressiva nas emissões totais e na intensidade espacial, com diminuição das áreas nas faixas mais elevadas de emissão. Esse

comportamento pode refletir avanços nas ações de comando e controle, políticas de monitoramento e combate ao desmatamento, e maior atuação de órgãos ambientais federais e estaduais na região. Ainda assim, o sul do Amazonas continua sendo o principal polo emissor, demonstrando a necessidade de continuidade e fortalecimento das estratégias de mitigação.

As regiões norte e noroeste do estado, abrangendo municípios como São Gabriel da Cachoeira, Barcelos e Japurá, mantiveram níveis muito baixos de emissões em todo o período, o que está associado à elevada cobertura florestal contínua, presença de terras indígenas e unidades de conservação, e baixa densidade de atividades agropecuárias.

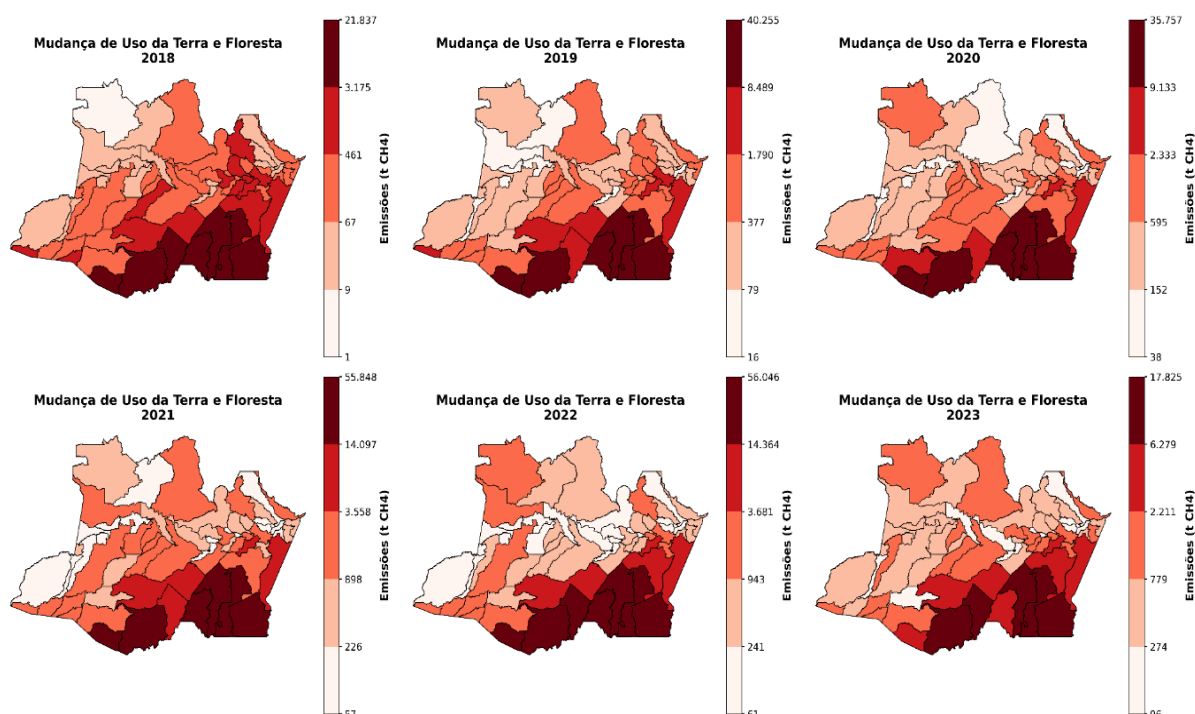
De modo geral, a análise evidencia que o setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas permanece como o principal contribuinte das emissões do Amazonas, sendo fortemente correlacionado aos processos de desmatamento e conversão de uso da terra. A tendência de redução observada em 2023, embora positiva, ainda demanda ações estruturais de ordenamento territorial, incentivo a práticas produtivas de baixo carbono e monitoramento contínuo das dinâmicas de uso do solo para consolidar uma trajetória de mitigação efetiva.

5.2.1.2 Metano (CH₄)

A figura apresenta seis mapas anuais consecutivos (2018–2023) das emissões de metano (CH₄), em toneladas, associadas à mudança de uso da terra e florestas, mapeadas em escala municipal (cidades), com uma paleta do claro ao vermelho escuro indicando, respectivamente, menores e maiores emissões. Em 2018 observam-se valores relativamente modestos, com máxima municipal de 21.837 t CH₄ e manchas escuras concentradas em conjuntos de cidades no setor sul/sudeste do recorte, enquanto o norte e o oeste aparecem majoritariamente em classes baixas; em 2019 há intensificação e expansão desses núcleos de alta emissão, com pico de 40.255 t CH₄; em 2020 ocorre leve recuo do máximo para 35.757 t CH₄, mas o padrão espacial se mantém, com os mesmos agrupamentos de cidades sustentando as maiores cargas; em 2021 registra-se o maior salto do período, com máximo de 55.848 t CH₄ e

ampliação/escurecimento dos aglomerados meridionais e sudeste; em 2022 o pico é ligeiramente superior (56.046 t CH₄), preservando a dominância de municípios do sul e sudeste e a prevalência de classes baixas no norte e oeste; por fim, 2023 evidencia queda acentuada e generalizada, com máximo de 17.825 t CH₄, sugerindo redução ampla nas emissões municipais. Em síntese, ao longo de todo o período, os hotspots recaem sobre conjuntos contíguos de cidades na porção sul e sudeste da área mapeada, enquanto cidades do norte e do oeste tendem a apresentar emissões menores.

Figura 21. Distribuição espacial anual do metano (CH₄) associado a Mudança de Uso da terra e Floresta (2018-2023).



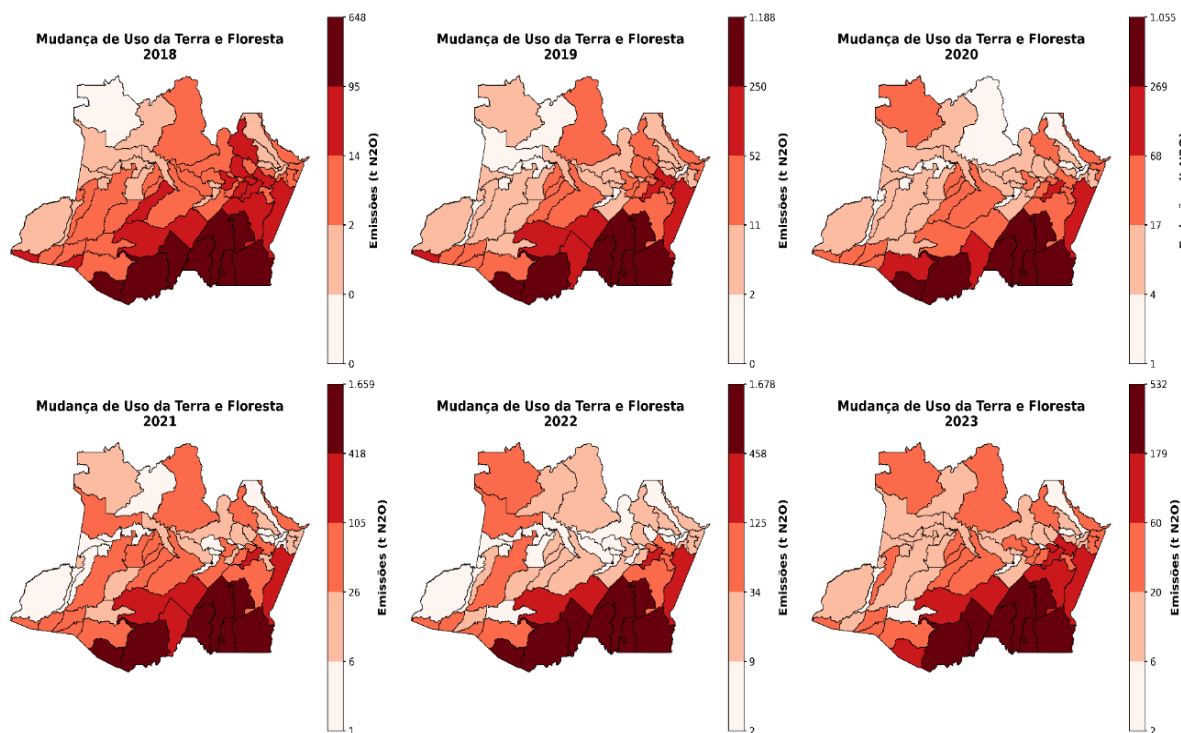
5.2.1.3 Óxido Nitroso (N₂O)

O conjunto de seis mapas (Figura 22) retrata, em escala municipal, as emissões de óxido nitroso (N₂O) associadas à mudança de uso da terra e florestas, expressas em toneladas de N₂O (t N₂O). Ao longo de todo o período, os hotspots permanecem concentrados em aglomerações de municípios no setor sul do estado do Amazonas, enquanto municípios do norte e do oeste exibem predominantemente classes baixas,

sugerindo menor intensidade de conversão de uso e menor distúrbio do solo nessas áreas.

Em 2018 observam-se emissões moderadas com máximo municipal aproximado de 648 t N₂O, seguidas por um aumento expressivo em 2019, quando o pico atinge ~1.188 t N₂O e as manchas de alta emissão se expandem. Em 2020 há leve retração do valor máximo para 1.055 t N₂O, mantendo-se, porém, o mesmo mosaico espacial com predominância de altas no sul/sudeste. Já em 2021 ocorre um salto para 1.659 t N₂O, com intensificação e maior coalescência dos núcleos de alta emissão nessas mesmas faixas. 2022 registra o maior pico do período, 1.678 t N₂O, preservando a dominância espacial dos municípios meridionais e, por fim, 2023 mostra queda acentuada do máximo para 532 t N₂O e redução visível da extensão e intensidade das áreas de maior emissão, com clareamento generalizado do painel.

Figura 22. Distribuição espacial anual do óxido nitroso (N₂O) associado a Mudança de Uso da terra e Floresta (2018-2023).



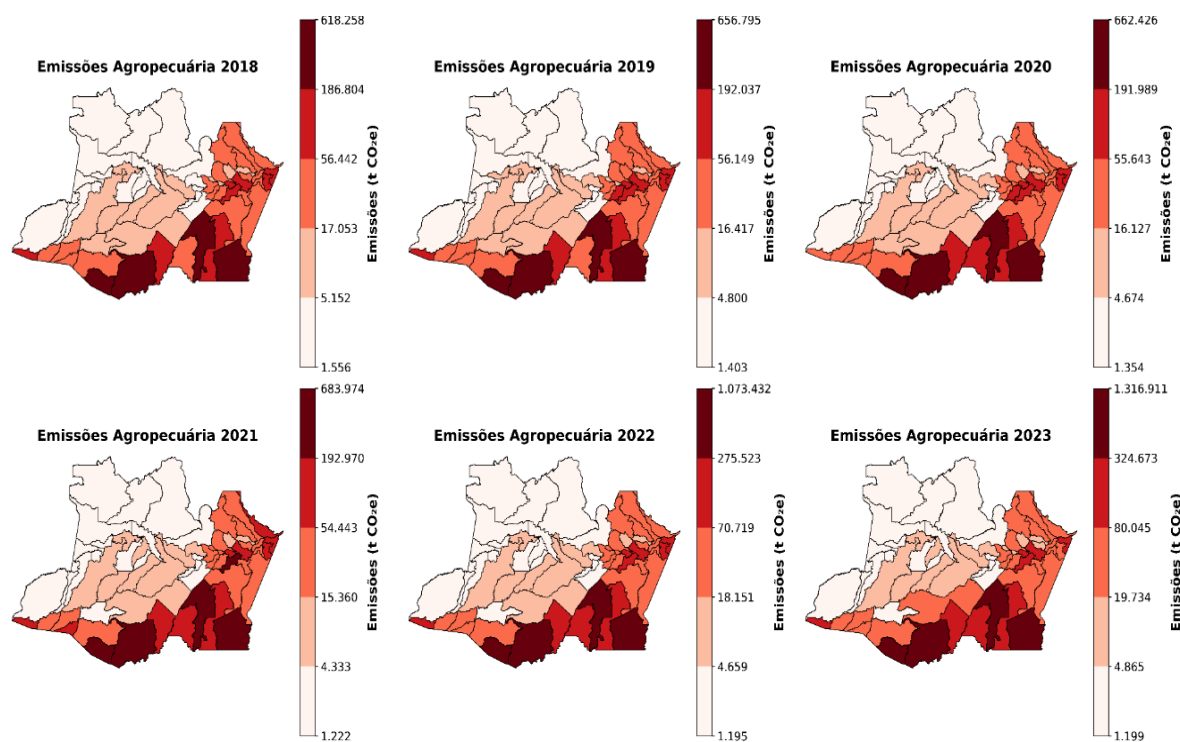
Ressalta-se que cada ano possui sua própria legenda e intervalo de classes, de modo que a comparação interanual deve se basear nos valores numéricos e não

apenas na intensidade visual das cores. Observa-se que as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O aumentam de forma consistente entre 2018 e 2022 no setor de mudança de uso da terra e florestas, acompanhando a intensificação do desmatamento no estado nesse período. A série espacial evidencia uma concentração e intensificação das emissões sobretudo entre 2019 e 2022 em agrupamentos municipais do sul e sudeste da área analisada, seguida por recuo expressivo em 2023. Por outro lado, municípios do norte e oeste mantêm, em geral, níveis baixos e estáveis de emissões ao longo de todo o período.

5.2.2 Agropecuária

Os seis mapas anuais (2018–2023) de CO₂e do setor de emissão agropecuária no Amazonas evidenciam um gradiente espacial persistente com hotspots concentrados no sul/sudeste do estado, enquanto o norte e o oeste permanecem com baixos níveis relativos (Figura 23). Observa-se intensificação temporal das emissões máximas por município ao longo da série: 2018 (618.258 t), 2019 (656.795 t), 2020 (662.426 t), 2021 (683.974 t), com salto expressivo em 2022 (1.073.432 t) e novo aumento em 2023 (1.316.911 t). Esse padrão sugere crescimento da atividade agropecuária e/ou aumento de emissões por unidade de atividade nos polos consolidados do arco sul/sudeste.

Figura 23. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) anual, decorrentes da Agropecuária no estado do Amazonas, entre os anos de 2018 e 2023.

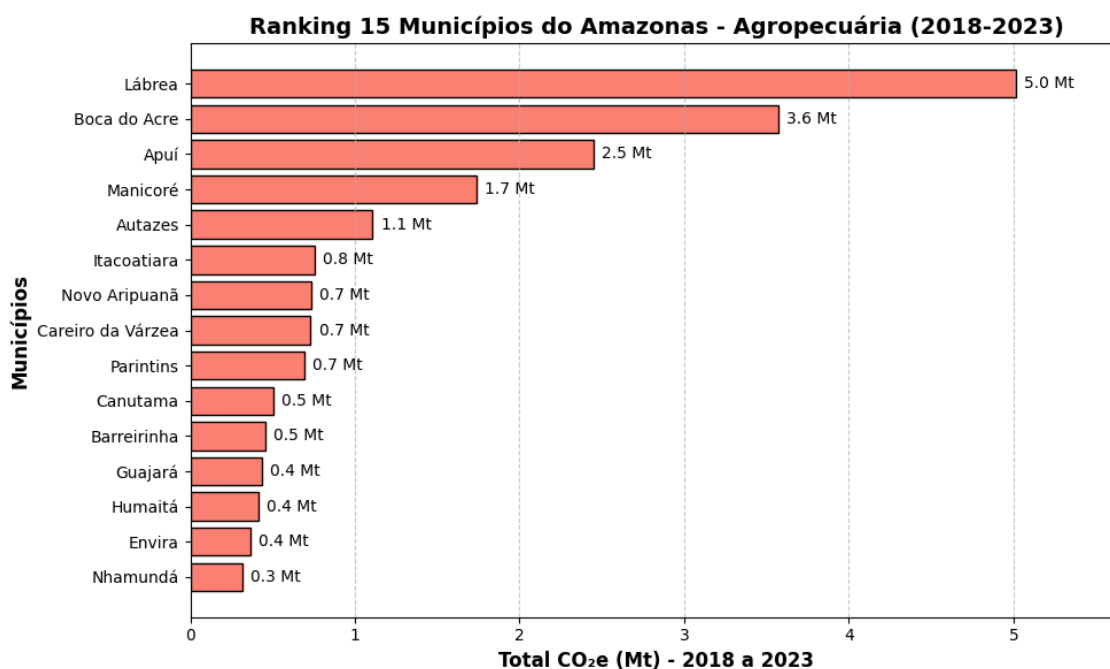


O ranking dos 15 municípios com maiores emissões acumuladas (2018–2023) quantifica os mesmos hotspots destacados nos mapas, com forte concentração em poucos municípios: Lábrea lidera de forma destacada (~5,0 Mt), seguida por Boca do Acre (~3,6 Mt) e Apuí (~2,5 Mt), e, na sequência, municípios como Manicoré e Autazes também se sobressaem (Figura 24). Esses nomes coincidem com as áreas mais escuras dos mapas ao longo da série, reforçando a coerência espacial e temporal entre as duas visualizações: aquilo que aparece como alta intensidade anual no sul/sudeste (por exemplo, Lábrea, Boca do Acre, Apuí, Manicoré e Humaitá) é precisamente o que se converte em maiores totais acumulados no período. É importante notar a diferença de unidades e escopo entre as figuras: os mapas reportam valores anuais em toneladas de CO₂e (t CO₂e), enquanto o ranking consolida o período em megatoneladas (Mt CO₂e), e essa mudança de escala é consistente com os picos superiores a 1 Mt/ano observados nos últimos anos para alguns municípios.

Em conjunto, as imagens demonstram um processo de intensificação recente (especialmente em 2022–2023) e de alta concentração setorial em poucos municípios do arco sul/sudeste, que respondem de maneira desproporcional pelo total estadual

no setor agropecuário. Para fins de inventário, os mapas oferecem a localização e a dinâmica anual da intensidade, enquanto o ranking sintetiza o “quem” e o “quanto” acumulado, sustentando a priorização analítica e de políticas de mitigação nesses municípios líderes.

Figura 24. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no setor de Agropecuária no período de 2018 a 2023.

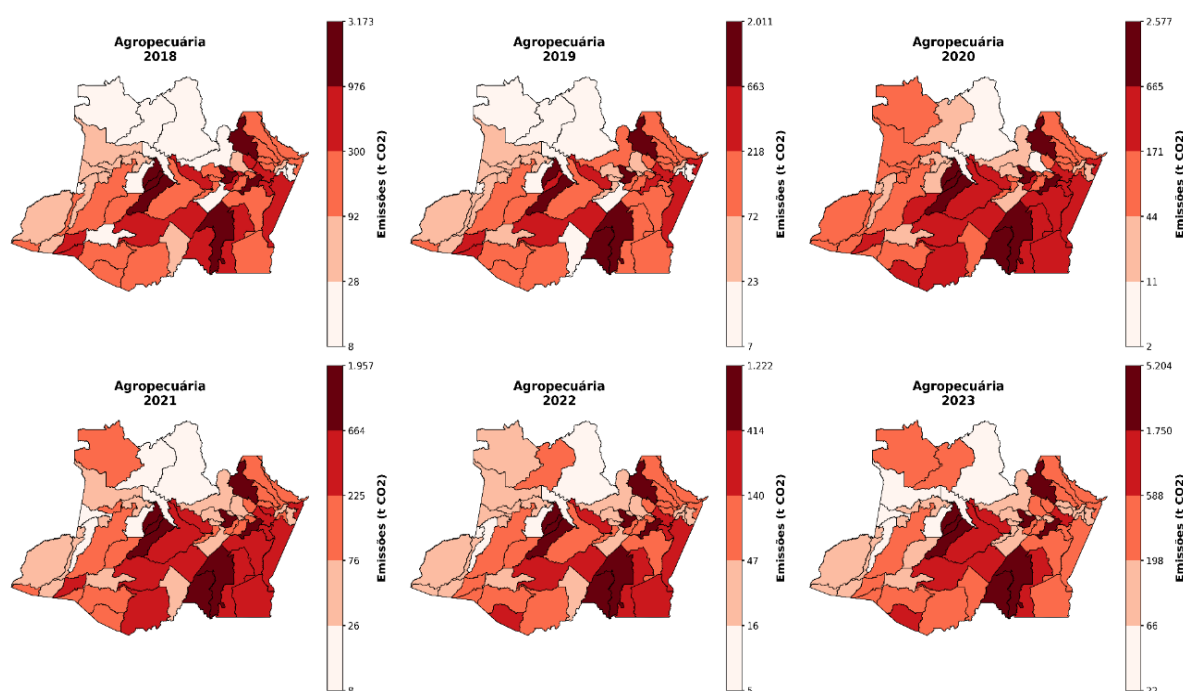


5.2.2.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂), no contexto agropecuário, decorre principalmente de processos de manejo do solo e insumos agrícolas, e não da conversão de uso da terra ou queimadas. As principais fontes de emissão incluem a calagem (liberação de CO₂ durante a neutralização da acidez do solo pelo calcário), a aplicação de ureia (que emite CO₂ durante a hidrólise), as lavouras cultivadas sob sistema convencional (com perda de carbono do solo pela oxidação da matéria orgânica) e as pastagens de baixo e médio vigor, que tendem a apresentar balanço de carbono menos favorável devido à degradação e à menor capacidade de sequestro. A Figura 25 evidencia um padrão espacial fortemente concentrado no sul, centro e região metropolitana de Manaus, refletindo a distribuição das áreas agrícolas e de pastagens mais intensamente

manejadas. Temporalmente, a série mostra elevada variabilidade interanual, com valores mais altos nos anos iniciais, uma redução entre 2019 e 2022, e retomada acentuada em 2023, quando se observa a maior extensão e intensidade das classes superiores em toda a série. Esse comportamento é coerente com a natureza episódica das emissões de CO₂ no setor, fortemente influenciada por flutuações na atividade agropecuária, nas condições climáticas e no nível de adoção de práticas de manejo. A coerência espacial e as oscilações interanuais sugerem que as emissões estão associadas a variações no uso de insumos e no estado de vigor das pastagens, mais do que a fluxos contínuos de produção.

Figura 25. Distribuição espacial anual do dióxido de carbono (CO₂) associado a Agropecuária (2018-2023).



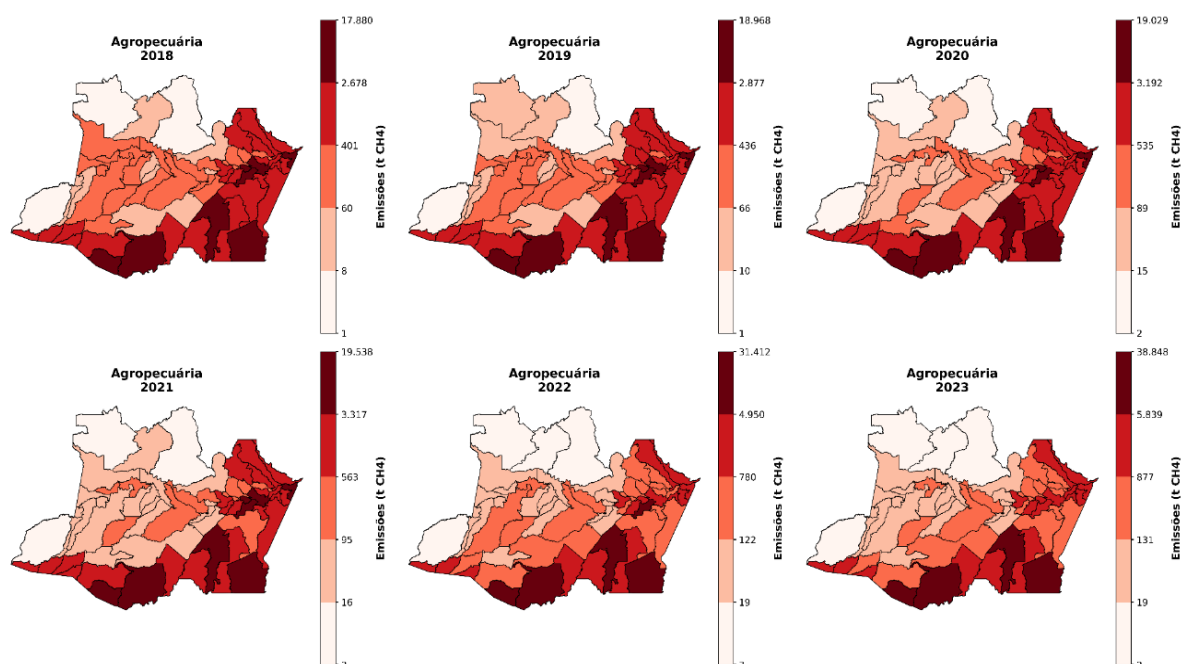
5.2.2.2 Metano (CH₄)

O metano (CH₄) é o principal gás de efeito estufa emitido pelo setor agropecuário, apresentando um potencial de aquecimento global (GWP) cerca de 28 vezes superior ao do dióxido de carbono (CO₂) em um horizonte de 100 anos. Suas princi-

tais fontes no contexto agropecuário incluem a fermentação entérica de animais ruminantes, o manejo e disposição de dejetos animais, o cultivo irrigado em sistema inundado (como o arroz) e, em menor escala, a queima de resíduos agrícolas e de pastagens.

A série de mapas anuais de 2018 a 2023 evidencia um padrão espacial persistente e coeso nas regiões meridional e leste do estado, refletindo a distribuição do rebanho e dos sistemas de produção pecuária. Diferentemente do CO₂, a evolução temporal do CH₄ apresenta um caráter relativamente monotônico, com aumento progressivo das intensidades e expansão das áreas com classes mais elevadas ao longo do período. Esse incremento é particularmente evidente nos valores máximos anuais observados: 17.880 t em 2018, 18.968 t em 2019, 19.029 t em 2020, 19.538 t em 2021, 31.412 t em 2022 e 38.848 t em 2023, indicando um crescimento acentuado nos últimos anos. Esse padrão temporal reflete processos estruturais do setor agropecuário, como o aumento do efetivo bovino, a expansão e renovação de pastagens e, possivelmente, a intensificação de sistemas produtivos, incluindo confinamentos parciais e manejo de dejetos, que amplificam as emissões de fermentação entérica e de resíduos. Em síntese, os mapas e os dados quantitativos indicam uma pressão emissiva crescente e contínua, menos sujeita a “pulsos” anuais e mais relacionada à trajetória de expansão da pecuária no estado.

Figura 26. Distribuição espacial anual do metano (CH₄) associado a Agropecuária (2018-2023).



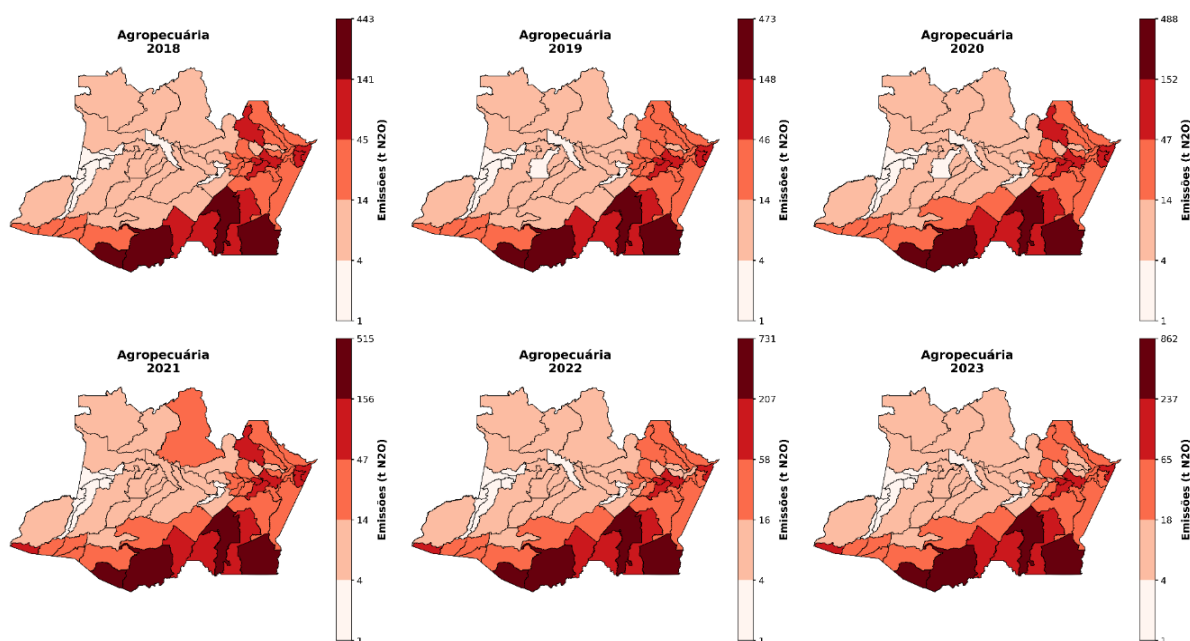
5.2.2.3 Óxido Nitroso (N₂O)

O óxido nitroso (N₂O) é um potente gás de efeito estufa, com potencial de aquecimento global aproximadamente 273 vezes superior ao do dióxido de carbono (CO₂) em um horizonte de 100 anos. Suas emissões no setor agropecuário estão fortemente relacionadas ao manejo de nitrogênio no sistema solo–planta–animal. Entre 2018 e 2023, as principais fontes identificadas no banco de dados incluem a aplicação de fertilizantes sintéticos nitrogenados, a deposição de dejetos animais em pastagens, a mineralização de nitrogênio associada à perda de carbono no solo, o tratamento e disposição de dejetos animais, bem como práticas de queima de resíduos agrícolas e pastagens.

A Figura 27, composta por seis mapas anuais (2018–2023), evidencia um padrão espacial consistente, concentrando-se nas áreas agrícolas e pecuárias do sul e sudeste do Amazonas. A dinâmica temporal do N₂O é regular e ascendente, com ampliação progressiva das classes superiores e coalescência de manchas críticas nos municípios mais intensivos, especialmente a partir de 2021–2022. Essa tendência reflete a intensificação do uso de insumos nitrogenados, maior deposição de excretas a campo e possíveis mudanças no manejo de dejetos em sistemas mais produtivos.

Os valores anuais reforçam essa trajetória de crescimento: 443 t em 2018, 473 t em 2019, 488 t em 2020, 515 t em 2021, 731 t em 2022 e 862 t em 2023, praticamente dobrando em seis anos. A consistência da tendência ascendente é compatível com a natureza processual das emissões de N₂O, que respondem cumulativamente ao aumento de nitrogênio disponível e às condições que favorecem nitrificação e desnitrificação. Dessa forma, a configuração espacial e temporal observada nos mapas finais destaca a relevância deste gás na pauta de mitigação do setor agropecuário no estado, reforçando a necessidade de estratégias integradas de manejo de nitrogênio e de dejetos para reduzir a pressão emissiva.

Figura 27. Distribuição espacial anual do óxido nitroso (N₂O) associado a Agropecuária (2018-2023).



5.2.3 Energia

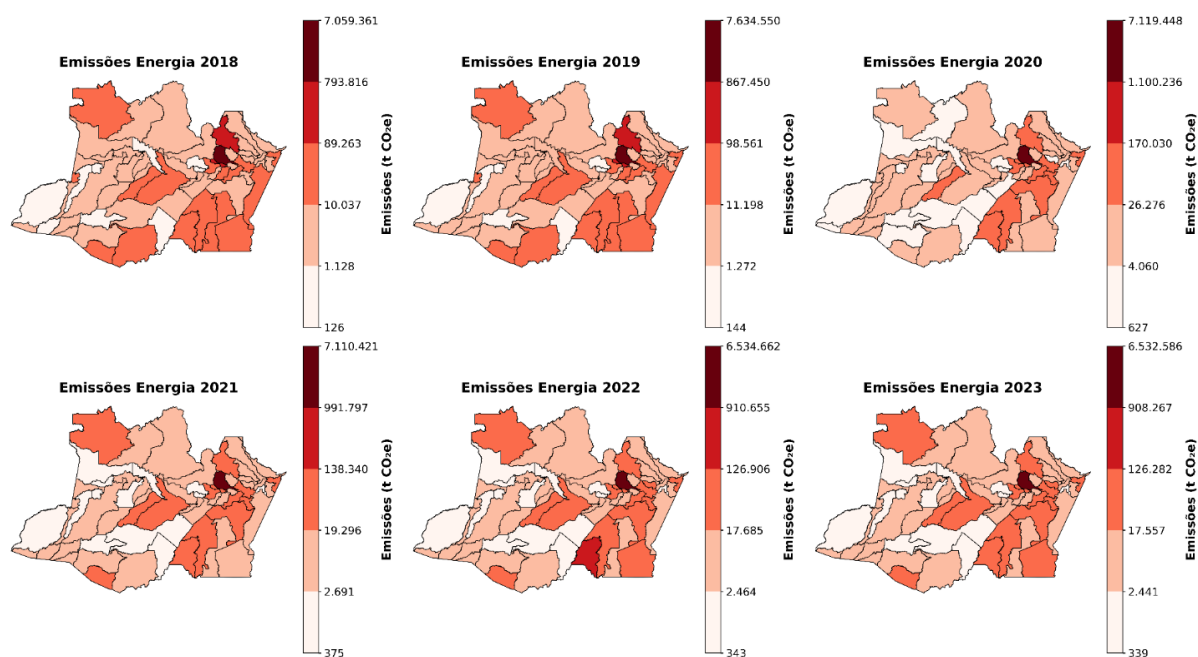
Os seis mapas anuais do setor de energia no Amazonas (Figura 28) exibem, de forma consistente, uma concentração extrema das emissões em Manaus, que aparece sistematicamente na classe de cor mais escura em todo o período. Em 2018, com as maiores emissões na ordem de 7.059.361 t CO₂e, já se nota o contraste entre a capital e o restante do estado: a mancha mais intensa concentra-se em Manaus, enquanto a vasta maioria dos demais municípios permanece em classes claras, indicando baixos volumes relativos.

Em 2019, as emissões sobem para cerca de 7.634.550 t CO₂e. O ano de 2020 apresenta leve recuo nas emissões máximas (7.119.448 t CO₂e), mas o mapa sugere aumento do pico municipal em comparação com os anos anteriores, mantendo Manaus no topo da escala, enquanto o interior tende a se distribuir em classes claras ou intermediárias. Em 2021, as emissões se mantêm estáveis (cerca de 7.110.421 t CO₂e), e o padrão espacial muda muito pouco. Os anos de 2022 e 2023 marcam o patamar mais baixo do período, com aproximadamente 6.534.662 e 6.532.586 t CO₂e, respectivamente. Ainda assim, a atenuação do total estadual não altera a estrutura

espacial: Manaus continua na classe superior, e o contraste com o interior se mantém pronunciado.

O padrão persistente de concentração reflete a diversidade de subcategorias de emissões presentes no setor de energia, incluindo atividades comerciais, geração de eletricidade para serviço público, produção de alimentos e bebidas, cerâmica, cimento, ferro gusa e aço, ferro ligas, mineração, indústrias não ferrosas e outras da metalurgia, papel e celulose, química, têxtil, exploração e refino de petróleo e gás natural, além de emissões oriundas de setores público e residencial e do transporte (aéreo, ferroviário, hidroviário e rodoviário). Em suma, independentemente das oscilações anuais, Manaus sustenta, ano a ano, a maior parcela relativa das emissões do setor de energia, com ampla margem visual sobre os demais municípios.

Figura 28. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) associado a emissões de Energia (2018-2023).

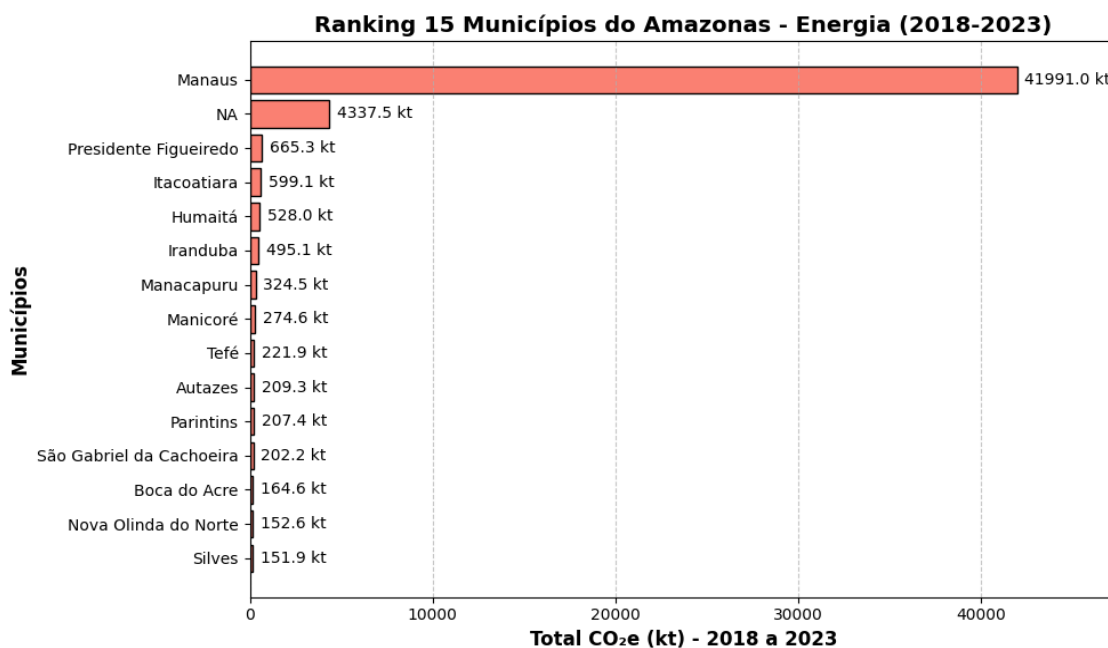


O ranking dos municípios do Amazonas para 2018–2023 (Figura 29) traduz numericamente o que os mapas mostram de modo visual. Manaus ocupa a primeira posição com ampla folga, refletindo exatamente a recorrência da classe de cor mais alta atribuída à capital em todos os mapas anuais. O segundo colocado no ranking aparece muito abaixo do valor de Manaus — em alguns conjuntos de dados, surge

inclusive a categoria “NA” (não atribuída), que agrega emissões sem referência municipal. Na sequência do ranking, surgem municípios como Presidente Figueiredo, Itacoatiara e Humaitá, além de outros que, embora relevantes dentro do contexto estadual, somam emissões muito inferiores às de Manaus. Essa hierarquia numérica é congruente com as tonalidades dos mapas: os poucos municípios imediatamente abaixo da capital no ranking são aqueles que, ao longo dos anos, aparecem em tons mais escuros que a média do interior; já a maioria dos municípios, que se distribui em posições inferiores no ranking, corresponde às manchas claras que dominam o mapa fora da capital.

A explicação para a liderança isolada de Manaus passa por três dimensões. Primeiro, a demográfica: a capital concentra de longe a maior população do estado (na ordem de milhões de habitantes, com valores IBGE recentes na casa de 2 milhões), o que está diretamente associado a maior consumo de energia em residências, serviços e mobilidade urbana. Segundo a estrutura produtiva e logística: o Polo Industrial de Manaus e o papel de hub regional ampliam a demanda energética em usos estacionários (indústria, comércio, serviços) e no transporte. Terceiro, a oferta elétrica e o legado de sistemas isolados: mesmo após a interligação de Manaus ao Sistema Interligado Nacional, a capital manteve por anos um parque termelétrico a óleo/diesel e gás natural relevante para segurança operativa e atendimento a picos, o que incrementa as emissões do setor de energia quando essas usinas despacham. O resultado combinado desses fatores é um descolamento persistente entre Manaus e os demais municípios, exatamente o que os mapas evidenciam e o ranking quantifica.

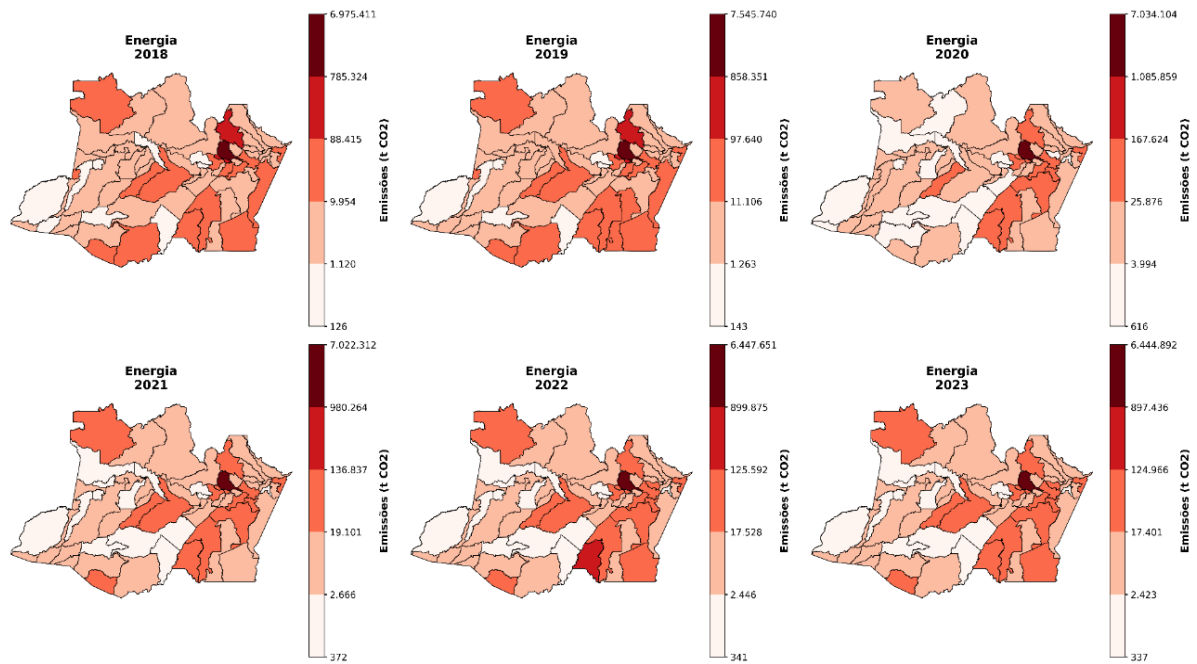
Figura 29. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) em kilotoneladas (kt) no setor de Energia, no período de 2018 a 2023.



5.2.3.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

Os seis mapas de CO₂ do setor de energia entre 2018–2023 (Figura 30) exibem um padrão espacial estável e altamente concentrado na capital e seu entorno imediato, onde as emissões associadas à geração termoelétrica e ao consumo energético urbano-industrial superam com larga margem as dos demais municípios, que aparecem com valores comparativamente discretos ao longo de todo o período; temporalmente, observa-se um pico em 2019 (na ordem de 7,5 milhões de toneladas de CO₂), seguido de uma trajetória de redução gradual até 2023 (cerca de 6,4 milhões de toneladas), sem alteração do foco principal de emissão na área metropolitana de Manaus; por isso, os mapas de CO₂ e de CO₂e são, na prática, indistinguíveis do ponto de vista espacial e ordinal: como o CO₂ domina o perfil emissor do setor de energia, as contribuições de CH₄ e N₂O são residuais e apenas ajustam levemente as escalas numéricas, sem modificar hotspots, hierarquias municipais ou a leitura geral do padrão concentrado nas proximidades de Manaus.

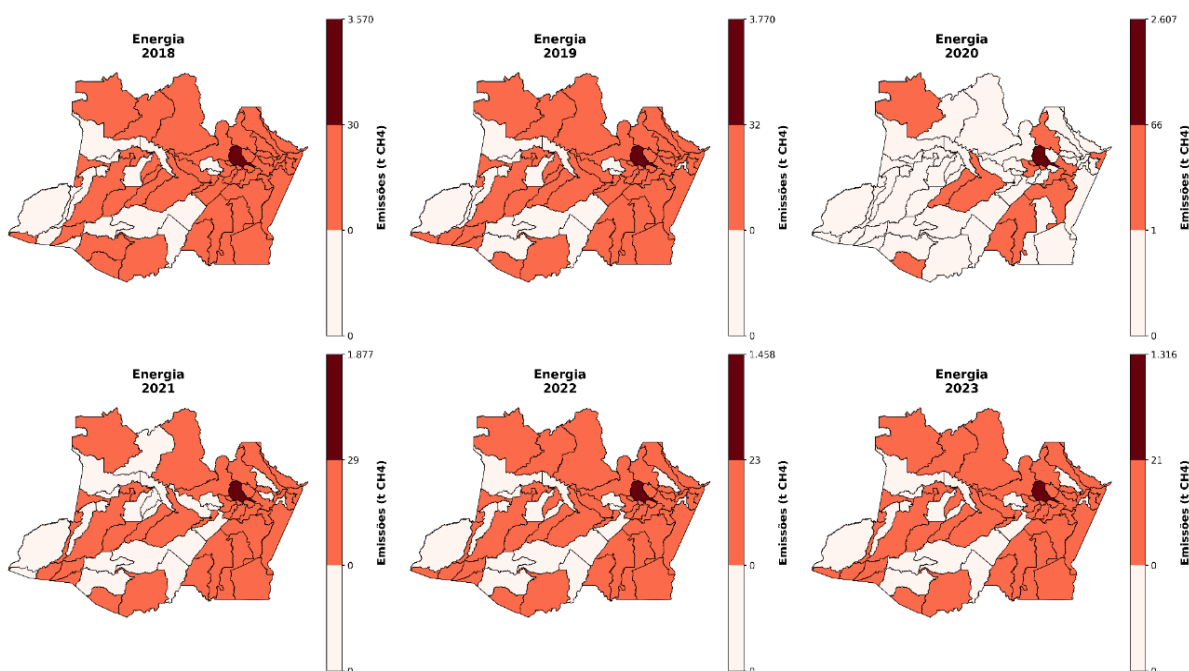
Figura 30. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono (CO₂) associado a emissões de Energia (2018-2023).



5.2.3.2 Metano (CH₄)

Os mapas de metano (CH₄) do setor de energia entre 2018 e 2023 (Figura 31) mostram um padrão espacial altamente concentrado, com um único ponto escuro localizado no município de Manaus e predominância de valores muito baixos no restante da área. Como os valores são residuais quando comparados ao CO₂, a legenda foi simplificada para três classes, o que torna evidente que quase todo o mapa permanece na classe inferior (tons claros), enquanto apenas o núcleo do hotspot atinge a classe mais elevada. Em 2018 e 2019, observam-se os maiores picos da série (cerca de 3.570 t e 3.370 t de CH₄, respectivamente), sem mudança na localização do foco emissor. A partir de 2020, há uma queda pronunciada da intensidade para aproximadamente 2.607 t, aprofundando-se em 2021 e estabilizando-se em um patamar bem mais baixo em 2022 (1.458 t) e 2023 (1.316 t). Essa trajetória sugere que as emissões de CH₄ do setor energético se mantêm fortemente concentradas em Manaus, refletindo a presença de usinas termoelétricas e infraestrutura de gás natural na capital amazonense.

Figura 31. Distribuição espacial anual de metano (CH₄) associado a emissões de Energia (2018-2023).

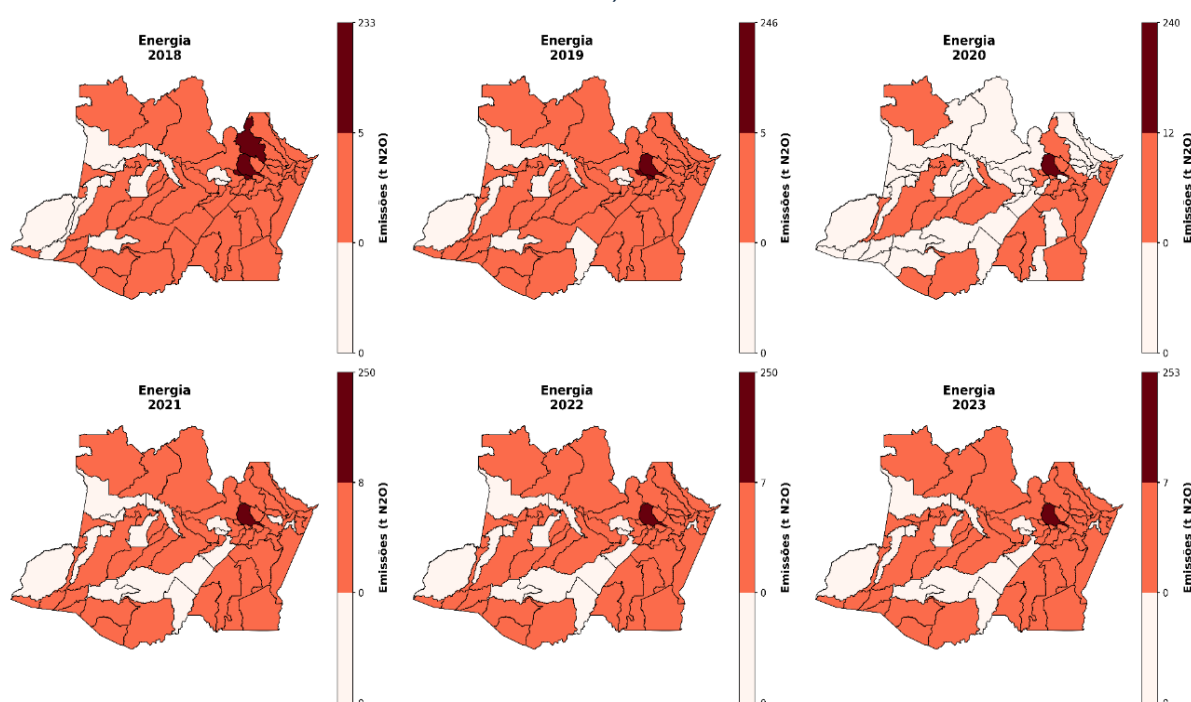


5.2.3.3 Óxido Nitroso (N₂O)

As emissões de óxido nitroso (N₂O) no setor de energia, que tem como principais fontes as usinas termoeletricas, são relativamente pequenas em termos absolutos, mas possuem elevada relevância climática devido ao seu alto potencial de aquecimento global. O N₂O não é liberado diretamente do combustível, mas formado como subproduto das reações de combustão. Assim, mesmo processos altamente eficientes podem gerar pequenas frações de N₂O, resultantes da oxidação parcial do nitrogênio presente no ar. Os mapas de óxido nitroso (N₂O) apresentam um comportamento temporal mais estável e uma amplitude de variação menor que a observada no CH₄, também com valores residuais frente ao CO₂ e, por isso, representados em apenas três classes de cor. O padrão espacial replica a mais alta emissão no município de Manaus, cercado por extensas áreas em tons claros indicando emissões muito baixas ou nulas. Os picos anuais variam pouco: cerca de 233 t em 2018, 246 t em 2019, leve recuo para 240 t em 2020, novo avanço para 250 t em 2021, pequena queda para 250 t em 2022 e o maior valor da série em 2023, com aproximadamente 253 t. Essa osci-

lação suave, aliada à persistência do mesmo foco geográfico, sugere uma fonte localizada e relativamente constante, sujeita a flutuações moderadas de atividade, mas sem reconfiguração espacial relevante. Na leitura visual, a escala reduzida destaca a dominância da classe inferior em quase todo o território e a manutenção de um núcleo pequeno nas classes superiores; ao longo dos anos, a principal variação é a intensidade do hotspot, que aumenta e diminui discretamente, culminando em 2023 com o pico da série, sem que o desenho espacial do fenômeno se altere.

Figura 32. Distribuição espacial anual de óxido nitroso (N_2O) associado a emissões de Energia (2018-2023).

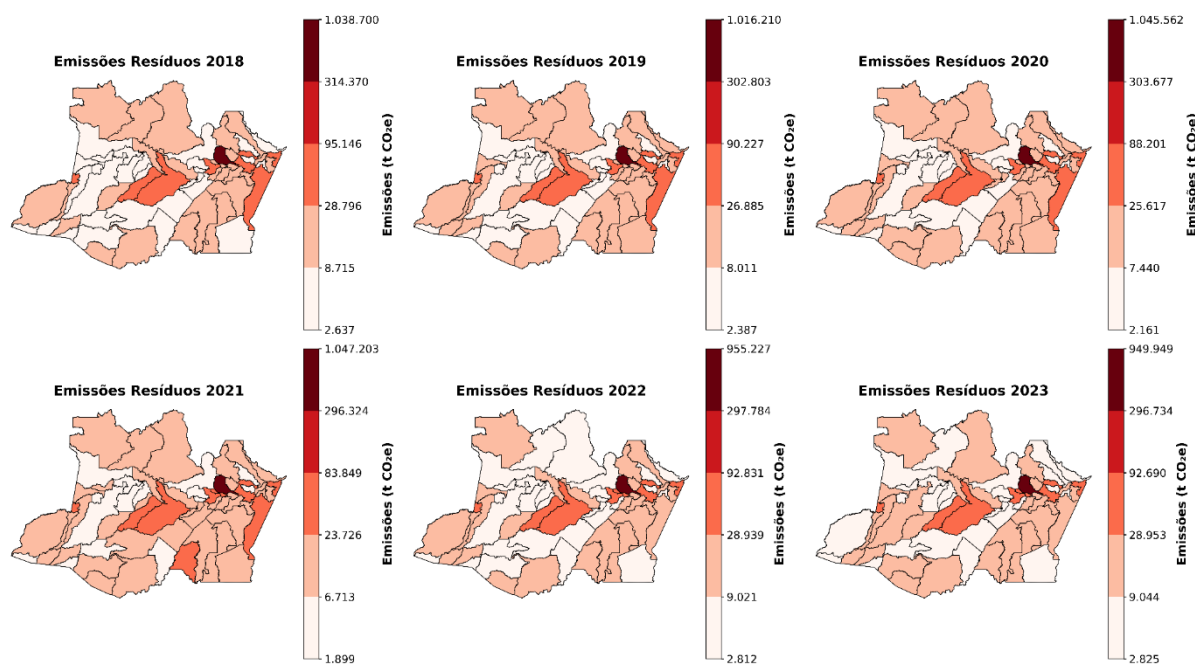


5.2.4 Resíduos

Emissões de resíduos são os gases de efeito estufa liberados principalmente durante a decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos em aterros e lixões. O metano (CH_4) é o componente dominante desse processo. Esses fluxos dependem do volume de resíduos gerados, do teor de matéria orgânica, do manejo (cobertura, drenagem e queima/controlada do biogás) e da eficiência operacional dos sistemas de disposição final. No conjunto de mapas anuais de CO_2e para o setor de

resíduos no Amazonas entre 2018–2023 (Figura 33), o padrão espacial é nítido e estável: Manaus desponta, em todos os anos, como um hotspot isolado, sempre na classe de maior intensidade. O restante do estado permanece majoritariamente em classes baixas, com poucas áreas pontuais elevando-se um degrau acima do fundo regional. Há variações interanuais nos limites de legenda e no pico absoluto com um teto de 1.047.203 t em 2021 e de 949.949 t em 2023, mas o padrão espacial praticamente não se altera. Em termos cartográficos, isso indica um regime emissor dominado por um grande centro urbano, coerente com a concentração populacional, o volume de resíduos gerados e a maior participação de matéria orgânica típica de resíduos domiciliares. Os municípios representados em tonalidades mais escuras correspondem justamente aos de maior população do estado, reforçando a forte correlação entre densidade demográfica e intensidade das emissões.

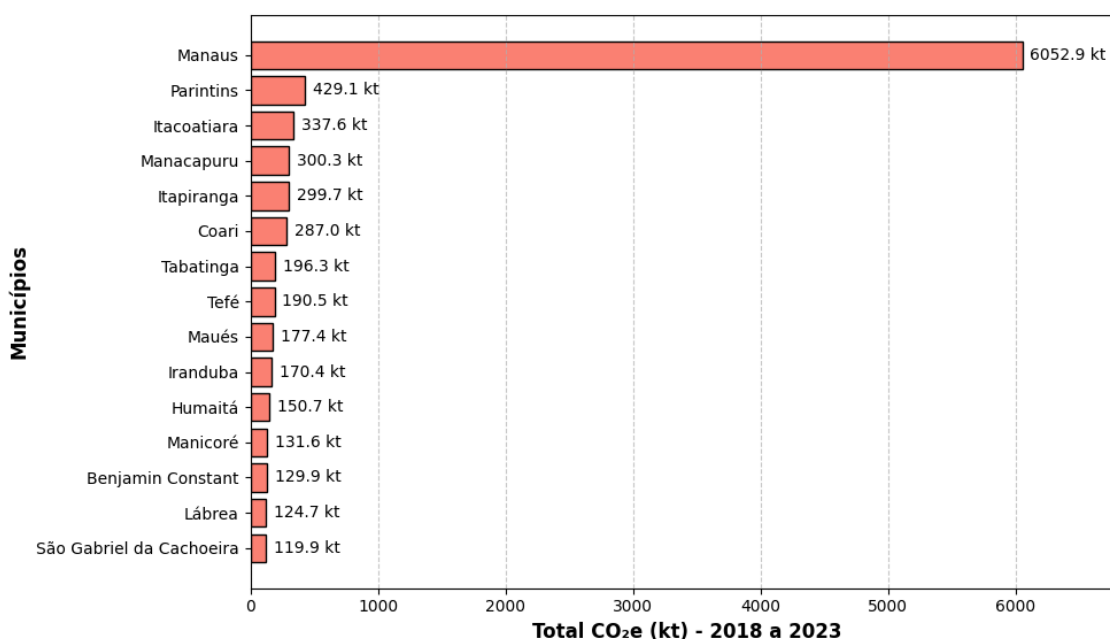
Figura 33. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).



O ranking acumulado (Figura 34) traduz o padrão espacial: Manaus soma 6.052,9 kt CO₂e, muito à frente dos demais municípios do estado. Mesmo municípios que aparecem com coloração um pouco mais intensa nos mapas surgem no ranking com valores que representam apenas uma fração do total da capita. Essa distribuição

confirma o que os mapas sugerem: a maior parte das emissões do setor de resíduos no estado concentra-se na capital, enquanto os demais municípios contribuem de forma relativamente modesta e dispersa. Assim, mapas e ranking convergem para uma leitura assimétrica, com Manaus dominando a contribuição estadual ao longo de todo o período analisado.

Figura 34. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores emissões totais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) em kilotoneladas (kt) no setor de Resíduos, no período de 2018 a 2023.



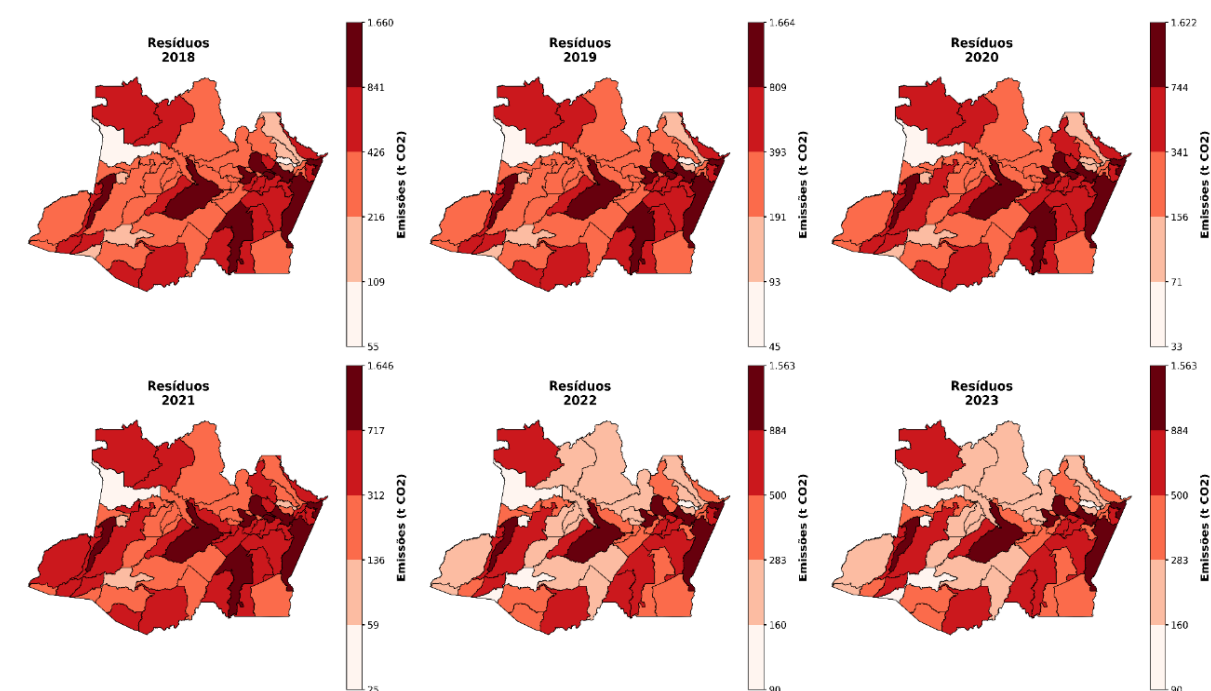
5.2.4.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

Os mapas anuais das emissões de dióxido de carbono entre 2018 e 2023 provenientes do setor de resíduos (Figura 35) apresentam um padrão espacial mais difuso. Em termos temporais, as magnitudes máximas anuais variam pouco, situando-se entre aproximadamente 1.563 e 1.664 toneladas de CO₂, com um pico em 2019 e leve redução nos anos seguintes, sem alteração significativa no padrão espacial.

As emissões do setor de resíduos estão associadas principalmente a duas subcategorias: incineração de resíduos e queima de resíduos a céu aberto. Apesar de a distribuição espacial ser mais dispersa em relação a outros gases, cidades como Ma-

naus, Manacapuru, Itacoatiara, Tefé e Maués permanecem como principais emissores. Em termos de efeito climático, o setor de resíduos possui menor contribuição relativa quando comparado a CH₄, N₂O e CO₂e do setor de energia, refletindo seu peso limitado no balanço estadual de emissões.

Figura 35. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono (CO₂) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).



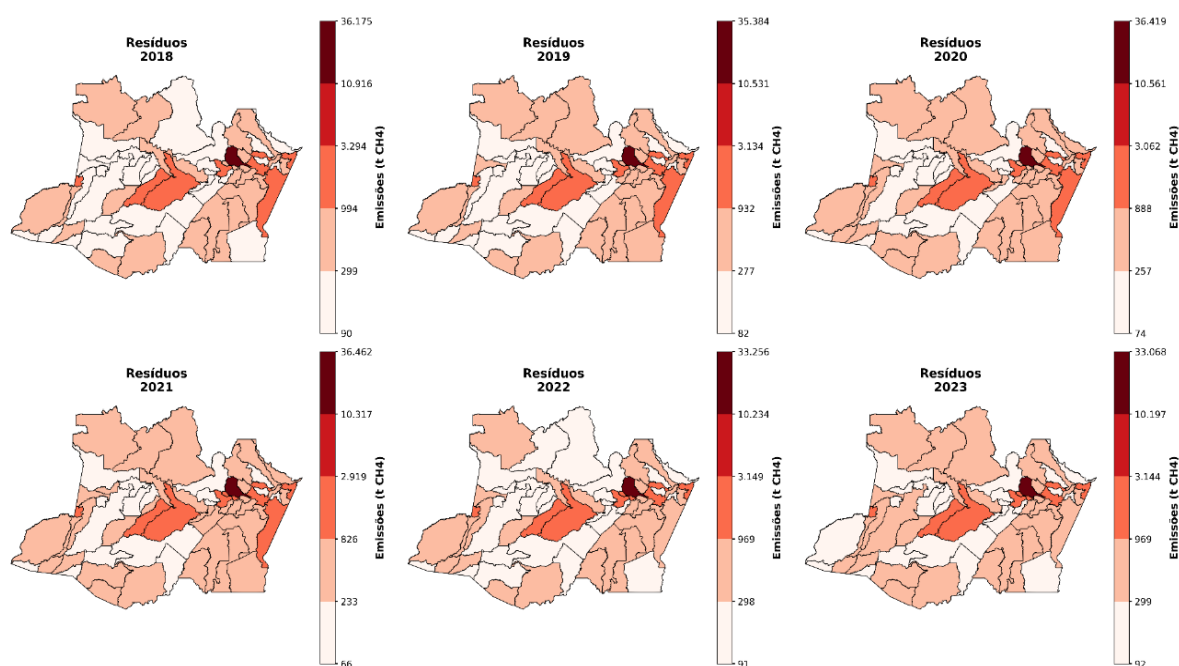
5.2.4.2 Metano (CH₄)

As emissões de metano (CH₄) no setor de resíduos têm origem principalmente na decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos depositados em aterros e lixões. Em ambientes com baixo teor de oxigênio, a matéria orgânica é degradada por microrganismos metanogênicos, liberando CH₄ como subproduto natural do processo. A intensidade dessas emissões depende da quantidade e composição dos resíduos, das condições de umidade e temperatura e, sobretudo, do manejo dos aterros, incluindo presença de cobertura, drenagem e sistemas de captação ou queima de biogás. Além disso, o setor contempla diversas subcategorias emissoras:

disposição em aterro controlado ou lixão, disposição final em aterro sanitário, tratamento e despejo de efluentes domésticos, produção de carne bovina, suína e avícola, produção de leite cru e pasteurizado, produção de celulose e queima de resíduos a céu aberto.

Os mapas de metano apresentam um padrão espacial altamente concentrado, com um hotspot persistente em Manaus e seu entorno, enquanto a maior parte do estado registra valores baixos. Essa configuração reflete diretamente a concentração populacional e a maior geração de resíduos na capital, onde o volume de matéria orgânica disposta é muito superior ao dos demais municípios. A estabilidade espacial contrasta com pequenas oscilações anuais nas magnitudes máximas, situadas entre aproximadamente 33.000 e 36.500 toneladas de CH₄, atingindo o ápice em 2021 e diminuindo ligeiramente em 2022–2023. Em termos climáticos, o metano possui Potencial de Aquecimento Global (GWP) de aproximadamente 28 a 34, amplificando substancialmente seu impacto no total em dióxido de carbono equivalente do setor de resíduos. Mesmo com distribuição concentrada, o CH₄ tende a dominar o inventário quando expresso em equivalentes de CO₂, reforçando sua relevância na gestão e mitigação de emissões do setor.

Figura 36. Distribuição espacial anual de dióxido de metano (CH₄) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).

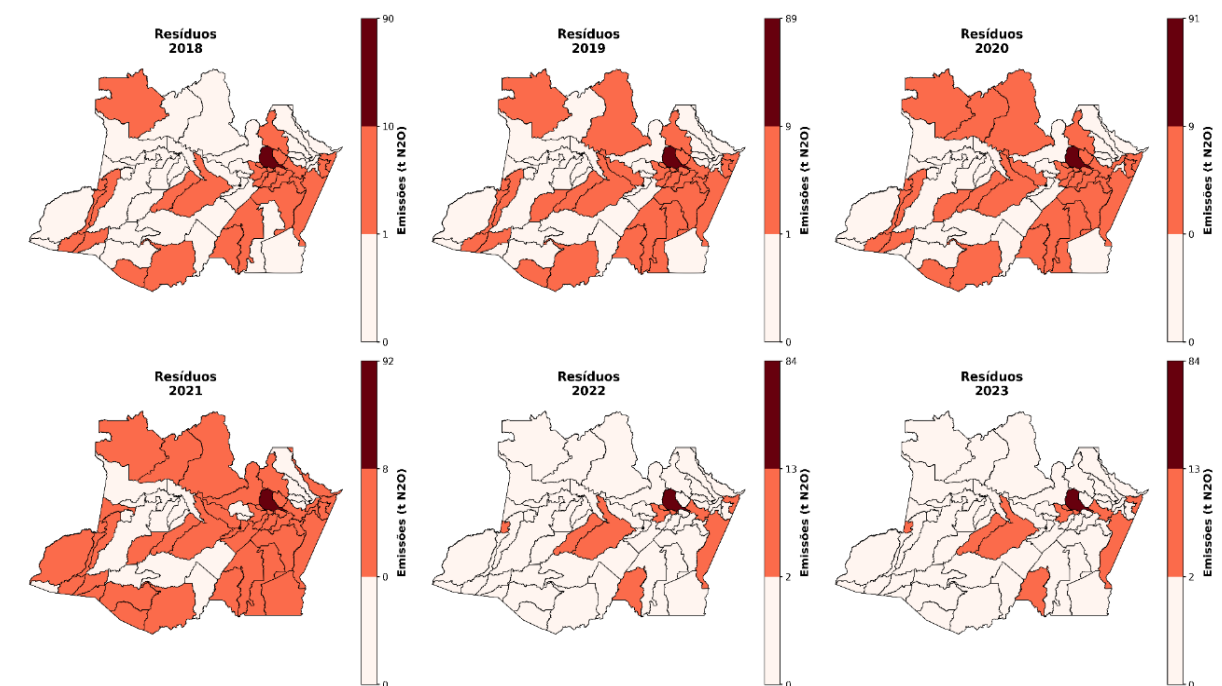


5.2.4.3 Óxido Nitroso (N₂O)

O óxido nitroso (N₂O) no setor de resíduos é emitido principalmente durante a decomposição biológica da matéria orgânica em condições aeróbias e nos processos de tratamento de esgoto, envolvendo reações de nitrificação e desnitrificação. As principais subcategorias emissoras incluem tratamento e despejo de efluentes domésticos, incineração e queima de resíduos a céu aberto.

Os mapas de N₂O mostram magnitudes absolutas bem menores que as do CH₄ e apresentam estabilidade temporal mais marcada. Os máximos anuais variam entre cerca de 84 e 92 t N₂O, com pico em 2021 e leve redução em 2022–2023, mantendo o hotspot principal em Manaus. Embora os volumes emitidos sejam menores do que os de outros gases do setor de resíduos, o N₂O possui elevado Potencial de Aquecimento Global (GWP) — aproximadamente 273 vezes o do CO₂ em um horizonte de 100 anos. Dessa forma, mesmo com baixa massa emitida, sua contribuição para o total em CO₂ equivalente do setor de resíduos não é desprezível, reforçando a necessidade de estratégias de mitigação focadas no manejo de efluentes e resíduos sólidos.

Figura 37. Distribuição espacial anual de óxido nitroso (N₂O) associado a emissões de Resíduos (2018-2023).



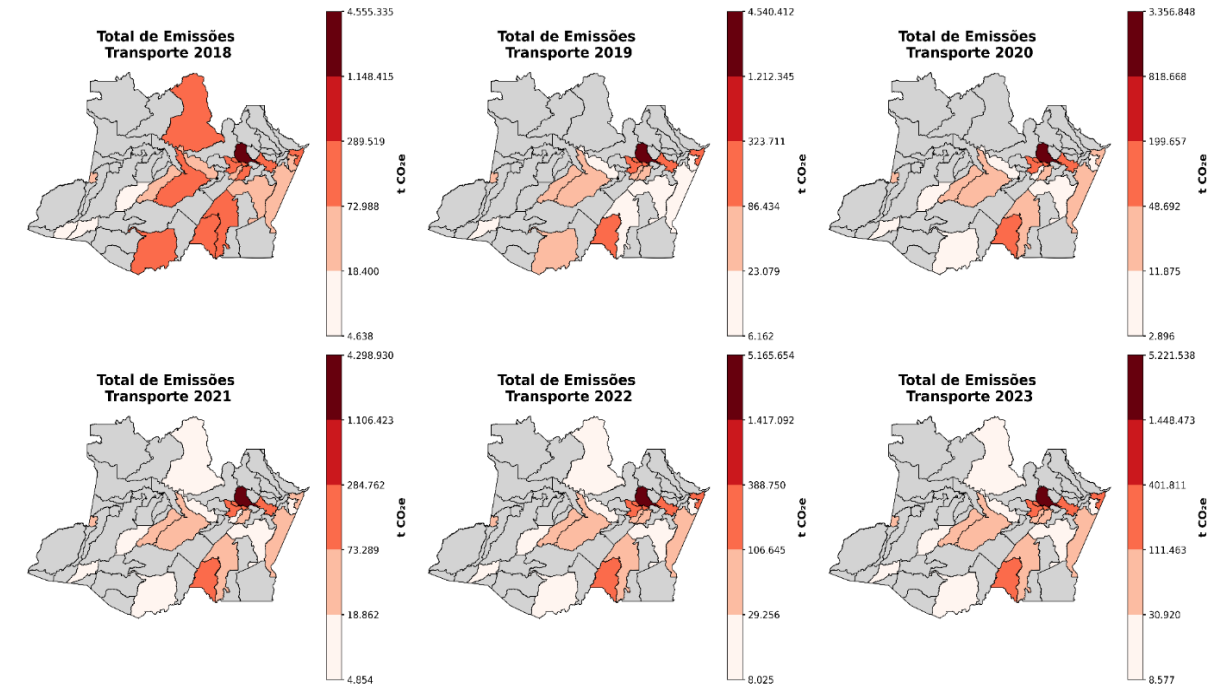
5.2.5 Transporte

A figura 38 reúne seis mapas anuais (2018–2023) das emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) do setor de transportes, estimadas pelo Google Environmental Insights Explorer (EIE). As emissões abrangem automóveis, motocicletas, caminhões, embarcações, etc. Municípios sem estimativas disponíveis aparecem em cinza. Por se tratar de uma base externa ao inventário principal (SEEG) e com cobertura incompleta, esses valores têm caráter complementar, voltado à análise setorial e espacial onde há dados.

No recorte espacial, observa-se a persistência de “hotspots” concentrados nos principais polos urbanos e corredores logísticos, refletindo a combinação de alta densidade populacional, maior frota de automóveis e motocicletas e intensa mobilidade entre municípios interligados. As maiores emissões concentram-se em Manaus, que se destaca como a única cidade representada pelo tom mais escuro da escala, refletindo sua expressiva densidade populacional e a maior frota veicular do Estado. De acordo com dados do IBGE (censo 2024), o município possui 951.365 veículos registrados, o que explica sua predominância nas emissões associadas ao setor de transportes. Ao redor, municípios integrados à sua área de influência, como Iranduba, Manacapuru, Itacoatiara e Careiro, também exibem valores elevados, configurando um núcleo metropolitano de alta intensidade. Em menor grau, outras cidades de porte intermediário, como Parintins, Humaitá, Tefé e Maués, apresentam emissões relativamente altas em razão de sua função regional e atividade econômica mais dinâmica. Regiões periféricas e com lacunas de dados permanecem claras ou cinzas, enquanto diferenças de cobertura e qualidade de insumos (por exemplo, intensidade de tráfego observável e rede viária mapeada) podem modular a intensidade espacial registrada.

Temporalmente, os mapas mostram estabilidade em 2018–2019 (picos de aproximadamente 4,5 Mt CO₂e), queda acentuada em 2020, provavelmente relacionada às restrições de mobilidade durante a pandemia de COVID-19 e posterior recuperação: em 2021 o valor já se reaproxima do nível pré-pandêmico, superando-o em 2022 e atingindo o máximo em 2023, cerca de 5,22 Mt CO₂e.

Figura 38. Distribuição espacial anual de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) associado a emissões de Transporte (2018-2023).



Em síntese, o conjunto evidencia três padrões: (i) concentração espacial resiliente em torno de polos e eixos logísticos; (ii) forte sensibilidade a choques exógenos, com queda e recomposição após 2020; e (iii) relevância da multimodalidade, com predomínio de automóveis e caminhões, participação crescente de motocicletas e importância regional das embarcações. Apesar das limitações de cobertura, a série 2018–2023 oferece um panorama robusto para orientar políticas de mitigação, tais quais a eletrificação e modernização de frotas, eficiência logística e incentivo a modos sustentáveis.

5.2.6. Edificações

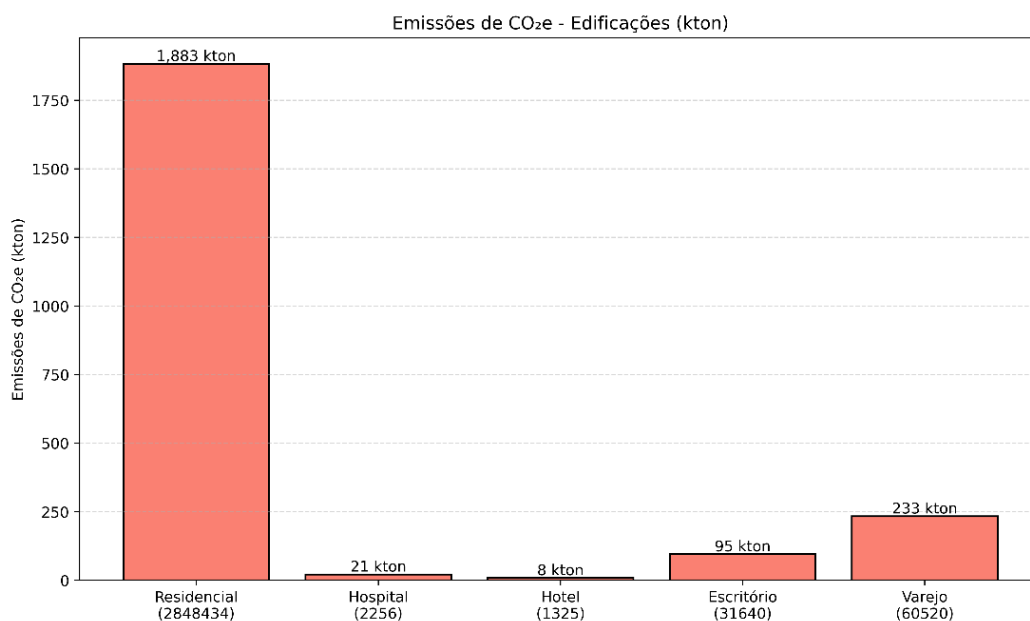
As emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) associadas às edificações no Estado do Amazonas também foram estimadas a partir dos dados do Google Environmental Insights Explorer (EIE), considerando o consumo direto e indireto de energia nas edificações urbanas. As estimativas contemplam seis categorias: residenciais, comerciais (varejo e escritórios), hoteleiras, hospitalares e outras edificações de serviços, conforme detalhado no subtópico 3.2.

Os resultados apontam o setor residencial como o principal responsável pelas emissões, totalizando aproximadamente 1.883 kton de CO₂e, o que representa mais de 80% das emissões totais do setor. Esse valor reflete o grande número de edificações residenciais no estado (2.848.434 unidades estimadas) e a predominância do consumo energético doméstico proveniente de usinas termelétricas movidas a combustíveis fósseis, especialmente em áreas não conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

As edificações de varejo aparecem em segundo lugar, com 233 kton de CO₂e, seguidas pelos escritórios (95 kton), hospitais (21 kton) e hotéis (8 kton). A participação reduzida dos setores de serviços e hospedagem está relacionada ao menor número de estabelecimentos e à concentração dessas atividades nas áreas urbanas de Manaus e dos principais polos regionais, como Itacoatiara, Parintins e Manacapuru.

De forma geral, as emissões do setor de edificações no Amazonas refletem o perfil de consumo concentrado em energia elétrica de origem térmica, com destaque para os municípios dependentes de geração a diesel. O resultado reforça a necessidade de políticas de eficiência energética, incentivo à geração distribuída por fontes renováveis e adoção de padrões construtivos sustentáveis que reduzam a intensidade carbônica do setor.

Figura 39. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no estado do Amazonas, associado a edificações por tipo de construção.



5.3 Remoções

O gráfico a seguir (Figura 40) apresenta a evolução das remoções de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023, abrangendo as principais categorias de remoção consideradas: áreas protegidas, mudança de uso da terra e vegetação secundária. As remoções totais, expressas em megatoneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e), estão representadas pela linha tracejada, evidenciando a contribuição conjunta dessas categorias ao longo da série temporal.

Os resultados indicam uma tendência crescente e consistente nas remoções líquidas de CO₂e no Amazonas, com ampliação de aproximadamente sete vezes entre 1990 e 2023. As remoções passam de valores próximos a -20 MtCO₂e em 1990 para cerca de -160 MtCO₂e em 2023, confirmando o papel do estado como importante sumidouro líquido de carbono.

O aumento mais expressivo ocorre entre 1997 e 2008, período que pode indicar uma intensificação dos processos de regeneração natural, expansão das áreas protegidas e estabilização de grandes extensões de floresta nativa, o que fortalece a ca-

pacidade de absorção de carbono pelos ecossistemas amazônicos.

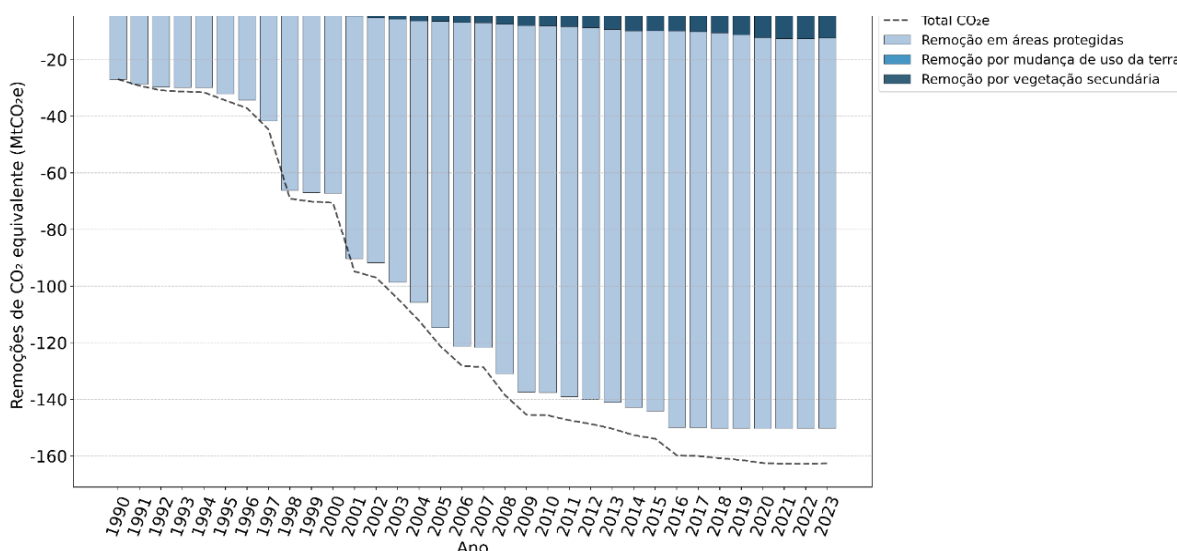
As remoções em áreas protegidas correspondem à maior parcela do total removido ao longo de toda a série, destacando-se como o principal sumidouro de carbono do estado. A estabilidade das remoções a partir dos anos 2000 evidencia a efetividade das áreas protegidas, como as Unidades de Conservação e Terras Indígenas, na manutenção dos estoques florestais e na absorção contínua de CO₂ atmosférico.

Neste contexto, as remoções por mudança de uso da terra apresentam crescimento gradual desde o final da década de 1990, refletindo a ocorrência de reflorestamento e regeneração em áreas anteriormente desmatadas ou degradadas. Essa categoria demonstra contribuição relevante para o aumento total das remoções observadas nas duas últimas décadas.

As remoções por vegetação secundária, embora representem uma fração menor do total, apresentam importância crescente a partir de 2005, em decorrência da expansão de áreas em regeneração e do papel dessas formações como sumidouros temporários de carbono, dependendo do uso do solo.

A predominância das remoções provenientes de áreas protegidas reforça a importância das políticas públicas voltadas à conservação da floresta, enquanto o crescimento das remoções associadas à regeneração e mudança de uso da terra aponta para o papel estratégico da restauração ecológica na manutenção do equilíbrio climático.

Figura 40. Evolução das remoções de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023.



O comportamento histórico das emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023 (figura 41), evidencia uma predominância das remoções de CO₂ sobre as emissões brutas em boa parte da série temporal, refletindo o papel essencial da cobertura florestal no balanço de carbono estadual. No início da série, entre 1990 e 1995, observa-se um equilíbrio relativo entre emissões e remoções, com valores líquidos próximos de zero, o que pode indicar baixa pressão antrópica e forte capacidade das florestas nativas desempenharem a função de sumidouro de carbono.

A partir de meados da década de 1990, há um aumento gradual das emissões totais, impulsionado principalmente pelo setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF), associado à conversão de áreas de vegetação nativa para usos agropecuários. Esse crescimento é evidenciado pelo incremento das barras marrons no gráfico, correspondentes a esse setor, que passa a responder pela maior parte das emissões estaduais. Apesar disso, as remoções de CO₂ (barras verdes) continuam expressivas, mantendo o saldo líquido (linha vermelha) negativo até aproximadamente 1998, o que pode caracterizar o Amazonas como um sumidouro líquido de carbono nesse período.

Entre 1998 e 2005, é observado uma inflexão importante que mostra que o aumento das emissões oriundas da LULUCF e da expansão agropecuária reduz o saldo negativo das emissões líquidas, aproximando o estado de um balanço neutro. A partir de 2006, as remoções voltam a se intensificar, que pode refletir tanto a recuperação de áreas florestais quanto a estabilidade relativa do desmatamento no período subsequente. Essa tendência de maior remoção se mantém até 2014, quando o Amazonas atinge novamente um saldo líquido fortemente negativo (aproximadamente -100 MtCO₂e), reforçando o papel do território como um importante sumidouro de carbono.

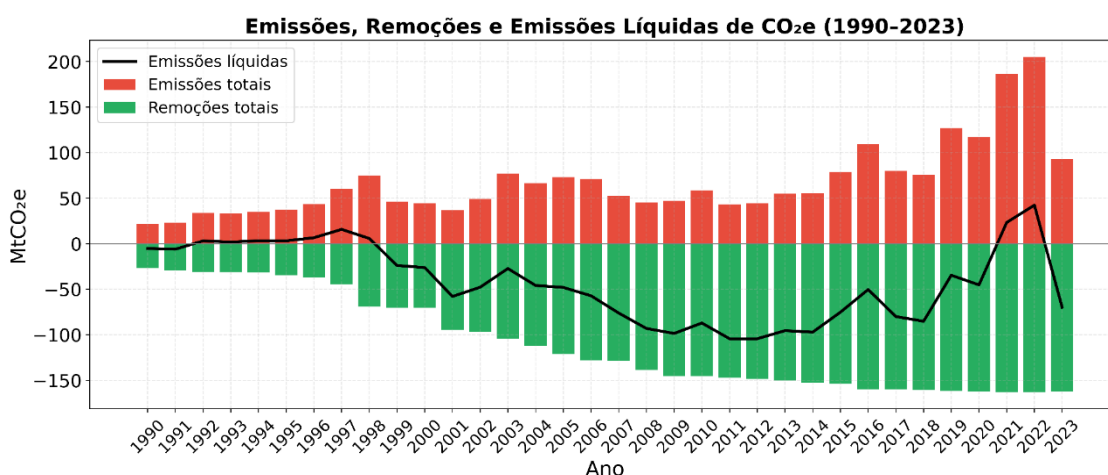
Entretanto, entre 2018 e 2022, nota-se um aumento expressivo das emissões líquidas, com a linha de emissões líquidas ultrapassando o eixo de neutralidade e atingindo valores positivos. Esse comportamento pode indicar grande relação diretamente associado ao avanço recente do desmatamento e da degradação florestal em algumas regiões do estado, refletindo pressões sobre a vegetação primária e secun-

dária, além de eventuais emissões associadas a queimadas e atividades agropecuárias. No mesmo período, os setores de Energia e Agropecuária também apresentaram leve incremento, ainda que com contribuição relativamente menor em termos absolutos.

Após o pico observado em 2022, observa-se uma queda nas emissões totais e uma recuperação parcial da capacidade de remoção de CO₂, resultando na redução das emissões líquidas em 2023. De forma geral, o gráfico demonstra que o setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas continua sendo o principal determinante do balanço de emissões do Amazonas, tanto nos períodos de aumento quanto de redução das emissões líquidas. Já os setores de Energia, Resíduos, Processos Industriais e Agropecuária apresentam contribuições pontuais, mas permanecem em níveis significativamente inferiores quando comparados às emissões de origem florestal.

De forma geral, o comportamento ascendente das remoções líquidas de CO₂e demonstra o potencial do Amazonas para contribuir com as metas nacionais de redução de emissões e neutralidade de carbono.

Figura 41. Comportamento histórico das emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) no Estado do Amazonas, no período de 1990 a 2023.



6. MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5})

Embora o inventário de emissões do estado do Amazonas cubra diversos poluentes e setores, a concentração de material particulado fino (MP_{2,5}) ainda não está sistematicamente caracterizada. É importante destacar que este capítulo não constitui

um inventário de emissões de $MP_{2,5}$, uma vez que não é possível identificar de forma confiável as fontes responsáveis pelo material particulado registrado. Diferentemente de inventários setoriais, em que cada fonte é quantificada e atribuída, a análise aqui proposta foca exclusivamente na distribuição espaço-temporal das concentrações, com o objetivo de retratar a situação atual da qualidade do ar no estado.

O $MP_{2,5}$ possui reconhecida relevância para a saúde pública, pois partículas nessa faixa de tamanho penetram profundamente nos pulmões e estão associadas a efeitos respiratórios e cardiovasculares. Além disso, elas podem influenciar processos atmosféricos locais, incluindo radiação e formação de nuvens. No Amazonas, essa análise é particularmente relevante devido ao papel das emissões antropogênicas, ligadas às queimadas que ocorrem principalmente durante a estação seca da região. Embora não seja possível separar quantitativamente essas contribuições, o levantamento das concentrações permite identificar áreas de maior exposição e períodos críticos, servindo como indicador preliminar de riscos à saúde e de impactos ambientais.

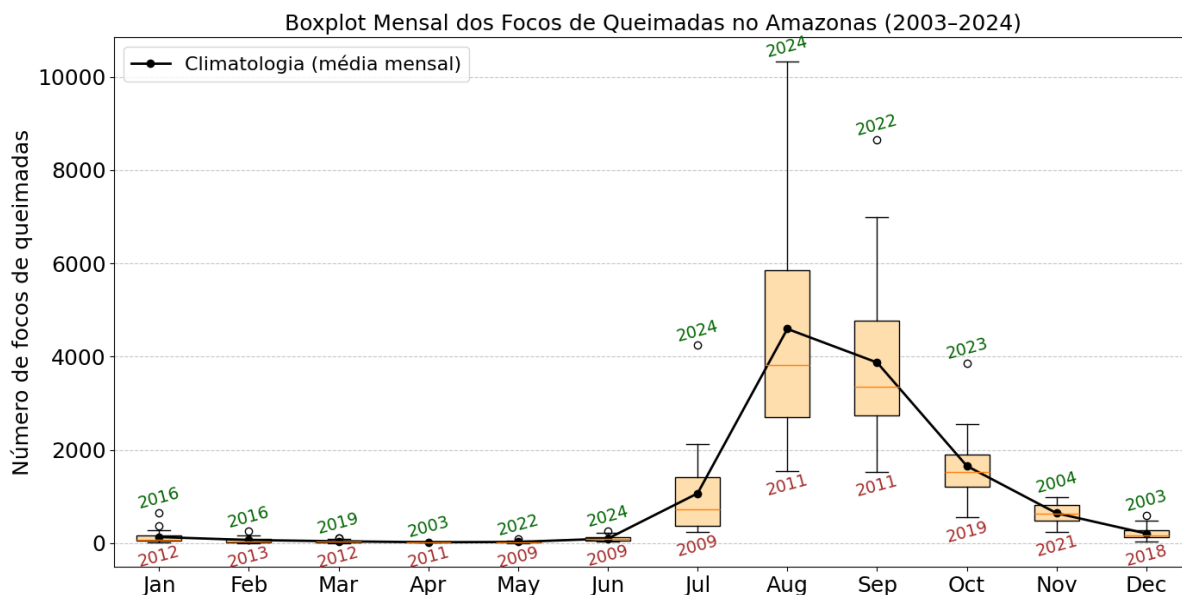
Dessa forma, este estudo foi concebido como uma análise climatológica, que mapeia a evolução e a distribuição das concentrações de $MP_{2,5}$ entre 2003 e 2024 no estado, com foco no período entre 2018-2023, utilizando dados do Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) e da rede de sensores de baixo custo instalada no estado do Amazonas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e parceiros. Apesar de não fornecer informações sobre a origem específica das emissões, ele representa um ponto de partida essencial para futuras pesquisas, permitindo priorizar localidades para monitoramento mais detalhado, orientar políticas de mitigação e planejar um eventual inventário de emissões de $MP_{2,5}$. Em suma, trata-se de um levantamento estratégico que busca preencher uma lacuna importante no conhecimento sobre a qualidade do ar no Amazonas, fornecendo subsídios para tomadas de decisão e estudos futuros sobre saúde, emissões e impactos ambientais.

6.1. Climatologia $MP_{2,5}$

A dinâmica das queimadas na Amazônia é fortemente sazonal e modulada por fatores climáticos e antropogênicos, refletindo-se diretamente nas concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$). A principal fonte de $MP_{2,5}$ na região é a combustão

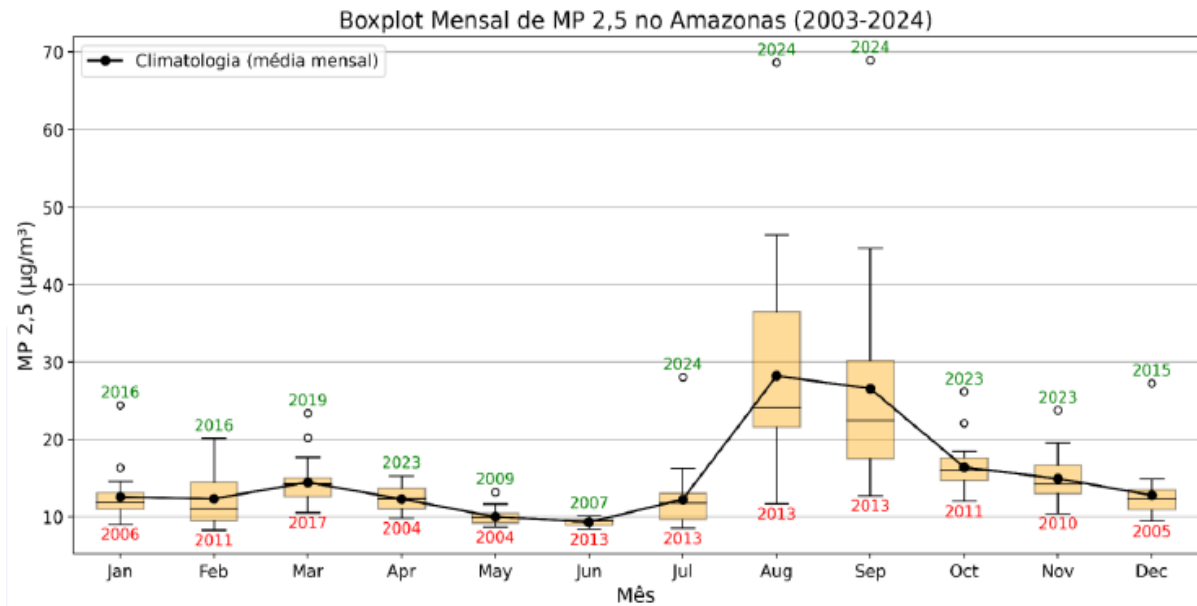
de biomassa associada a desmatamento, incêndios florestais e queimadas agropecuárias. Durante o período úmido, de janeiro a maio, a maior umidade relativa e a precipitação frequente inibem ignições e propagação do fogo, resultando em baixos níveis de $MP_{2,5}$.

Figura 42. Ciclo anual das queimadas no estado do Amazonas (2003-2024).



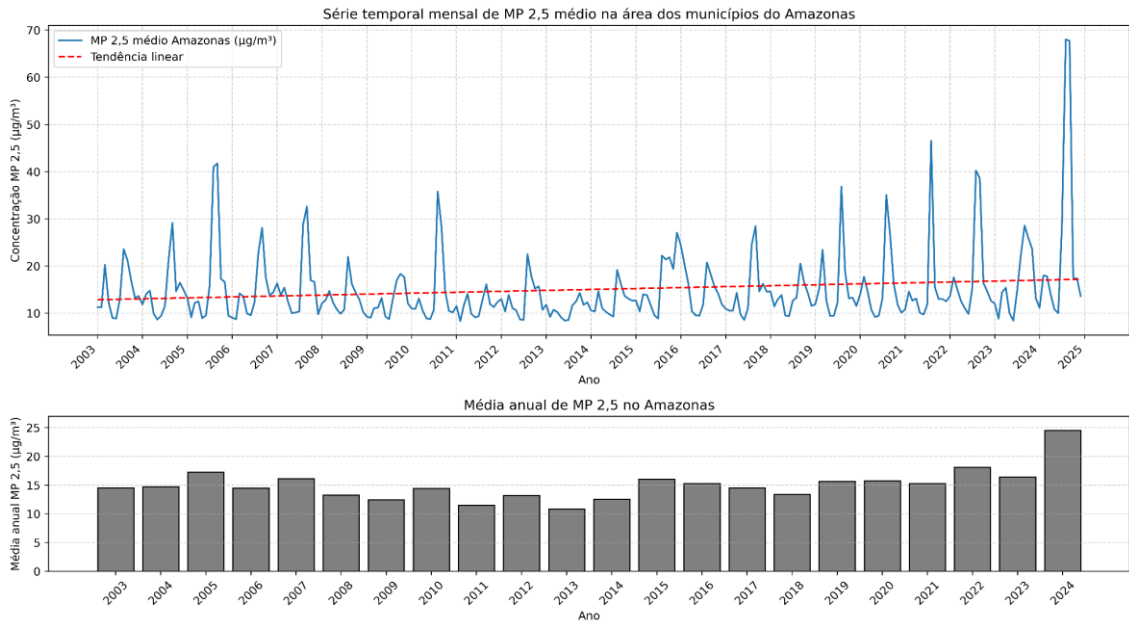
Com o início da estação seca, a partir de junho, e seu ápice entre julho e outubro, as condições tornam-se favoráveis à ocorrência de incêndios, refletindo-se em aumento sistemático dos focos e em picos de $MP_{2,5}$. Esse padrão sazonal é evidenciado nos boxplots do ciclo anual: o de focos de queimadas (Figura 42) e o de $MP_{2,5}$ (Figura 43), nos quais agosto e setembro concentram a maior parte dos extremos, seguidos de declínio gradual em novembro e dezembro.

Figura 43. Ciclo anual das concentrações de $MP_{2,5}$ no estado do Amazonas (2003-2024).



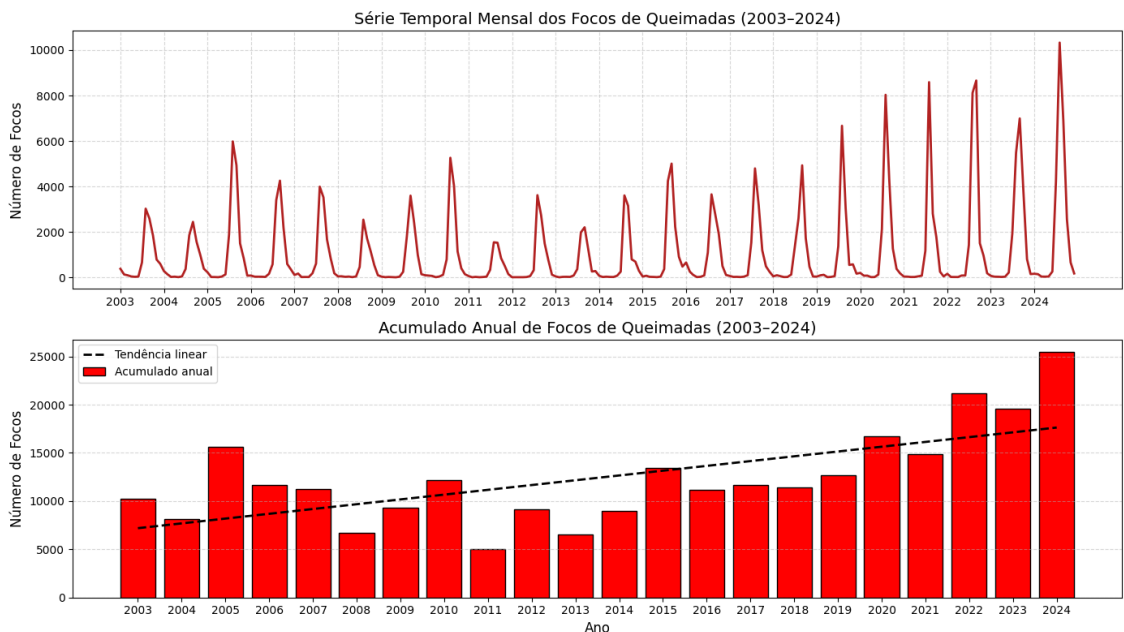
A variabilidade interanual é controlada por anomalias climáticas de larga escala. Anos de seca intensa, como 2005, 2010, 2015-2016 e 2023-2024, associados a eventos de El Niño ou ao aquecimento anômalo do Atlântico tropical, prolongam o período de inflamabilidade do combustível e aumentam a dificuldade de controle do fogo. Esses anos aparecem como outliers nos boxplots e como picos nas séries mensais de $MP_{2,5}$ (Figura 44) e no acumulado anual de focos (Figura 45), evidenciando claramente os efeitos de extremos hidroclimáticos sobre a emissão e concentração de partículas finas. Em 2024, julho e agosto apresentam recordes históricos de focos e $MP_{2,5}$, reforçando o acoplamento entre seca, ignições e propagação do fogo.

Figura 44. Serie temporal mensal (acima) e média anual (abaixo) de $MP_{2,5}$ médio no estado do Amazonas.



Do ponto de vista espacial, fatores antropogênicos explicam o “onde” das queimadas: fronteiras de desmatamento, abertura de estradas, expansão da agropecuária e uso deliberado do fogo concentram os focos em áreas convertidas ou degradadas. Em anos de seca severa, as cicatrizes de fogo se expandem para dentro da floresta, aumentando a severidade e a recorrência, enquanto variações na fiscalização modulam o volume de fogo antrópico.

Figura 45. Serie temporal mensal (acima) e acumulado anual (abaixo) das queimadas no estado do Amazonas.



A leitura conjunta das quatro figuras reforça três mensagens principais:

1. Sazonalidade robusta: os boxplots (Figuras 42 e 43) mostram que agosto e setembro concentram a maior parte dos extremos de focos e $PM_{2,5}$.
2. Variabilidade interanual: anos de seca intensa produzem picos muito acima da climatologia, visíveis nas séries mensais e nos acumulados anuais (Figuras 44 e 45).
3. Tendência de longo prazo: há indícios de aumento gradual nos totais anuais de focos e nas médias anuais de $MP_{2,5}$, compatível com expansão de ignições antrópicas e degradação florestal.

O encadeamento de processos é claro: maior disponibilidade de combustível seco e aumento das ignições antrópicas elevam a área queimada; a combustão emite partículas finas e gases precursores; a menor precipitação e a estabilidade atmosférica prolongam a vida média do $MP_{2,5}$, permitindo acúmulo regional; em anos de seca extrema, todos esses fatores se reforçam mutuamente, produzindo concentrações recordes. Essa coerência entre fogo e $MP_{2,5}$ fundamenta análises de correlação e indica que políticas de redução de ignições, proteção florestal e sistemas de alerta meteorológico crítico podem gerar ganhos diretos e mensuráveis na qualidade do ar durante a estação seca na Amazônia.

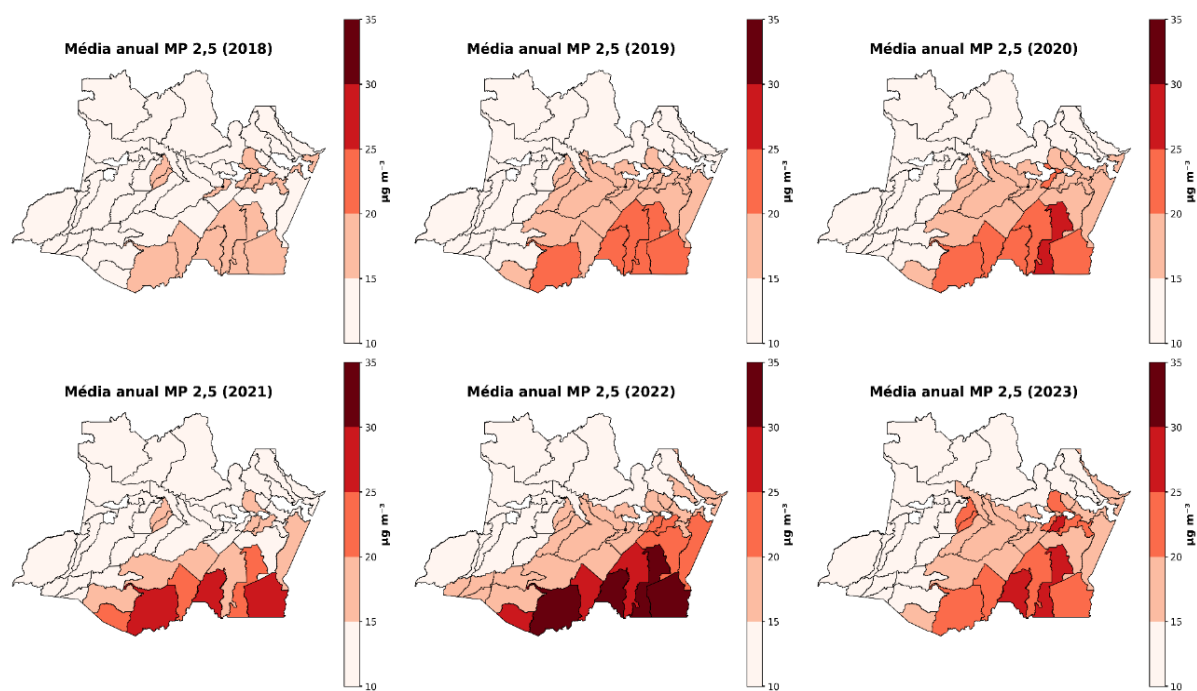
6.2. Dados CAMS

Dados do produto EAC4, disponibilizados pelo Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), descritos na seção 3.3 foram utilizados para a elaboração dos seguintes mapas. As concentrações de $MP_{2,5}$ aqui consideradas correspondem a médias anuais derivadas desses campos, com resolução de 0.75° , e agregadas ao nível municipal no estado do Amazonas para o período 2018–2023, expressas em $\mu g m^{-3}$, oferecendo cobertura espacial homogênea e comparabilidade interanual adequada para diagnóstico regional.

No conjunto de 2018 a 2023 (Figura 46), observa-se um gradiente espacial e temporal bem definido, com incremento progressivo das médias anuais de $MP_{2,5}$ até um pico em 2022 e leve atenuação em 2023, concentrando os maiores valores no sul

e sudeste do estado. Em 2018, a maior parte dos municípios manteve médias abaixo de $15 \mu\text{g m}^{-3}$, com focos discretos entre $15\text{--}20 \mu\text{g m}^{-3}$ em áreas como Lábrea, Humaitá, Manicoré e Apuí. Em 2019, amplia-se a extensão das faixas de $20\text{--}25 \mu\text{g m}^{-3}$ no sul e sudeste, com núcleos pontuais já próximos a $30 \mu\text{g m}^{-3}$, refletindo maior carga de aerossóis finos na estação seca. Em 2020, intensifica-se o padrão: valores entre $25\text{--}30 \mu\text{g m}^{-3}$ tornam-se comuns em municípios do arco de pressão antrópica ao sul/sudeste, como Boca do Acre, Novo Aripuanã e Borba, com sinais de influência regional que se expandem para áreas adjacentes. Em 2021, há aumento simultâneo de magnitude e abrangência espacial, com extensos agrupamentos acima de $25 \mu\text{g m}^{-3}$ e vários municípios atingindo ou superando $30 \mu\text{g m}^{-3}$.

Figura 46. Distribuição espacial anual de material particulado fino ($MP_{2,5}$) no estado do Amazonas (2018-2023).



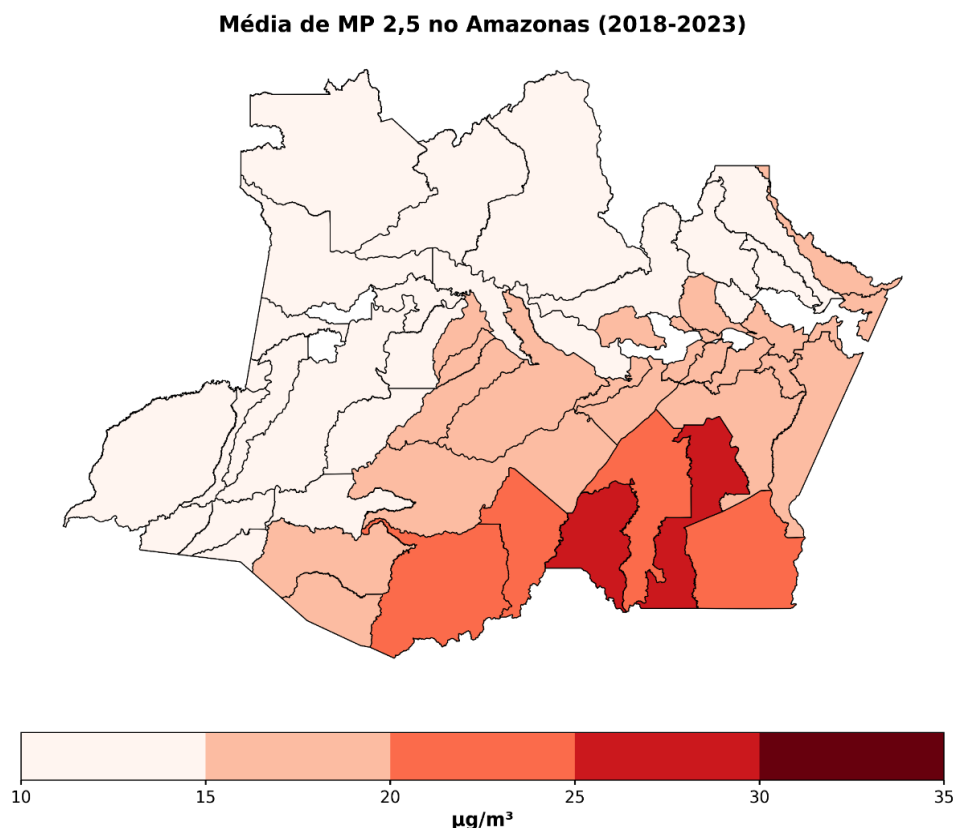
O ápice ocorre em 2022, quando extensas áreas no sul do estado apresentaram médias anuais consistentemente superiores a $30 \mu\text{g m}^{-3}$, indicando uma acentuada degradação da qualidade do ar em municípios como Lábrea, Apuí, Humaitá, Manicoré, Boca do Acre e Novo Aripuanã. Esses municípios estão listados como prioritários na 4ª fase do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas Ilegais (PPCDQ-AM). O ano de 2022 também registrou a maior taxa de desmatamento

já observada no estado do Amazonas (2.594 km², segundo dados do PRODES/INPE), além do número recorde de focos de queimadas até então (21.217). Esses fatores foram determinantes para a degradação da qualidade do ar nesse período.

Em 2023, embora se observe redução parcial em relação a 2022, as médias no sul e sudeste permanecem predominantemente na faixa de 20–30 µg m⁻³, com alguns municípios ainda ultrapassando 25 µg m⁻³, enquanto municípios ao norte, como São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro, Barcelos e Japurá, mantêm, ao longo de toda a série, níveis inferiores a 15 µg m⁻³. Esse comportamento resulta em médias anuais municipais significativamente acima do guia da OMS para MP_{2,5} (5 µg m⁻³), reforçando o impacto potencial à saúde e a necessidade de estratégias robustas de manejo do fogo, prevenção de desmatamento e monitoramento contínuo da qualidade do ar.

No mapa de médias MP_{2,5} para o período 2018–2023 (Figura 47), observa-se um gradiente espacial nítido no Amazonas: valores mais baixos concentram-se no oeste e no norte do estado, regiões menos afetadas por desmatamento e queimadas, enquanto os níveis mais elevados se organizam em um corredor ao sul e sudeste do território. Nas porções oeste e norte, a maior parte dos municípios apresenta médias inferiores a 20 µg/m³, com extensas áreas abaixo de 15 µg/m³, sugerindo menor influência persistente de queimadas e fontes antrópicas locais. Em contraste, a faixa sul/sudeste do estado, na transição para o “arco do desmatamento”, concentra os maiores níveis médios, com municípios como Apuí, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Novo Aripuanã exibindo cores mais escuras no mapa, no intervalo entre 25 a 30 µg/m³. Esse padrão espacial é consistente com a recorrência de queimadas sazonais, atividades de mudança do uso da terra e o transporte regional de fumaça durante a estação seca, processos que, ao se repetirem anualmente, elevam a média multianual. Em síntese, o mapa evidencia uma heterogeneidade marcada, com um núcleo crítico ao sul/sudeste e gradativa redução das concentrações rumo ao noroeste amazônico.

Figura 47. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) no Amazonas (2018-2023).

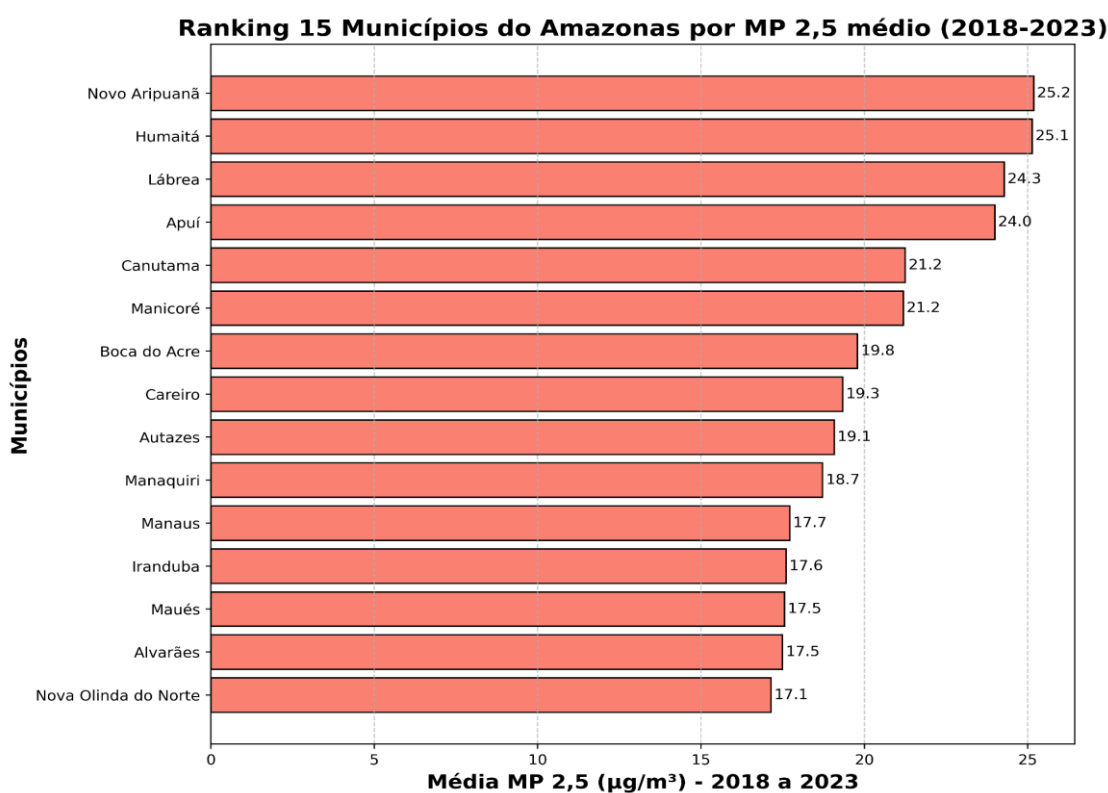


O ranking dos 15 municípios com maiores médias de concentração de $MP_{2,5}$ no período 2018–2023 (Figura 48) confirma e detalha esse padrão espacial. Novo Aripuanã lidera com $25,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido de Humaitá ($25,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Lábrea ($24,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Apuí ($24,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), todos situados na parte sul/sudeste do Amazonas, área de interface com frentes de desmatamento e importantes eixos rodoviários (BR-230 e BR-319), frequentemente associados à ocorrência de queimadas e à emissão de aerossóis. Ainda nessa faixa meridional, Canutama e Manicoré registram $21,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, reforçando a persistência de níveis elevados de material particulado na região. No extremo sudoeste, Boca do Acre apresenta $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor compatível com a recorrência de episódios de fumaça. Esses sete municípios integram a lista de áreas prioritárias para o combate ao desmatamento e às queimadas ilegais no estado do Amazonas.

Na área de influência da Região Metropolitana de Manaus (RMM), destacam-se Careiro ($19,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Autazes ($19,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Manaquiri ($18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Iranduba ($17,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sugerindo que, além do transporte regional de fumaça, há contribuição significativa de fontes locais e urbanas. Manaus, por sua vez, apresenta $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferior

aos valores do sul/sudeste, mas ainda muito acima do guia anual da OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esse resultado é coerente com um regime de exposição no qual a contribuição urbana e industrial é sazonalmente intensificada pela advecção de fumaça proveniente de queimadas. O ano de 2023 foi particularmente crítico para os municípios da RMM, que entre setembro e novembro permaneceram sob densa camada de fumaça, com impactos visíveis na qualidade do ar e na visibilidade atmosférica.

Figura 48. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) no período de 2018 a 2023.



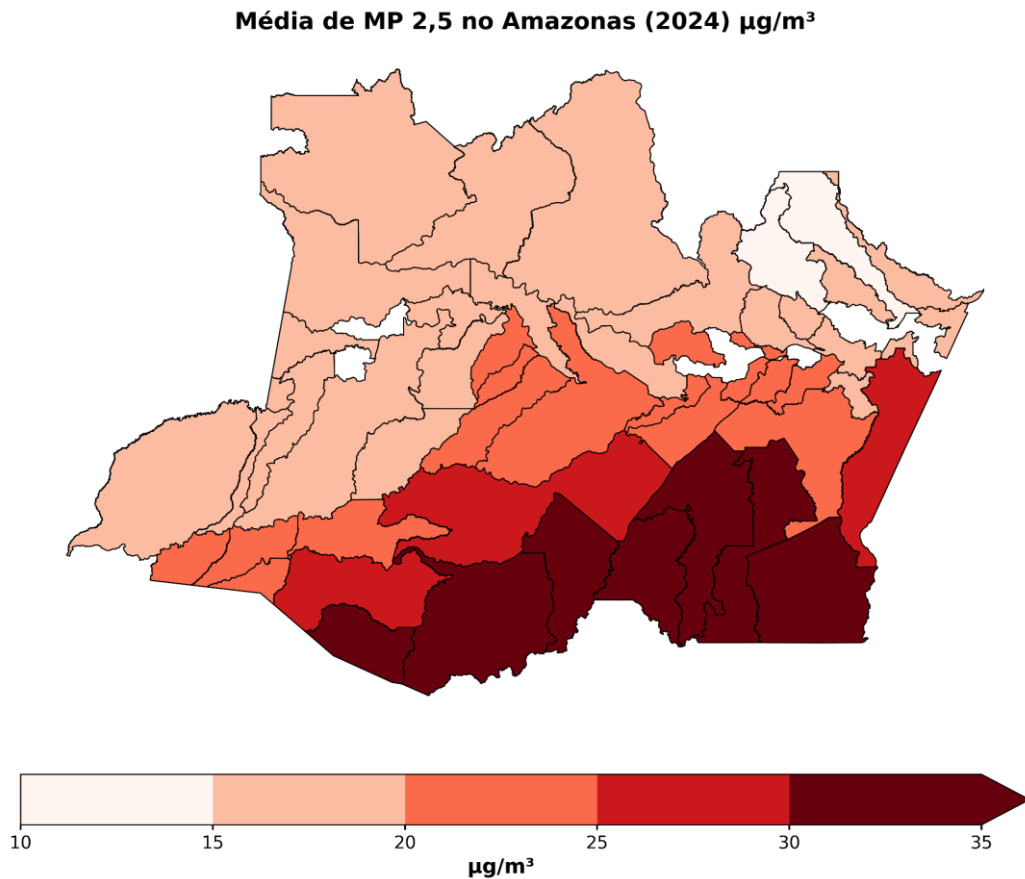
Em conjunto, as duas imagens mostram que as maiores médias multianuais de $\text{MP}_{2,5}$ se organizam geograficamente no sul e sudeste do Amazonas — com destaque para Novo Aripuanã, Humaitá, Lábrea e Apuí — enquanto a bacia do Negro e a calha central do Solimões tendem a apresentar os menores valores. Essa configuração é compatível com a climatologia de incêndios na Amazônia meridional e com o transporte regional de aerossóis, que amplifica as concentrações em municípios a jusante das principais fontes de fumaça. Ainda que se trate de médias de seis anos, portanto suavizando a variabilidade interanual, os níveis reportados indicam exposição crônica

significativa e justificam ações de gestão do fogo, vigilância de qualidade do ar e políticas de mitigação de emissões associadas à mudança de uso da terra.

6.3. Análise das Concentrações de MP_{2.5} no Estado do Amazonas em 2024

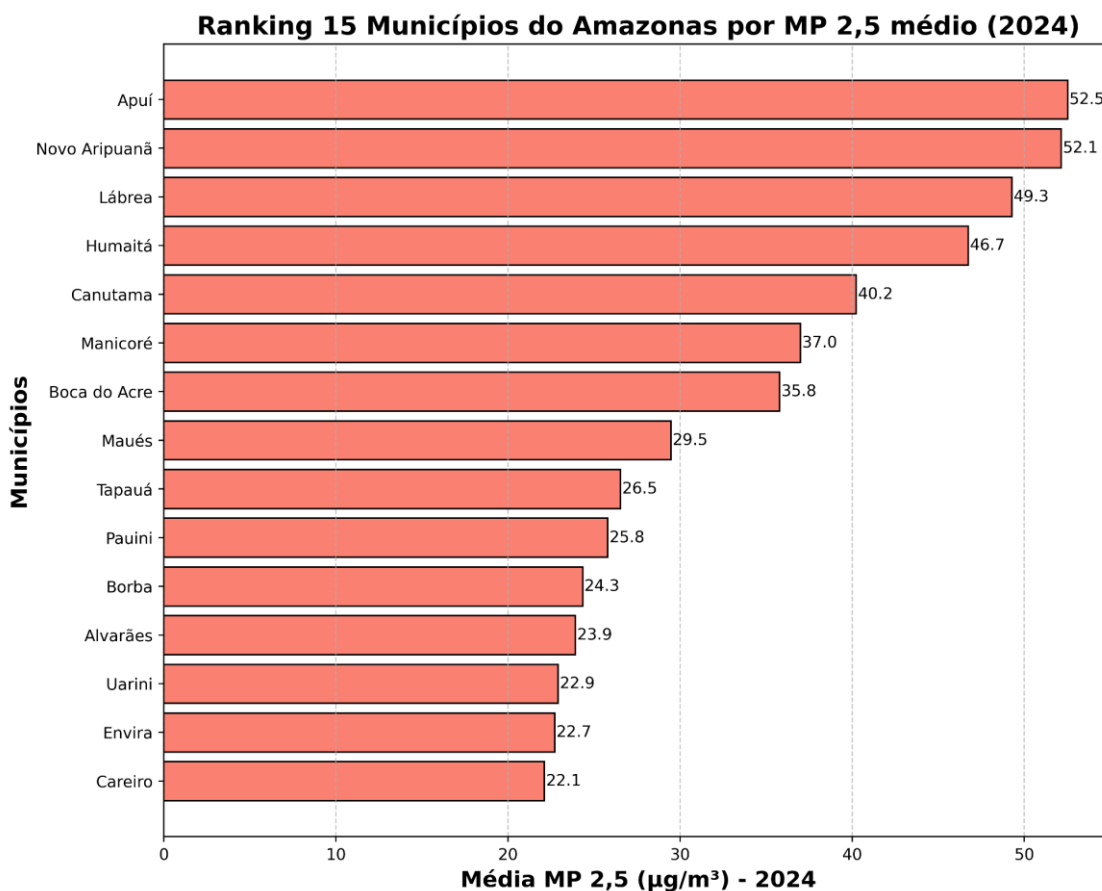
O ano de 2024 marcou um ponto crítico para a qualidade do ar no Amazonas, resultado da combinação entre uma seca histórica e a intensificação das queimadas em praticamente todo o sul e sudeste do estado. A estiagem excepcional reduziu drasticamente a precipitação, favorecendo o acúmulo de poluentes e a propagação do fogo em uma paisagem extremamente seca. Mesmo com a queda da taxa de desmatamento (de 1.610 km² em 2023 para 1.223 km² em 2024) o número de focos de calor atingiu o recorde de 25.499, evidenciando que o agravamento da poluição não se deveu ao avanço do desmate, mas à influência dominante das condições climáticas extremas.

Figura 49. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino (MP_{2,5}) no Amazonas para o ano de 2024.



O mapa das concentrações médias anuais de MP_{2,5} (Figura 49) revela esse cenário de crise de forma contundente. O sul e o sudeste amazonense concentraram os maiores valores, com extensas áreas acima de $25 \mu\text{g m}^{-3}$ e núcleos superiores a $35 \mu\text{g m}^{-3}$, enquanto o norte e o noroeste exibiram níveis mais moderados ($10\text{--}20 \mu\text{g m}^{-3}$). O ranking municipal de 2024 (Figura 50) reforça esse contraste: Apuí ($52,5 \mu\text{g m}^{-3}$), Novo Aripuanã ($52,1$), Lábrea ($49,3$), Humaitá ($46,7$), Canutama ($40,2$) e Manicoré ($37,0$) figuram entre os municípios mais afetados, todos situados na faixa de interface entre o arco do desmatamento e a fronteira agropecuária. Esses valores dobram as médias observadas no período 2018–2023, quando os líderes do ranking apresentavam concentrações próximas a $24\text{--}25 \mu\text{g m}^{-3}$.

Figura 50. Ranking dos 15 municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) para o ano de 2024.



O padrão observado em 2024 evidencia um deslocamento para níveis extremos de poluição por fumaça, mesmo em um contexto de avanço no controle do desmatamento. A seca prolongada, aliada à estabilidade atmosférica e à redução das chuvas, ampliou a duração e a intensidade das queimadas, criando uma situação em que as médias anuais de $MP_{2,5}$ superaram em até dez vezes o limite recomendado pela OMS ($5 \mu\text{g m}^{-3}$). Esse resultado confirma que a relação entre desmatamento e qualidade do ar é não linear: em anos de anomalias climáticas severas, o estresse hídrico e o uso recorrente do fogo tornam-se os principais determinantes da exposição populacional à poluição atmosférica, configurando 2024 como um dos anos mais críticos já registrados para o ar do Amazonas.

6.4. Rede de Sensores de Baixo Custo

Com o apoio da embaixada da Coreia do Sul, foi possível adquirir sensores de baixo custo para o monitoramento da qualidade do ar em todos os municípios do Amazonas. A partir dessa aquisição, foi firmado um Acordo de Cooperação Técnica com a Defesa Civil do Estado, o que possibilitou, até o momento, a instalação de 58 sensores em municípios amazonenses. Além disso, há cinco novos sensores em processo de instalação em outros municípios, e 30 sensores foram implantados pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Com esse esforço conjunto, o Amazonas tornou-se a unidade federativa com o maior número de sensores para monitoramento de material particulado do Brasil.

Para realizar a instalação, os agentes da Defesa Civil receberam capacitação com o apoio da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Os sensores foram instalados em escolas públicas do Estado e defesa civil do município e podem ser monitorados em tempo real pelo aplicativo SELVA (<https://appselva.com.br/>) e pelo site da fabricante dos sensores, PURPLE AIR. A instalação teve início em 2024, marcando um avanço significativo na capacidade de monitoramento ambiental do estado.

Para as análises apresentadas, foram selecionados 24 sensores com séries temporais de boa qualidade e consistência de dados, abrangendo o período de 2023 a outubro de 2025, quando possível. As séries foram organizadas em quatro quadros, cada um contendo seis gráficos, de modo a representar de forma clara a variabilidade temporal das concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) em diferentes regiões do estado. Cabe destacar que o plot identificado como “Santo Antônio do Matupi” corresponde, na verdade, ao município de Manicoré, uma vez que Santo Antônio do Matupi é um distrito pertencente a esse município.

O recorte temporal das séries analisadas abrange o período de 2023 a outubro de 2025, refletindo a evolução do sistema de monitoramento ao longo de sua fase de implantação e consolidação. É importante destacar que, por se tratar de uma rede recente e instalada em áreas de infraestrutura variável, algumas séries apresentam lacunas temporais. Essas interrupções decorrem, em grande parte, da dependência de energia elétrica e conectividade à internet, que nem sempre estão disponíveis de

forma contínua, sobretudo no interior do estado, onde as condições logísticas e climáticas impõem desafios adicionais à operação dos equipamentos.

Nos quadros que reúnem os municípios do sul e sudoeste do estado, a exemplo de Boca do Acre, Lábrea, Humaitá, Apuí, Canutama e o distrito de Santo Antônio do Matupi, observa-se o retrato mais extremo do ciclo de poluição por fumaça. Entre agosto e novembro, com prolongamentos frequentes até janeiro, os valores migram rapidamente das faixas “Boa” e “Moderada” para patamares “Muito Ruim” e “Péssimo”, com picos recorrentes acima de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e episódios que, em locais como Boca do Acre e Humaitá, ultrapassam $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A recorrência e a duração desses platôs elevados denotam a combinação de fontes próximas (frentes de desmatamento e fogo ativo ao longo dos eixos Madeira–Purus) e condições meteorológicas que favorecem a estagnação. Em 2023 e novamente no segundo semestre de 2024, tais episódios coincidem com secas mais severas e ampla atividade de fogo na borda sul amazônica.

Avançando em direção ao centro-sul e ao médio curso dos rios Madeira e Purus (Novo Aripuanã, Borba, Careiro, Beruri e Autazes) o padrão sazonal permanece nítido, mas com amplitude geralmente menor que no extremo sul. Ainda assim, os quadros mostram picos frequentes na categoria “Péssimo” entre setembro e outubro, e, em alguns anos, rebotes no início do primeiro trimestre. Nesses municípios, há transições mais rápidas entre episódios de fumaça densa e períodos de recuperação para “Moderada” e “Boa”, sugerindo uma mistura entre influência regional (plumas transportadas) e fontes mais esparsas locais.

No conjunto de localidades do oeste e noroeste (Atalaia do Norte, Japurá, Tefé e Eirunepé) a variabilidade temporal revela uma sazonalidade alinhada à transição seca–chuvosa, porém com picos menos extremos em comparação ao sul do estado. Mesmo assim, registram-se incursões recorrentes na faixa “Péssimo” (tipicamente entre 100 e $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante a alta temporada de queimadas. Em municípios como Carauari, Envira, Juruá e Maraã, as séries deixam entrever períodos mais extensos em “Boa” e “Moderada” fora da estação seca, intercalados por eventos agudos mais curtos, o que sugere menor pressão de fontes locais. Por fim, nos quadros que incluem a calha do Amazonas e o baixo Amazonas, com destaque para Manaus, Parintins e Novo Airão, o padrão é dominado por episódios intensos, porém mais episódicos, em geral concentrados no auge da seca e em ondas de fumaça associadas a grandes

eventos regionais. Manaus apresenta picos notáveis em outubro de 2023 e janeiro de 2024, conforme comentado na seção 6.1.

A leitura integrada dos quatro quadros evidencia três aspectos centrais. Primeiro, a forte sazonalidade, com máximos entre o final do segundo semestre e o início do primeiro semestre seguinte, consistente com a climatologia regional das queimadas e com anos em que a seca foi agravada por forçantes de grande escala. Segundo, o gradiente espacial nítido, no qual o sul e o sudoeste do Amazonas concentram as maiores amplitudes e durações dos episódios “Péssimo”, enquanto as porções central e setentrional vivenciam picos relevantes mas, em média, menos persistentes. Terceiro, a variabilidade interanual, que afeta, em diferentes formas e magnitudes, as distintas regiões do estado. Em termos de saúde pública, os quadros mostram a ocorrência de exposições prolongadas em diversas localidades, com longos períodos de tempo em patamares “Muito Ruim” e “Péssimo”, o que demanda protocolos de alerta e resposta mais céleres, comunicação de risco com foco em grupos vulneráveis e estratégias de mitigação coordenadas entre esferas municipal, estadual e interestadual.

Figura 51. Concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.

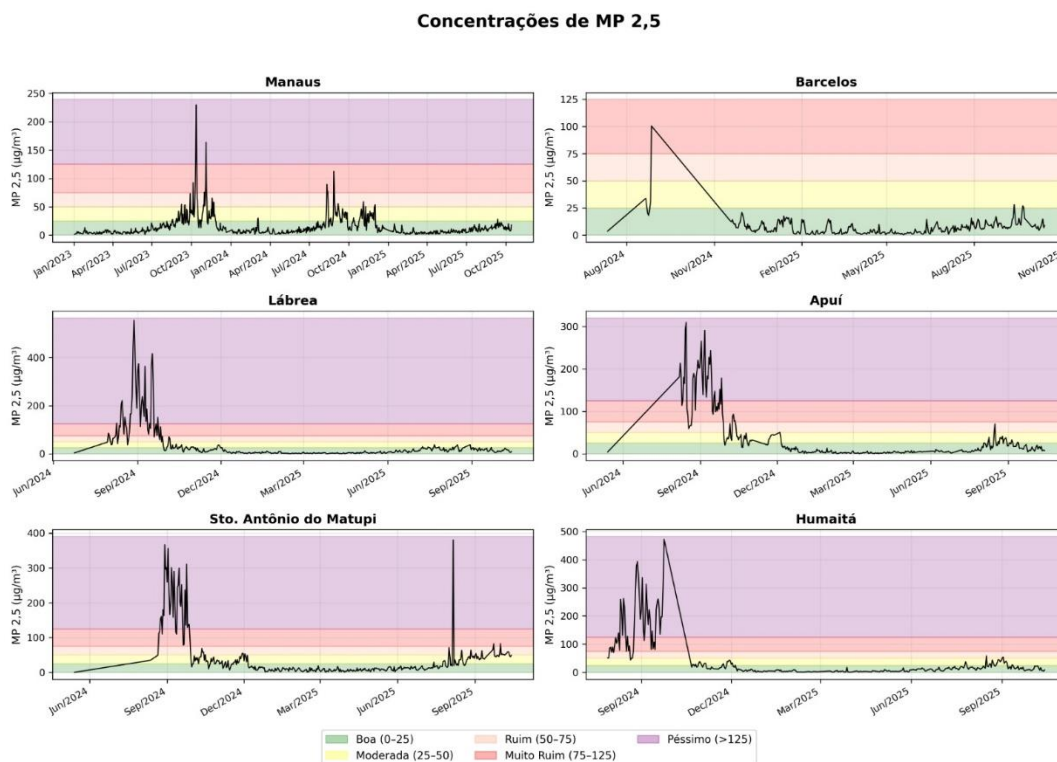


Figura 52. Concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.

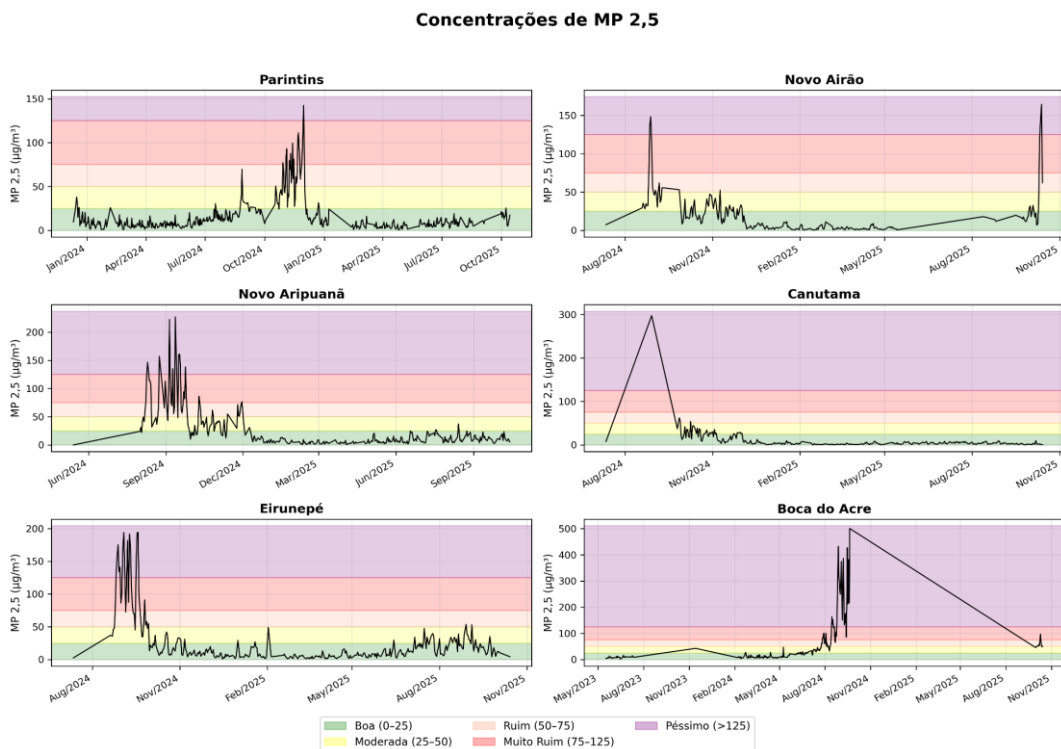


Figura 53. Concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.

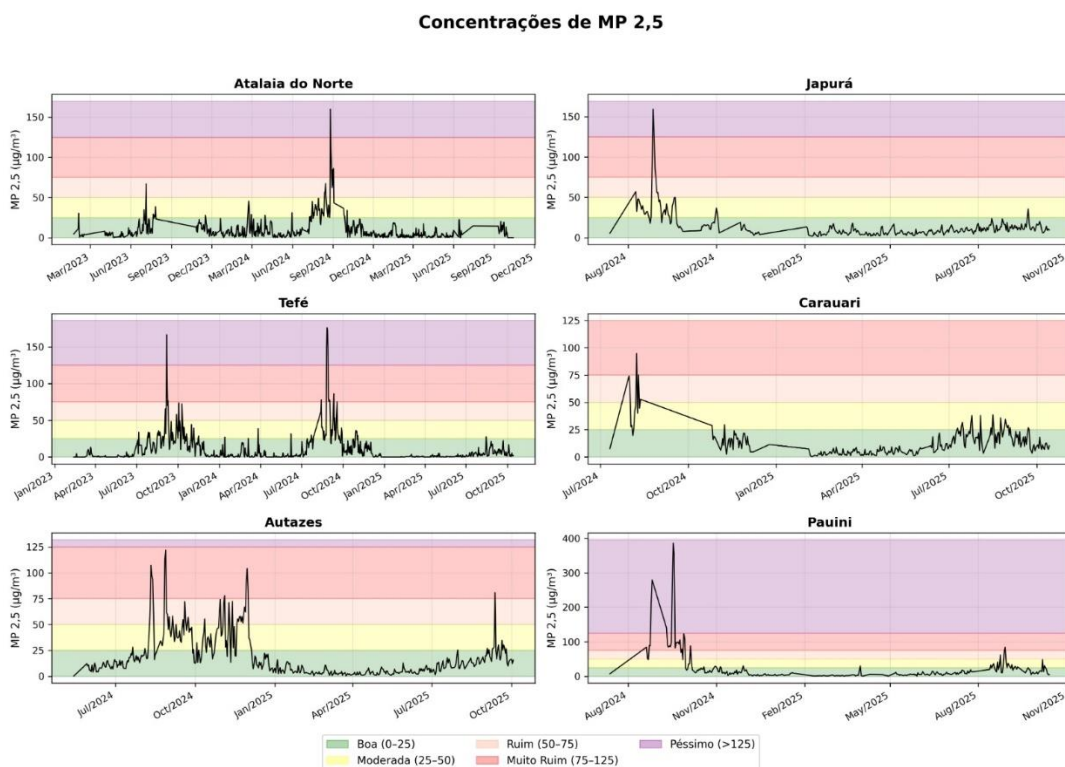
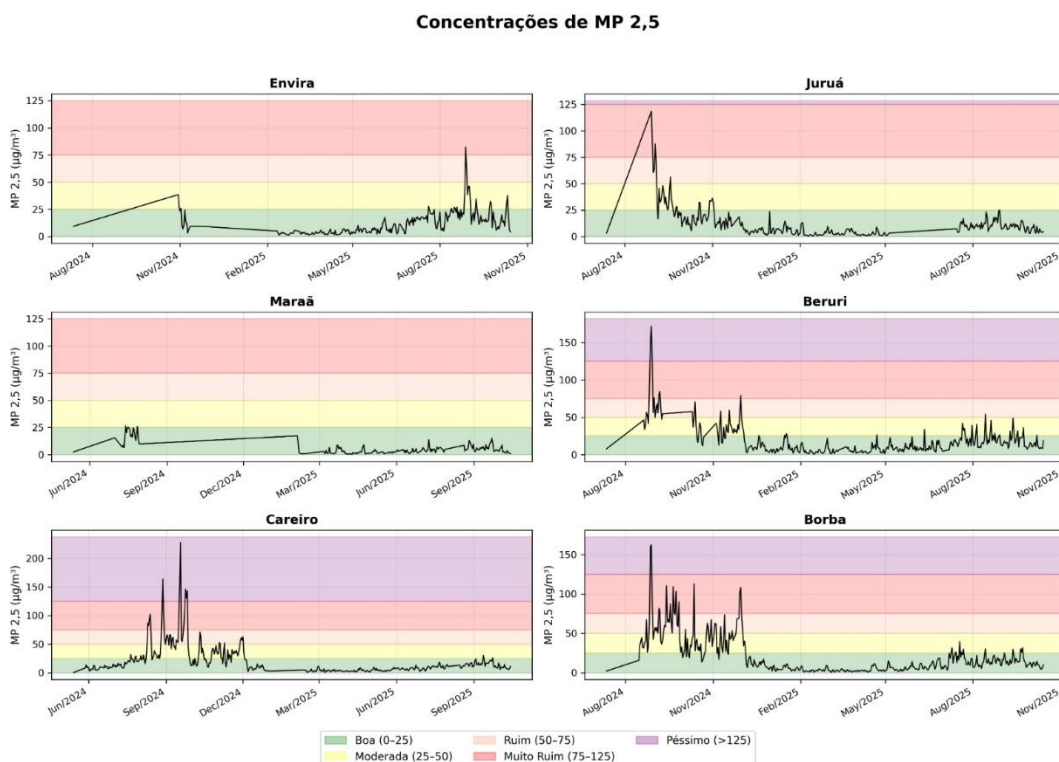


Figura 54. Concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) obtidas através da utilização de sensores de baixo custo.

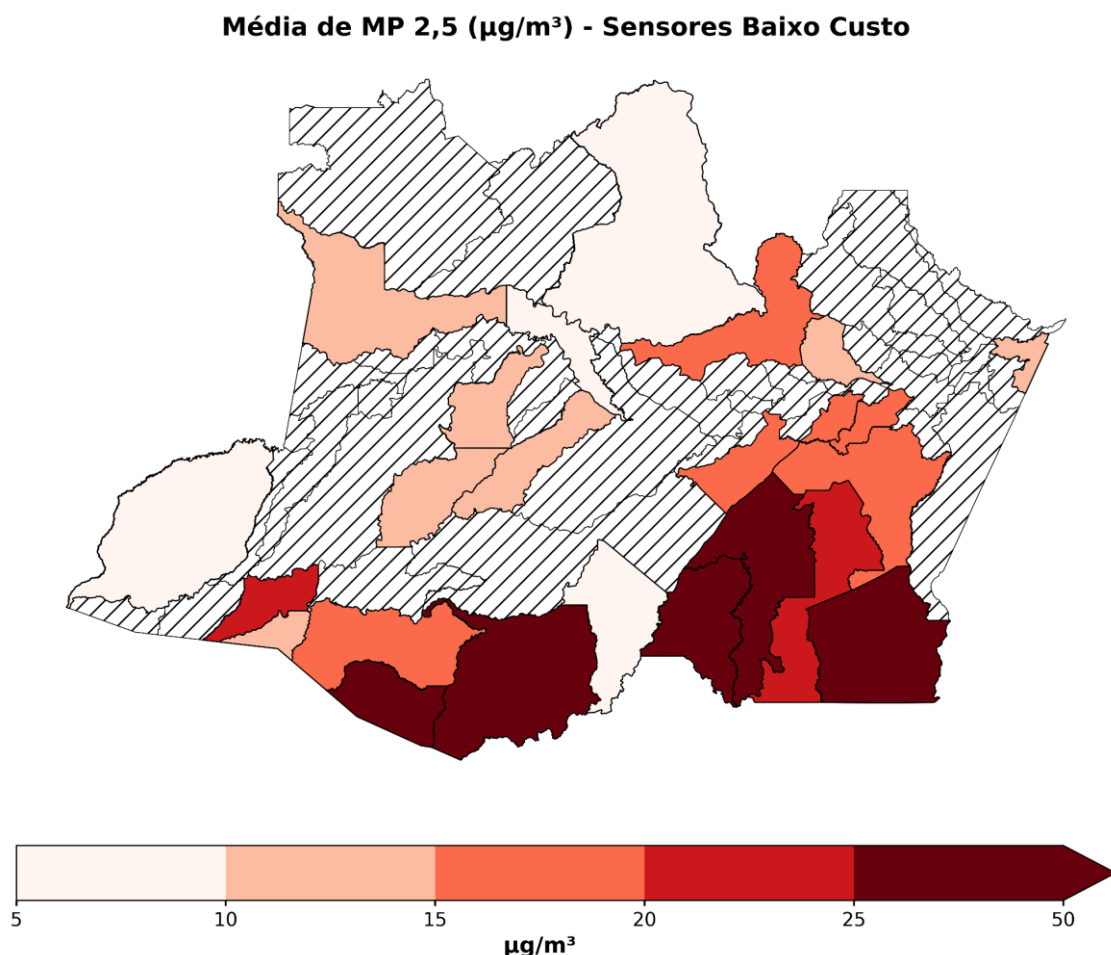


Embora os sensores de baixo custo utilizados apresentem limitações conhecidas, como menor precisão e maior suscetibilidade a variações ambientais em comparação a instrumentos de referência, sua principal função neste contexto é facilitar o acesso à informação sobre a qualidade do ar. A proposta não é oferecer medidas com alta resolução numérica, mas sim traduzir o dado técnico em algo compreensível e útil para a população, indicando de forma direta se o ar está em condição “Boa”, “Moderada”, “Ruim” ou “Péssima”. Essa abordagem torna o monitoramento mais acessível e fortalece a capacidade de resposta local, especialmente em municípios que historicamente não dispunham de qualquer instrumento de medição atmosférica.

Ainda assim, o conjunto de dados obtido representa um avanço significativo no monitoramento ambiental do Amazonas, permitindo acompanhar, em tempo quase real, a variabilidade espacial e temporal da poluição atmosférica em todas as regiões do estado. A rede cumpre, portanto, um papel essencial: fornecer informações acessíveis e acionáveis para orientar políticas de prevenção, alerta e proteção à saúde.

O mapa de médias anuais de $MP_{2,5}$ obtido a partir dos 24 sensores de baixo custo no Amazonas (Figura 55), juntamente com o ranking dos municípios (Figura 56), revela um padrão espacial coerente com o histórico de queimadas e a sazonalidade da seca na região. Observa-se que os municípios do sul e sudeste do estado, como Boca do Acre, Manicoré, Humaitá, Apuí e Lábrea, apresentam os maiores valores médios de $MP_{2,5}$, com destaque para Boca do Acre, cuja média anual ultrapassa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esses números indicam a persistência de altos níveis de poluição atmosférica, resultado da combinação de proximidade de fontes de fogo, características do uso da terra e condições meteorológicas que favorecem o acúmulo de partículas finas na coluna atmosférica.

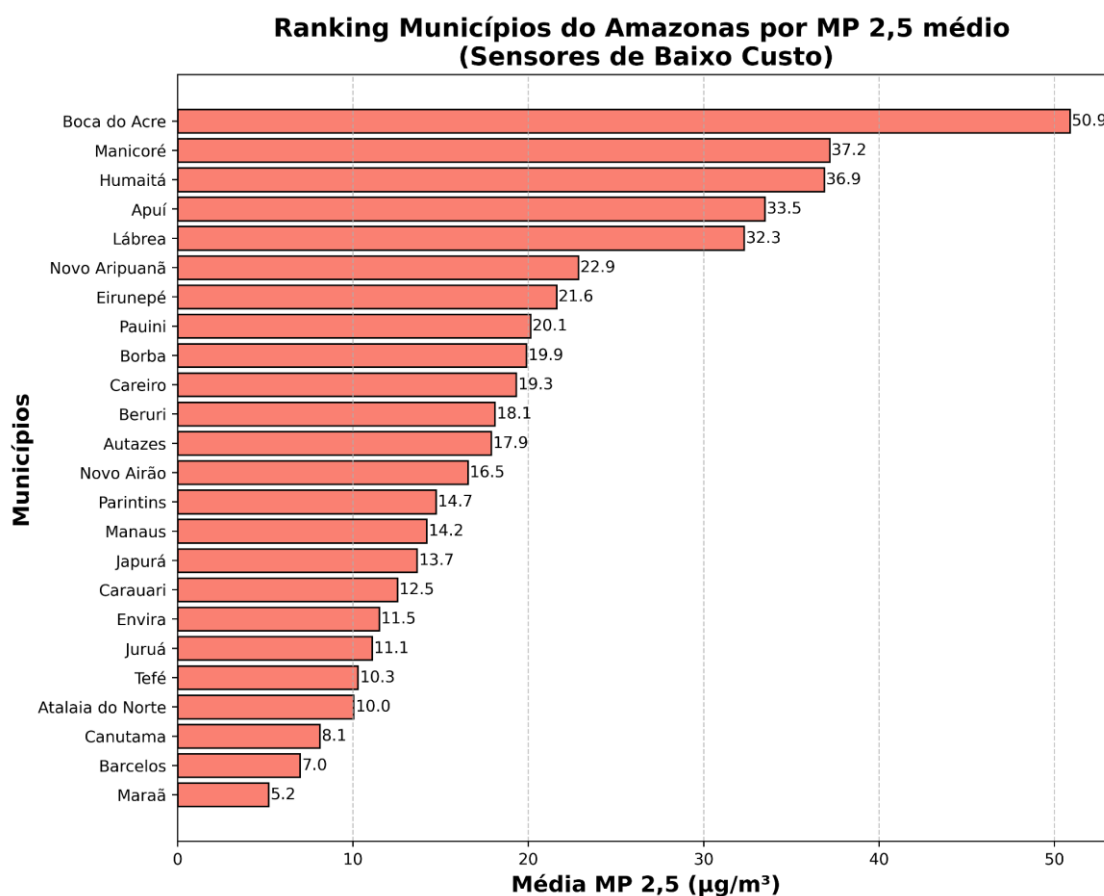
Figura 55. Distribuição espacial total das concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$) no Amazonas obtidas através de sensores de baixo custo.



O gradiente espacial é claramente identificado: à medida que se avança para o centro e noroeste do Amazonas, as médias tendem a reduzir, embora permaneçam

elevadas em comparação com padrões recomendados pela OMS. Municípios como Novo Aripuanã, Pauini e Borba apresentam médias entre 20 e 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto localidades do noroeste, incluindo Envira, Juruá e Tefé, exibem médias ainda mais baixas, na faixa de 10 a 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, refletindo tanto menor pressão local de queimadas quanto maior influência de áreas preservadas e dispersão atmosférica mais eficiente.

Figura 56. Ranking dos municípios do Amazonas com maiores concentrações de material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) obtidas através de sensores de baixo custo.



O ranking dos 24 municípios complementa essa análise, evidenciando a dominância do sul do estado na exposição da população ao $\text{MP}_{2,5}$. Boca do Acre lidera, seguido por Manicoré e Humaitá, seguidos de Apuí e Lábrea, enquanto municípios centrais, como Manaus ($14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Parintins ($14,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), registram concentrações mais moderadas. Apesar das limitações conhecidas dos sensores de baixo custo, tais dados proporcionam um panorama robusto e de fácil compreensão da qualidade do ar, permitindo identificar áreas críticas e acompanhar padrões temporais de exposição à população.

7. LACUNAS DE INFORMAÇÕES IDENTIFICADAS E RECOMENDAÇÕES DE MELHORIA

Este capítulo apresenta as principais lacunas de informações identificadas durante a elaboração do *Inventário de Emissões Atmosféricas do Estado do Amazonas*, bem como as recomendações técnicas e institucionais necessárias para o aprimoramento do processo de monitoramento e contabilização das emissões no território estadual.

O objetivo desta seção é evidenciar os desafios encontrados na obtenção, padronização e integração de dados entre diferentes fontes nacionais, internacionais e locais e propor ações corretivas e estruturantes que permitam a consolidação de um Inventário Estadual de Emissões Atmosféricas completo, contínuo e metodologicamente compatível com as diretrizes do IPCC e do Inventário Nacional de Emissões de GEE.

Dentre as lacunas gerais, destacam-se os seguintes pontos:

- Dificuldade de identificação de fontes emissoras em escala municipal, especialmente nos municípios do interior do estado. A ausência de sistemas locais de monitoramento e de dados estruturados sobre consumo energético, resíduos, frota veicular e uso de edificações torna inviável a individualização precisa das fontes emissoras em todos os municípios. O desafio persiste inclusive para plataformas internacionais, como o *Google Environmental Insights Explorer (EIE)*, que conseguiu gerar estimativas de transporte apenas para 31 municípios do Amazonas.
- No caso das edificações, a carência de dados sobre o consumo de energia e combustíveis em nível local limita o detalhamento das emissões desse setor, o que reforça a necessidade de integração com concessionárias de energia, agências reguladoras e órgãos de planejamento urbano, permitindo a coleta sistemática e padronizada de informações de consumo energético e eficiência.

- Quanto ao material particulado fino (MP_{2.5}), o monitoramento ainda é restrito devido à ausência de estações de referência em diversas regiões, especialmente nas áreas de difícil acesso. A implantação da rede estadual de sensores de baixo custo representa um avanço significativo, mas ainda demanda complementação com estações de referência e ampliação da cobertura territorial, de modo a permitir a calibração cruzada e a validação das estimativas obtidas. Além disso, este inventário apresenta apenas uma análise climatológica das concentrações de MP_{2.5} no Estado do Amazonas, sem a desagregação por setor de emissão, em virtude da indisponibilidade de metodologias consolidadas e de dados específicos que permitam essa diferenciação.

Para superar essas barreiras, recomenda-se:

- **Capacitação continuada da equipe técnica:** promover formação e atualização permanente das equipes envolvidas na elaboração e gestão do inventário, visando ao aprimoramento das metodologias de estimativa, análise e reporte de emissões atmosféricas. Essa capacitação deve contemplar o uso de ferramentas analíticas e sistemas de monitoramento, fortalecendo a capacidade técnica estadual para a manutenção e aprimoramento contínuo do Inventário de Emissões Atmosféricas do Amazonas, alinhando-se com o inventário nacional.
- **Expandir a rede de monitoramento da qualidade do ar,** priorizando sensores de referência em regiões estratégicas e integrando os dados à rede nacional.
- **Instituir o Inventário Estadual de Emissões Atmosféricas como instrumento oficial e permanente,** com atualizações regulares e integração entre as secretarias setoriais, estabelecendo responsabilidades e colaboração na atualização do inventário e na implementação de estratégias para redução das emissões.
- **Estabelecer parcerias técnicas** com outros estados que atualizam periodicamente seus inventários, concessionárias de energia, órgãos de transporte e instituições de pesquisa para aprimorar as bases de dados e reduzir incertezas.
- **Criação de comitê técnico:** instituir um comitê especializado para análise, validação e aprimoramento contínuo do inventário, garantindo rigor metodológico e transparência institucional no processo de consolidação.

ANEXOS

Anexo 1. Distribuição das Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) por Município e Setor

Emissões por município no setor de Agropecuária (tCO ₂ e)								
Setor de emissão	Município	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total CO ₂ e (t)
Agropecuária	Lábrea (AM)	618.258,41	656.795,54	662.426,02	683.974,46	1.073.432,97	1.316.911,98	5.011.799,38
Agropecuária	Boca do Acre (AM)	434.717,28	459.127,89	468.729,35	486.177,03	775.468,02	949.410,00	3.573.629,57
Agropecuária	Apuí (AM)	299.113,28	334.488,60	342.728,14	360.831,33	507.794,35	605.374,35	2.450.330,05
Agropecuária	Manicoré (AM)	243.911,48	259.031,71	263.278,32	279.569,50	320.424,77	371.384,19	1.737.599,98
Agropecuária	Autazes (AM)	173.455,32	162.986,84	167.200,40	197.179,59	202.364,12	204.623,95	1.107.810,22
Agropecuária	Itacoatiara (AM)	129.743,39	133.912,62	80.913,98	131.615,83	140.082,45	141.033,15	757.301,43
Agropecuária	Novo Aripuanã (AM)	75.107,03	90.638,74	93.929,26	97.160,37	171.087,20	204.016,72	731.939,31
Agropecuária	Careiro da Várzea (AM)	110.665,61	113.063,90	112.604,79	116.436,40	130.687,47	147.421,05	730.879,21
Agropecuária	Parintins (AM)	121.819,06	113.513,67	115.706,93	115.898,09	117.672,33	109.193,03	693.803,11
Agropecuária	Canutama (AM)	57.713,39	60.528,38	58.234,98	61.646,22	114.049,43	152.979,75	505.152,16
Agropecuária	Barreirinha (AM)	77.441,63	81.452,04	82.565,73	76.963,20	72.608,18	64.404,26	455.435,04
Agropecuária	Guajará (AM)	57.985,21	63.241,04	51.116,19	72.514,83	87.733,86	103.767,16	436.358,30
Agropecuária	Humaitá (AM)	53.534,19	54.137,31	56.853,75	67.015,89	76.656,35	103.232,45	411.429,93
Agropecuária	Envira (AM)	49.207,52	52.700,44	54.600,76	62.091,35	66.250,75	78.648,77	363.499,58
Agropecuária	Nhamundá (AM)	46.950,83	54.418,32	55.019,40	54.809,29	52.952,99	54.135,08	318.285,92
Agropecuária	Careiro (AM)	50.656,64	62.784,54	65.342,71	39.643,55	37.843,41	34.094,64	290.365,49
Agropecuária	Manacapuru (AM)	42.650,26	40.535,19	36.709,86	35.947,25	36.879,07	41.090,45	233.812,08
Agropecuária	Maués (AM)	44.332,78	47.840,51	49.285,80	28.744,61	27.689,85	27.981,15	225.874,70
Agropecuária	Ipixuna (AM)	29.119,80	31.238,64	30.756,64	38.907,34	41.648,29	44.388,55	216.059,26
Agropecuária	Presidente Figueiredo (AM)	30.355,61	30.391,96	35.765,59	40.058,69	36.433,59	35.744,30	208.749,75
Agropecuária	Urucará (AM)	36.518,63	35.873,87	33.117,39	31.958,69	30.507,56	31.573,35	199.549,51
Agropecuária	Boa Vista do Ramos (AM)	32.718,65	32.978,40	33.270,26	30.385,48	28.308,42	30.359,70	188.020,90

Agropecuária	Urucurituba (AM)	32.468,39	29.978,60	34.815,06	36.942,00	21.837,63	31.259,38	187.301,06
Agropecuária	Eirunepé (AM)	26.573,93	25.812,49	28.265,03	27.631,37	26.959,80	30.255,03	165.497,65
Agropecuária	Borba (AM)	20.008,04	27.337,31	22.994,10	22.214,03	25.547,81	29.442,25	147.543,54
Agropecuária	Silves (AM)	25.022,39	26.120,60	23.879,89	30.270,60	21.432,11	19.676,42	146.402,01
Agropecuária	Manaus (AM)	20.281,58	23.378,08	22.769,71	24.180,26	22.994,21	29.869,53	143.473,37
Agropecuária	Pauini (AM)	21.084,03	23.027,18	24.471,17	24.297,75	24.455,92	25.304,36	142.640,41
Agropecuária	São Sebastião do Uatumã (AM)	23.329,87	23.913,38	21.855,16	23.225,65	23.523,65	23.285,10	139.132,81
Agropecuária	Nova Olinda do Norte (AM)	21.091,17	19.957,08	20.729,94	21.854,34	25.309,40	26.624,77	135.566,69
Agropecuária	Manaquiri (AM)	19.737,26	20.621,54	21.380,39	21.118,67	21.611,20	23.232,08	127.701,14
Agropecuária	Irlanduba (AM)	14.875,18	12.212,74	16.251,43	20.756,03	21.191,92	17.030,56	102.317,86
Agropecuária	Rio Preto da Eva (AM)	13.066,01	20.169,49	10.386,40	10.987,23	10.627,47	11.691,82	76.928,42
Agropecuária	Carauari (AM)	11.275,48	11.156,21	10.047,64	11.015,38	11.282,11	11.561,75	66.338,57
Agropecuária	Tapauá (AM)	5.772,16	5.972,02	5.795,34	6.213,43	12.607,86	20.551,56	56.912,37
Agropecuária	Codajás (AM)	8.820,03	8.934,57	8.993,62	8.891,59	9.032,64	10.323,21	54.995,65
Agropecuária	Itapiranga (AM)	8.369,77	8.667,98	9.892,60	9.290,65	9.106,03	8.320,58	53.647,61
Agropecuária	Coari (AM)	8.606,97	8.289,33	7.921,83	8.088,82	8.323,99	8.414,36	49.645,29
Agropecuária	Tefé (AM)	7.810,57	6.511,75	6.832,01	7.023,23	6.522,45	8.879,19	43.579,20
Agropecuária	Fonte Boa (AM)	5.670,18	6.244,55	5.975,07	6.378,36	6.303,39	6.474,82	37.046,36
Agropecuária	Jutai (AM)	5.177,17	5.296,47	5.348,35	5.537,89	7.532,16	6.297,17	35.189,22
Agropecuária	Caapiranga (AM)	5.124,89	5.199,28	4.964,31	4.940,06	4.676,41	4.936,22	29.841,17
Agropecuária	Itamarati (AM)	5.700,90	4.829,01	4.906,26	3.271,90	3.980,52	4.125,64	26.814,23
Agropecuária	Uarini (AM)	4.550,91	4.079,11	4.208,34	4.457,90	3.992,52	5.275,97	26.564,74
Agropecuária	Tonantins (AM)	3.123,64	5.583,54	3.914,46	3.950,42	4.363,31	4.799,34	25.734,71
Agropecuária	Beruri (AM)	4.088,63	3.995,25	3.805,46	4.194,19	4.124,37	4.505,25	24.713,15
Agropecuária	São Gabriel da Cachoeira (AM)	3.381,32	3.503,60	3.797,32	4.034,41	4.307,14	4.847,88	23.871,67
Agropecuária	Barcelos (AM)	3.790,94	3.816,12	3.847,61	3.975,72	4.026,58	4.364,37	23.821,34
Agropecuária	Japurá (AM)	3.922,61	3.763,08	3.838,73	3.868,85	3.865,78	3.692,07	22.951,13
Agropecuária	Santo Antônio do Itá (AM)	3.422,11	3.609,40	3.629,84	3.614,49	3.759,28	3.051,32	21.086,43
Agropecuária	Maraã (AM)	3.275,65	3.742,88	3.773,14	3.719,35	3.788,02	2.608,24	20.907,29

Agropecuária	Juruá (AM)	3.875,31	3.424,07	3.424,43	3.855,32	3.187,61	3.016,80	20.783,54
Agropecuária	Alvarães (AM)	3.199,36	2.886,16	3.065,45	3.324,45	2.970,99	4.411,42	19.857,84
Agropecuária	Anori (AM)	3.079,99	2.738,66	2.705,85	2.625,73	2.648,05	2.197,16	15.995,44
Agropecuária	Novo Airão (AM)	2.541,31	2.489,70	2.303,53	2.506,57	2.855,04	3.151,86	15.848,00
Agropecuária	Atalaia do Norte (AM)	2.610,24	2.627,67	2.681,18	2.636,60	2.556,58	2.655,62	15.767,90
Agropecuária	Amaturá (AM)	2.754,64	2.520,70	2.887,05	2.875,25	2.176,57	2.392,68	15.606,90
Agropecuária	Santa Isabel do Rio Negro (AM)	2.363,58	2.290,96	2.571,38	2.777,07	2.363,31	2.794,58	15.160,87
Agropecuária	Benjamin Constant (AM)	2.106,68	2.020,36	1.741,30	1.757,39	1.626,87	1.784,07	11.036,67
Agropecuária	São Paulo de Olivença (AM)	1.603,81	1.636,09	1.584,34	1.611,65	1.570,52	1.982,37	9.988,77
Agropecuária	Tabatinga (AM)	1.556,89	1.403,51	1.354,67	1.539,02	1.217,51	1.548,18	8.619,77
Agropecuária	Anamá (AM)	1.832,79	1.604,89	1.548,07	1.222,63	1.195,89	1.199,52	8.603,78
Emissões por município no setor de Energia (tCO2e)								
Setor de emissão	Município	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total CO2e (t)
Energia	Manaus (AM)	7.059.361,79	7.634.550,77	7.119.448,28	7.110.421,06	6.534.662,68	6.532.586,12	41.991.030,71
Energia	NA (AM)	793.418,62	821.872,22	703.884,34	672.987,23	691.572,45	653.777,37	4.337.512,22
Energia	Presidente Figueiredo (AM)	115.973,69	111.995,58	105.888,82	105.083,68	111.781,93	114.572,65	665.296,35
Energia	Itacoatiara (AM)	79.451,36	81.362,55	74.773,52	118.935,00	125.751,52	118.828,16	599.102,11
Energia	Humaitá (AM)	40.114,50	49.979,91	65.786,83	118.460,10	130.800,06	122.845,29	527.986,70
Energia	Irlanduba (AM)	194.644,63	110.593,59	44.555,73	48.248,66	49.772,78	47.334,06	495.149,45
Energia	Manacapuru (AM)	50.454,89	52.347,70	54.766,60	51.153,40	59.317,82	56.427,09	324.467,49
Energia	Manicoré (AM)	23.860,22	36.054,43	55.043,88	50.266,61	56.519,59	52.877,64	274.622,37
Energia	Tefé (AM)	30.783,88	42.648,76	61.608,99	26.841,36	31.197,12	28.855,43	221.935,56
Energia	Autazes (AM)	15.171,32	18.744,14	46.244,94	41.332,74	45.057,37	42.729,58	209.280,10
Energia	Parintins (AM)	34.421,39	32.383,57	30.887,91	35.781,96	38.164,09	35.735,13	207.374,04
Energia	São Gabriel da Cachoeira (AM)	15.844,10	16.577,18	21.615,71	44.533,37	53.296,98	50.329,72	202.197,06
Energia	Boca do Acre (AM)	16.117,93	16.757,08	17.550,03	35.573,00	40.400,07	38.157,27	164.555,38
Energia	Nova Olinda do Norte (AM)	8.147,61	10.111,54	33.380,70	31.384,16	35.743,90	33.817,79	152.585,71
Energia	Silves (AM)	2.727,76	3.062,73	3.791,57	3.143,38	60.510,52	78.653,83	151.889,80
Energia	Coari (AM)	26.535,72	19.894,96	21.897,52	23.955,26	26.416,99	24.883,82	143.584,26

Energia	Borba (AM)	7.707,81	10.266,48	30.041,78	27.972,33	31.272,19	29.502,89	136.763,48
Energia	Apuí (AM)	13.664,57	13.121,80	14.846,84	18.658,97	20.436,15	19.131,08	99.859,42
Energia	Tabatinga (AM)	14.548,09	15.955,34	15.839,90	15.447,92	16.251,43	14.686,31	92.728,98
Energia	Careiro (AM)	13.398,50	14.011,24	14.336,27	16.348,72	15.715,50	14.854,77	88.665,00
Energia	Maués (AM)	13.641,42	13.325,97	14.972,18	12.421,77	13.257,66	12.653,58	80.272,58
Energia	Lábrea (AM)	11.903,18	13.070,31	10.636,64	11.495,75	13.582,71	12.861,02	73.549,61
Energia	Novo Aripuanã (AM)	10.043,08	14.306,98	8.313,29	11.695,58	14.499,53	13.703,46	72.561,93
Energia	Jutaí (AM)	9.586,07	9.312,13	11.167,76	8.832,86	8.752,11	8.266,18	55.917,11
Energia	Eirunepé (AM)	9.774,82	9.585,72	7.629,13	11.269,44	8.484,58	8.034,66	54.778,35
Energia	Rio Preto da Eva (AM)	9.188,36	8.266,88	8.732,16	8.986,90	9.649,80	9.235,28	54.059,38
Energia	Benjamin Constant (AM)	2.398,96	4.498,35	16.080,35	9.599,41	10.794,74	10.098,07	53.469,88
Energia	Carauari (AM)	6.030,48	7.444,07	16.151,93	7.358,16	7.150,41	6.818,10	50.953,16
Energia	Santo Antônio do Itá (AM)	4.270,89	4.792,89	7.255,19	9.648,34	9.687,91	9.135,27	44.790,49
Energia	Careiro da Várzea (AM)	5.909,72	8.879,53	9.087,33	7.027,10	6.602,10	6.268,94	43.774,72
Energia	Fonte Boa (AM)	4.610,88	6.588,33	12.075,37	6.185,19	6.946,58	6.623,84	43.030,20
Energia	Anori (AM)	6.603,55	7.045,45	7.157,03	7.632,25	7.154,02	6.839,72	42.432,02
Energia	Itapiranga (AM)	4.565,16	5.100,70	7.015,32	8.288,03	8.710,11	8.295,90	41.975,22
Energia	Barreirinha (AM)	6.405,15	6.526,38	7.600,43	7.170,00	6.941,97	6.614,59	41.258,52
Energia	Envira (AM)	1.950,59	3.996,79	5.918,45	8.967,48	9.946,48	9.299,38	40.079,18
Energia	Ipixuna (AM)	1.095,23	3.260,63	6.959,90	8.476,08	9.295,36	8.662,63	37.749,83
Energia	Uarini (AM)	3.863,98	7.437,69	7.863,73	5.473,99	6.471,09	6.225,05	37.335,52
Energia	Barcelos (AM)	6.304,45	6.414,90	6.275,27	5.263,79	6.469,04	6.101,82	36.829,28
Energia	Novo Airão (AM)	4.756,06	4.983,54	5.614,29	5.754,21	6.382,24	6.104,79	33.595,14
Energia	Urucará (AM)	4.865,28	4.781,09	5.090,13	4.699,87	4.728,47	4.528,50	28.693,34
Energia	Nhamundá (AM)	3.817,31	4.404,13	4.889,35	5.111,40	5.314,45	5.088,24	28.624,89
Energia	Manaquiri (AM)	4.404,75	4.571,05	4.245,47	4.291,52	4.579,74	4.369,43	26.461,95
Energia	Alvarães (AM)	3.274,12	4.975,84	7.609,54	3.206,63	3.716,95	3.580,98	26.364,07
Energia	Santa Isabel do Rio Negro (AM)	3.649,67	4.029,30	3.531,26	3.846,48	4.186,00	3.970,87	23.213,60
Energia	Urucurituba (AM)	2.120,68	2.506,01	4.229,14	4.269,31	5.005,34	4.806,16	22.936,65

Energia	Guajará (AM)	3.488,01	3.244,12	3.793,59	4.066,59	4.255,22	4.085,22	22.932,73
Energia	São Sebastião do Uatumã (AM)	4.773,83	3.744,90	4.162,49	3.593,65	3.071,45	2.902,77	22.249,09
Energia	Codajás (AM)	3.376,60	4.613,88	4.589,97	2.851,05	3.423,33	3.258,23	22.113,05
Energia	Pauini (AM)	2.952,16	2.365,29	2.566,15	3.441,64	3.381,32	3.235,86	17.942,43
Energia	Beruri (AM)	2.891,56	3.101,73	3.153,28	2.989,91	2.756,61	2.634,03	17.527,11
Energia	Tonantins (AM)	1.658,52	1.792,21	4.651,09	1.896,99	2.309,51	2.219,26	14.527,59
Energia	São Paulo de Olivença (AM)	968,76	445,94	4.916,87	2.555,42	1.854,37	1.735,57	12.476,93
Energia	Tapauá (AM)	1.787,34	1.763,09	2.030,23	2.050,65	2.313,08	2.248,42	12.192,80
Energia	Juruá (AM)	1.315,67	1.792,10	2.927,70	1.169,27	1.457,11	1.411,38	10.073,24
Energia	Japurá (AM)	1.393,91	2.701,01	2.630,55	936,39	1.030,85	967,79	9.660,50
Energia	Boa Vista do Ramos (AM)	1.816,86	1.611,92	1.498,93	1.235,17	1.447,76	1.397,96	9.008,60
Energia	Maraã (AM)	983,00	1.858,61	3.410,44	436,75	500,87	493,14	7.682,80
Energia	Itamarati (AM)	817,55	960,58	2.847,20	823,51	722,68	709,84	6.881,36
Energia	Atalaia do Norte (AM)	360,60	1.152,86	1.003,34	1.083,40	1.369,73	1.295,21	6.265,14
Energia	Canutama (AM)	1.055,95	678,74	884,77	1.663,31	783,47	748,00	5.814,24
Energia	Anamá (AM)	126,92	144,57	1.248,99	1.044,89	960,32	933,90	4.459,60
Energia	Caapiranga (AM)	628,24	604,70	627,55	498,46	585,45	561,30	3.505,69
Energia	Amaturá (AM)	519,72	312,11	1.597,52	375,43	343,46	339,41	3.487,66

Emissões por município no setor de Mudança de Uso da Terra e Floresta (tCO2e)

Setor de emissão	Município	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total CO2e (t)
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Lábrea (AM)	15.566.090,21	28.742.148,85	25.477.617,24	39.538.561,32	39.568.673,54	8.433.877,00	157.326.968,16
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Apuí (AM)	9.287.056,96	17.991.108,59	16.591.226,55	27.379.760,92	37.565.161,87	12.056.950,00	120.871.264,89
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Novo Aripuanã (AM)	8.222.513,92	14.216.279,21	8.174.883,73	14.483.348,98	18.950.170,17	6.638.979,00	70.686.175,02
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Boca do Acre (AM)	4.513.622,23	10.955.441,91	9.873.731,31	14.060.788,95	13.793.261,67	3.911.056,00	57.107.902,07
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Manicoré (AM)	5.400.508,84	5.798.719,13	7.022.441,16	11.759.405,82	13.946.803,07	5.474.141,00	49.402.019,01
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Humaitá (AM)	2.602.869,96	6.178.313,98	7.180.706,60	13.154.051,21	11.076.949,66	3.670.993,00	43.863.884,41

Mudança de Uso da Terra e Floresta	Canutama (AM)	2.596.313,39	4.949.631,20	4.022.976,77	8.893.556,02	13.482.858,42	5.925.847,00	39.871.182,80
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Maués (AM)	836.783,25	1.390.141,11	1.911.124,88	4.552.620,73	6.613.013,51	2.281.387,00	17.585.070,47
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Autazes (AM)	1.255.935,49	2.598.850,54	1.881.081,41	3.273.061,28	3.103.139,07	1.998.226,00	14.110.293,79
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Tapauá (AM)	782.978,46	1.540.219,14	1.343.204,77	4.006.168,17	3.924.910,11	2.253.158,00	13.850.638,64
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Borba (AM)	573.410,99	1.073.327,36	789.262,66	1.603.055,88	2.853.787,74	1.710.387,00	8.603.231,62
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Pauini (AM)	299.687,11	831.670,63	1.698.100,63	2.380.682,96	1.859.038,92	797.862,00	7.867.042,24
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Guajará (AM)	713.292,40	1.359.371,11	1.168.279,87	1.832.882,02	1.819.584,15	738.314,00	7.631.723,55
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Itacoatiara (AM)	754.216,46	1.454.951,79	1.034.386,54	1.238.261,04	1.440.034,08	1.442.618,00	7.364.467,91
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Careiro da Várzea (AM)	557.467,40	910.742,53	698.217,43	1.255.858,34	1.079.054,61	1.145.807,00	5.647.147,30
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Tefé (AM)	414.745,52	632.261,97	1.054.602,60	1.748.850,12	544.233,83	1.073.656,00	5.468.350,05
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Envira (AM)	470.318,12	975.208,28	804.854,15	1.014.607,77	1.329.580,97	577.552,00	5.172.121,29
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Presidente Figueiredo (AM)	505.025,83	917.291,90	721.209,65	1.041.730,91	686.556,22	513.060,00	4.384.874,52
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Careiro (AM)	601.220,49	642.953,66	589.907,12	781.522,23	626.719,40	964.776,00	4.207.098,90
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Ipixuna (AM)	277.878,53	871.595,91	624.324,76	1.162.182,63	980.517,49	244.235,00	4.160.734,30
Mudança de Uso da Terra e Floresta	São Gabriel da Cachoeira (AM)	0,00	76.000,41	708.081,09	378.032,87	1.961.238,33	997.444,00	4.120.796,70
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Manacapuru (AM)	636.875,44	708.392,18	851.822,13	745.116,93	248.591,31	742.969,00	3.933.767,00
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Japurá (AM)	12.282,09	13.575,76	167.713,40	832.578,38	2.538.359,66	361.802,00	3.926.311,29
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Nova Olinda do Norte (AM)	299.981,84	568.552,85	475.253,39	531.409,89	897.891,01	646.479,00	3.419.567,99
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Jutai (AM)	72.737,66	95.610,89	310.942,02	1.365.786,91	1.270.049,44	239.477,00	3.354.603,93

Mudança de Uso da Terra e Floresta	Barcelos (AM)	129.318,67	256.773,19	107.598,40	1.069.254,02	470.103,28	1.081.281,00	3.114.328,56
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Nhamundá (AM)	312.486,52	407.021,83	465.743,46	686.802,54	631.589,77	578.057,00	3.081.701,13
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Eirunepé (AM)	206.491,16	387.884,23	433.580,67	685.704,81	722.710,00	635.236,00	3.071.606,87
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Uarini (AM)	164.341,42	365.592,27	436.986,60	1.048.240,45	291.970,48	563.356,00	2.870.487,22
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Manaus (AM)	421.828,02	558.756,03	410.888,41	511.511,41	352.301,88	381.325,00	2.636.610,76
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Coari (AM)	139.642,75	228.844,41	462.289,52	744.631,41	306.639,78	693.915,00	2.575.962,87
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Alvarães (AM)	142.654,87	324.066,02	478.554,29	870.887,13	213.827,45	542.698,00	2.572.687,76
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Beruri (AM)	125.772,15	229.903,81	380.782,98	682.946,74	539.319,73	439.305,00	2.398.030,41
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Manaquiri (AM)	312.388,39	317.150,14	334.008,39	398.977,60	210.071,49	450.919,00	2.023.515,01
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Parintins (AM)	294.595,08	381.020,59	440.002,95	348.070,97	287.589,03	240.838,00	1.992.116,61
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Barreirinha (AM)	190.501,65	305.891,18	339.944,83	321.067,54	404.297,69	356.038,00	1.917.740,90
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Juruá (AM)	37.659,81	68.049,10	151.472,52	1.267.475,63	59.813,27	295.344,00	1.879.814,32
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Rio Preto da Eva (AM)	318.248,29	360.606,08	297.959,26	259.816,74	220.272,85	230.977,00	1.687.880,22
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Tabatinga (AM)	211.341,25	140.009,92	112.979,76	447.060,90	147.767,52	483.824,00	1.542.983,34
Mudança de Uso da Terra e Floresta	São Paulo de Olivença (AM)	71.796,61	93.203,36	181.465,57	126.639,46	221.260,80	710.112,00	1.404.477,80
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Carauari (AM)	72.389,69	125.289,34	213.130,71	171.866,09	259.075,57	397.745,00	1.239.496,40
Mudança de Uso da Terra e Floresta	São Sebastião do Uatumã (AM)	57.539,28	127.320,76	181.747,46	253.902,40	284.026,64	294.651,00	1.199.187,55
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Irlanduba (AM)	241.436,61	293.581,00	242.566,86	150.541,61	132.706,58	133.613,00	1.194.445,66
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Novo Airão (AM)	72.755,17	125.453,21	119.224,05	359.360,02	95.514,28	363.783,00	1.136.089,74

Mudança de Uso da Terra e Floresta	Caapiranga (AM)	112.056,96	174.682,04	264.545,17	171.171,93	95.541,70	287.920,00	1.105.917,80
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Boa Vista do Ramos (AM)	87.776,20	130.610,20	182.437,75	135.540,64	268.875,10	238.429,00	1.043.668,88
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Santo Antônio do Içá (AM)	36.967,99	79.351,91	166.061,10	107.091,63	169.343,93	422.946,00	981.762,56
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Codajás (AM)	88.225,79	143.650,44	203.778,29	310.513,62	119.190,33	112.870,00	978.228,47
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Santa Isabel do Rio Negro (AM)	23.452,67	31.045,30	139.467,65	112.811,81	297.014,21	365.572,00	969.363,64
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Silves (AM)	102.161,49	226.841,04	118.069,12	101.351,03	137.649,23	146.089,00	832.160,90
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Itamarati (AM)	53.270,10	111.428,39	137.889,59	222.378,61	172.962,56	132.632,00	830.561,25
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Maraã (AM)	8.293,02	61.709,64	145.052,94	326.734,17	96.357,40	184.908,00	823.055,17
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Atalaia do Norte (AM)	28.398,65	76.028,51	132.219,76	128.128,25	73.694,62	297.808,00	736.277,78
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Urucará (AM)	54.176,06	80.331,80	94.011,28	156.471,69	109.239,45	91.760,00	585.990,29
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Fonte Boa (AM)	21.474,05	28.437,75	41.875,27	93.659,56	150.267,70	242.275,00	577.989,33
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Tonantins (AM)	19.006,06	42.051,44	29.596,98	48.726,79	107.341,70	311.263,00	557.985,98
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Itapiranga (AM)	36.374,40	78.092,28	72.717,68	119.967,97	134.645,36	79.763,00	521.560,69
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Amaturá (AM)	19.289,51	16.918,41	49.954,52	42.356,11	93.656,55	280.078,00	502.253,10
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Urucurituba (AM)	36.184,35	56.216,05	31.624,72	88.982,64	111.693,41	125.119,00	449.820,17
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Anamá (AM)	39.245,26	92.505,36	106.341,87	66.801,14	47.091,91	86.918,00	438.903,55
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Benjamin Constant (AM)	33.371,76	43.429,20	33.004,21	117.308,07	56.952,09	115.810,00	399.875,33
Mudança de Uso da Terra e Floresta	Anori (AM)	30.572,12	40.247,09	41.586,26	49.185,52	56.697,36	24.964,00	243.252,36
Emissões por município no setor de Processos Industriais (tCO2e)								
Setor de emissão	Município	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total CO2e (t)

Processos Industriais	Alvarães (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Amaturá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Anamá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Anori (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Apuí (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Atalaia do Norte (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Autazes (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Barcelos (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Barreirinha (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Benjamin Constant (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Beruri (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Boa Vista do Ramos (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Boca do Acre (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Borba (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Caapiranga (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Canutama (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Carauari (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Careiro (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Careiro da Várzea (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Coari (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Codajás (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Eirunepé (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Envira (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Fonte Boa (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Guajará (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Humaitá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Ipixuna (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Irlanduba (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Itacoatiara (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Processos Industriais	Itamarati (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Itapiranga (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Japurá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Juruá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Jutaí (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Lábrea (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Manacapuru (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Manaquiri (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Manaus (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Manicoré (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Maraã (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Maués (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Não alocado (AM)	127.134,25	140.098,97	241.325,76	180.527,21	174.979,99	155.999,32	1.020.065,50
Processos Industriais	Nhamundá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Nova Olinda do Norte (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Novo Airão (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Novo Aripuanã (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Parintins (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Pauini (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Presidente Figueiredo (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Rio Preto da Eva (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Santa Isabel do Rio Negro (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Santo Antônio do Içá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Silves (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	São Gabriel da Cachoeira (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	São Paulo de Olivença (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	São Sebastião do Uatumã (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Tabatinga (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Tapauá (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Processos Industriais	Tefé (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Tonantins (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Uarini (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Urucará (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processos Industriais	Urucurituba (AM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Emissões por município no setor de Resíduos (tCO2e)								
Setor de emissão	Município	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total CO2e (t)
Resíduos	Manaus (AM)	1.038.700,29	1.016.210,19	1.045.562,73	1.047.203,07	955.227,35	949.949,68	6.052.853,32
Resíduos	Parintins (AM)	67.693,15	76.454,70	76.912,94	72.870,55	68.223,82	66.975,44	429.130,61
Resíduos	Itacoatiara (AM)	56.780,15	56.129,04	59.124,91	54.640,26	55.381,78	55.508,62	337.564,74
Resíduos	Manacapuru (AM)	51.851,49	51.950,83	51.991,01	48.206,34	47.634,18	48.673,75	300.307,60
Resíduos	Itapiranga (AM)	41.465,82	43.458,92	49.648,70	52.449,28	56.173,65	56.532,30	299.728,67
Resíduos	Coari (AM)	45.944,56	46.064,48	42.393,65	49.004,76	49.127,55	54.430,40	286.965,40
Resíduos	Tabatinga (AM)	35.945,27	35.126,07	33.336,98	29.812,23	30.701,00	31.405,22	196.326,78
Resíduos	Tefé (AM)	32.189,57	32.724,39	33.065,90	31.386,77	31.690,92	29.485,07	190.542,61
Resíduos	Maués (AM)	30.997,19	30.733,94	30.450,89	30.503,16	27.938,69	26.743,44	177.367,31
Resíduos	Irlanduba (AM)	23.457,59	23.363,51	23.321,39	28.545,90	34.088,55	37.600,23	170.377,17
Resíduos	Humaitá (AM)	26.056,09	25.521,34	23.968,51	24.251,38	25.050,53	25.867,09	150.714,93
Resíduos	Manicoré (AM)	19.454,91	20.231,74	21.561,73	23.203,35	24.154,58	22.960,22	131.566,53
Resíduos	Benjamin Constant (AM)	19.741,75	20.344,70	21.416,07	22.546,38	22.324,22	23.544,79	129.917,90
Resíduos	Lábrea (AM)	21.654,35	20.740,60	20.370,93	20.478,50	20.543,03	20.870,85	124.658,26
Resíduos	São Gabriel da Cachoeira (AM)	18.877,76	19.012,49	19.074,69	19.337,68	21.551,51	22.075,52	119.929,64
Resíduos	Autazes (AM)	18.613,43	19.164,86	19.618,25	19.983,98	20.458,31	21.007,13	118.845,94
Resíduos	Borba (AM)	17.007,48	16.128,15	16.560,56	17.426,71	16.999,33	16.381,81	100.504,04
Resíduos	Rio Preto da Eva (AM)	15.133,62	15.561,65	15.908,33	16.408,14	15.587,47	14.645,67	93.244,89
Resíduos	Presidente Figueiredo (AM)	17.978,27	16.148,14	15.768,20	15.220,10	13.843,44	13.632,06	92.590,21
Resíduos	Carauari (AM)	15.157,83	16.154,49	15.574,30	15.032,61	14.210,20	15.202,30	91.331,74
Resíduos	Nova Olinda do Norte (AM)	13.188,37	13.974,71	14.101,50	14.069,99	14.947,28	14.144,98	84.426,84
Resíduos	Boca do Acre (AM)	13.869,68	13.876,41	13.838,46	13.747,44	13.792,94	12.975,41	82.100,34

Resíduos	Careiro (AM)	11.708,67	12.341,00	13.401,27	14.507,94	13.180,69	12.871,62	78.011,19
Resíduos	Barreirinha (AM)	13.357,51	13.345,84	12.923,08	12.465,14	12.502,72	12.869,09	77.463,39
Resíduos	Novo Aripuanã (AM)	13.445,29	13.435,90	13.382,66	12.270,62	11.211,70	13.669,12	77.415,29
Resíduos	Codajás (AM)	11.964,31	12.153,48	12.303,33	12.559,34	12.705,97	12.576,92	74.263,35
Resíduos	Careiro da Várzea (AM)	11.203,73	11.894,45	12.388,57	13.043,61	10.579,77	9.677,08	68.787,22
Resíduos	Eirunepé (AM)	10.128,54	9.673,81	11.536,37	11.948,91	11.945,14	11.696,97	66.929,74
Resíduos	Atalaia do Norte (AM)	10.906,35	11.400,09	11.814,51	11.011,14	9.421,26	8.685,11	63.238,45
Resíduos	Santo Antônio do Itá (AM)	8.525,98	9.430,00	9.778,80	10.230,97	11.585,93	12.957,79	62.509,47
Resíduos	Maraã (AM)	9.454,28	10.012,37	10.446,01	10.879,14	10.752,49	10.886,24	62.430,54
Resíduos	Urucurituba (AM)	10.221,65	10.413,71	9.796,86	9.823,29	10.870,71	10.982,73	62.108,94
Resíduos	Santa Isabel do Rio Negro (AM)	10.006,83	10.594,76	11.079,90	10.723,78	8.719,59	8.998,12	60.122,99
Resíduos	São Paulo de Olivença (AM)	8.426,40	9.274,92	10.247,64	10.250,47	9.791,69	10.666,25	58.657,37
Resíduos	Uruará (AM)	10.839,19	9.735,84	9.398,63	8.850,91	9.096,62	8.869,82	56.791,01
Resíduos	Barcelos (AM)	8.895,17	9.161,28	9.350,23	9.584,86	8.473,52	9.302,83	54.767,89
Resíduos	Ipixuna (AM)	8.144,44	8.532,50	8.830,79	9.234,95	9.056,13	10.643,89	54.442,69
Resíduos	Manaquiri (AM)	9.096,09	9.408,95	9.610,93	9.999,50	7.635,06	7.275,94	53.026,47
Resíduos	Nhamundá (AM)	8.163,49	8.374,90	8.329,92	8.546,57	8.511,46	8.680,92	50.607,26
Resíduos	Apuí (AM)	8.552,85	8.565,63	8.549,52	8.590,24	8.014,85	8.201,24	50.474,33
Resíduos	Pauini (AM)	7.891,53	7.993,29	8.045,44	8.154,64	8.194,77	9.158,08	49.437,75
Resíduos	Jutaí (AM)	6.832,47	6.804,68	6.694,71	6.622,53	8.527,77	10.132,22	45.614,39
Resíduos	Boa Vista do Ramos (AM)	7.376,81	7.229,50	7.066,26	7.065,10	7.689,49	8.373,50	44.800,66
Resíduos	Anori (AM)	7.604,62	7.754,29	7.855,07	7.388,97	6.856,81	7.110,94	44.570,70
Resíduos	Tapauá (AM)	7.083,94	7.024,28	6.935,18	6.889,08	6.977,19	8.084,22	42.993,89
Resíduos	Beruri (AM)	6.976,58	7.089,62	7.151,41	7.313,17	6.995,17	6.656,19	42.182,15
Resíduos	Tonantins (AM)	6.628,17	6.594,02	6.829,93	7.111,27	7.301,22	7.294,09	41.758,70
Resíduos	Alvarães (AM)	6.362,23	6.555,32	6.724,01	7.531,32	7.431,66	7.059,60	41.664,13
Resíduos	Fonte Boa (AM)	7.219,94	6.515,96	6.444,06	6.033,22	7.619,69	7.711,51	41.544,37
Resíduos	Novo Airão (AM)	6.528,42	6.488,00	6.518,27	6.673,56	6.218,46	6.461,21	38.887,91
Resíduos	Caapiranga (AM)	6.574,78	7.036,72	6.544,92	6.273,93	6.074,95	5.852,29	38.357,60

Resíduos	Envira (AM)	6.192,38	5.906,65	5.621,57	5.455,76	4.913,04	4.808,60	32.898,00
Resíduos	Uarini (AM)	5.158,73	5.205,19	5.220,74	5.291,16	5.110,24	5.972,66	31.958,72
Resíduos	Anamá (AM)	5.288,82	5.485,53	5.281,60	5.325,48	4.726,61	4.545,25	30.653,30
Resíduos	Canutama (AM)	5.107,38	5.035,76	4.938,43	4.825,52	4.886,76	4.796,38	29.590,23
Resíduos	São Sebastião do Uatumã (AM)	4.472,83	4.533,12	4.571,51	4.403,39	4.858,09	5.042,20	27.881,14
Resíduos	Amaturá (AM)	4.209,47	4.332,78	4.429,87	4.562,24	4.492,79	4.547,58	26.574,73
Resíduos	Guajará (AM)	4.721,69	4.642,61	4.548,19	4.500,96	4.043,06	3.997,95	26.454,46
Resíduos	Juruá (AM)	4.535,81	4.654,25	4.740,90	4.608,35	3.741,26	4.169,79	26.450,36
Resíduos	Silves (AM)	3.657,48	3.609,21	3.494,84	3.430,21	3.837,66	3.907,02	21.936,43
Resíduos	Itamarati (AM)	2.920,38	3.041,27	3.126,77	3.393,35	4.326,66	4.782,66	21.591,09
Resíduos	Japurá (AM)	2.637,82	2.387,11	2.161,04	1.899,81	2.812,42	2.825,14	14.723,35

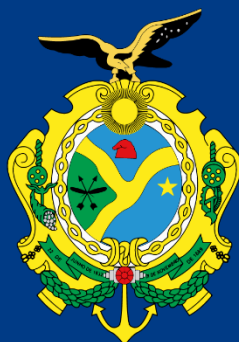
Anexo 2. Distribuição das emissões anuais de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) em toneladas por setor e subsetor de emissão no Amazonas.

Setor/subsetor	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	(%)
Agropecuária	3.113.839,00	3.279.627,00	3.253.580,00	3.427.101,00	4.428.074,00	5.149.623,98	22.651.844,98	2,82
Fermentação entérica	2.302.876,00	2.434.422,00	2.400.928,00	2.524.743,00	3.356.197,00	3.921.351,53	16.940.517,53	2,11
Manejo de dejetos animais	113.654,00	125.881,00	120.963,00	125.161,00	141.623,00	156.330,74	783.612,74	0,10
Solos manejados	697.308,00	719.324,00	731.690,00	777.197,00	930.254,00	1.071.941,71	4.927.714,71	0,61
Energia	8.742.429,00	9.325.982,00	8.799.350,00	8.823.507,00	8.412.059,00	8.336.192,55	52.439.519,55	6,52
Agropecuária	51.521,00	52.004,00	51.766,00	49.069,00	48.994,00	50.672,40	304.026,40	0,04
Comercial	14.648,00	16.479,00	17.426,00	20.537,00	21.926,00	24.654,66	115.670,66	0,01
Geração de eletricidade (serviço público)	4.299.820,00	5.062.844,00	4.783.300,00	4.657.552,00	4.019.774,00	4.246.822,93	27.070.112,93	3,37
Industrial	69.082,00	73.495,00	50.084,00	46.443,00	49.955,00	47.584,17	336.643,17	0,04
Produção de combustíveis	1.122.602,00	1.172.676,00	1.007.727,00	994.031,00	999.078,00	936.483,46	6.232.597,46	0,78
Público	15.852,00	8.786,00	10.704,00	14.476,00	14.015,00	12.663,97	76.496,97	0,01
Residencial	256.328,00	253.606,00	268.234,00	261.537,00	259.576,00	257.670,90	1.556.951,90	0,19
Transportes	2.912.577,00	2.686.093,00	2.610.109,00	2.779.862,00	2.998.741,00	2.759.640,04	16.747.022,04	2,08
Mudança de Uso da Terra e Floresta	61.544.263,00	111.986.629,00	102.850.014,00	171.638.046,00	190.112.223,00	77.182.956,00	715.314.131,00	88,99
Alterações de uso da terra	58.468.355,00	106.351.159,00	97.636.056,00	162.899.291,00	180.405.295,00	73.240.561,00	679.000.717,00	84,48
Carbono orgânico no solo	184.776,00	331.119,00	305.635,00	500.701,00	565.578,00	247.273,00	2.135.082,00	0,27
Resíduos florestais	2.891.132,00	5.304.351,00	4.908.323,00	8.238.054,00	9.141.350,00	3.695.122,00	34.178.332,00	4,25
Processos Industriais	127.134,00	140.099,00	241.326,00	180.527,00	174.980,00	155.999,32	1.020.065,32	0,13
Resíduos	2.068.123,00	2.059.695,00	2.101.594,00	2.105.695,00	2.005.438,00	2.018.300,09	12.358.845,09	1,54
Incineração ou queima a céu aberto	68.022,00	66.613,00	60.889,00	61.399,00	61.786,00	61.788,12	380.497,12	0,05
Disposição final	1.434.687,00	1.418.273,00	1.451.634,00	1.443.991,00	1.381.838,00	1.394.855,67	8.525.278,67	1,06
Efluentes domésticos	522.405,00	529.211,00	537.349,00	545.378,00	503.358,00	503.410,89	3.141.111,89	0,39

Efluentes líquidos industriais	43.008,00	45.598,00	51.722,00	54.926,00	58.457,00	58.245,42	311.956,42	0,04
Total Geral	75.595.788,00	126.792.032,00	117.245.863,00	186.174.875,00	205.132.773,00	92.843.071,95	803.784.402,95	100



Secretaria do
Meio Ambiente



AMAZONAS

GOVERNO DO ESTADO

