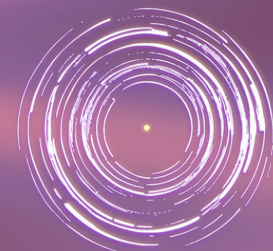


# DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 $\mu$ m NO BRASIL UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Júlia Gayotto  
CAP-395 – Geoinformática

Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (CAP)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)



LIAREA



- A poluição atmosférica representa um dos principais desafios ambientais;
- Monitoramento da qualidade do ar trata-se de algo de extrema relevância para a formulação de políticas públicas;
- A qualidade do ar é determinada com base na de indicadores ambientais;

- O material particulado  $2.5\mu\text{m}$  (PM2.5) trata-se de uma mistura complexa de partículas sólidas e/ou líquidas suspensas no ar, presentes na forma de aerossóis, fumaça, poeira, entre outros;
- Possuem diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) e são originadas por fontes como incêndios florestais, queima de combustíveis fósseis, emissões veiculares e industriais etc;
- Com o avanço do sensoriamento remoto, tornou-se possível estimar a concentração de poluentes em grandes áreas.

g1

RONDÔNIA  amazonica

## Casos de doenças respiratórias aumentam durante período seco em Porto Velho; saiba onde buscar atendimento

No Hospital Infantil Cosme e Damião, em **Porto Velho**, mais de 270 casos de internação foram registrados entre julho e dezembro de 2022, sendo o pico entre julho e setembro. Em relação aos atendimentos de emergência, foram registrados mais de 400 casos no semestre.

Com o período seco e intensificação das queimadas em Rondônia, aumentam também os pacientes com problemas respiratórios nas unidades de saúde. Segundo dados da Secretária Estadual de Saúde (Sesau), os meses com mais casos são julho, agosto e setembro.



## Há 1 ano, SP registrava pior agosto da história em número de queimadas; relembre

Há um ano, São Paulo vivia **o pior dia da história mais recente do estado envolvendo o meio ambiente.** Em 23 de agosto de 2024, diversas cidades, principalmente nas regiões de **Ribeirão Preto (SP)** e São José do Rio Preto (SP), **ardiam em chamas sem precedentes.**

Naquele dia, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), foram registrados 1.886 pontos de incêndio, uma média de 78,5 focos a cada uma hora.

## São Paulo tem a pior qualidade de ar do mundo nesta segunda-feira

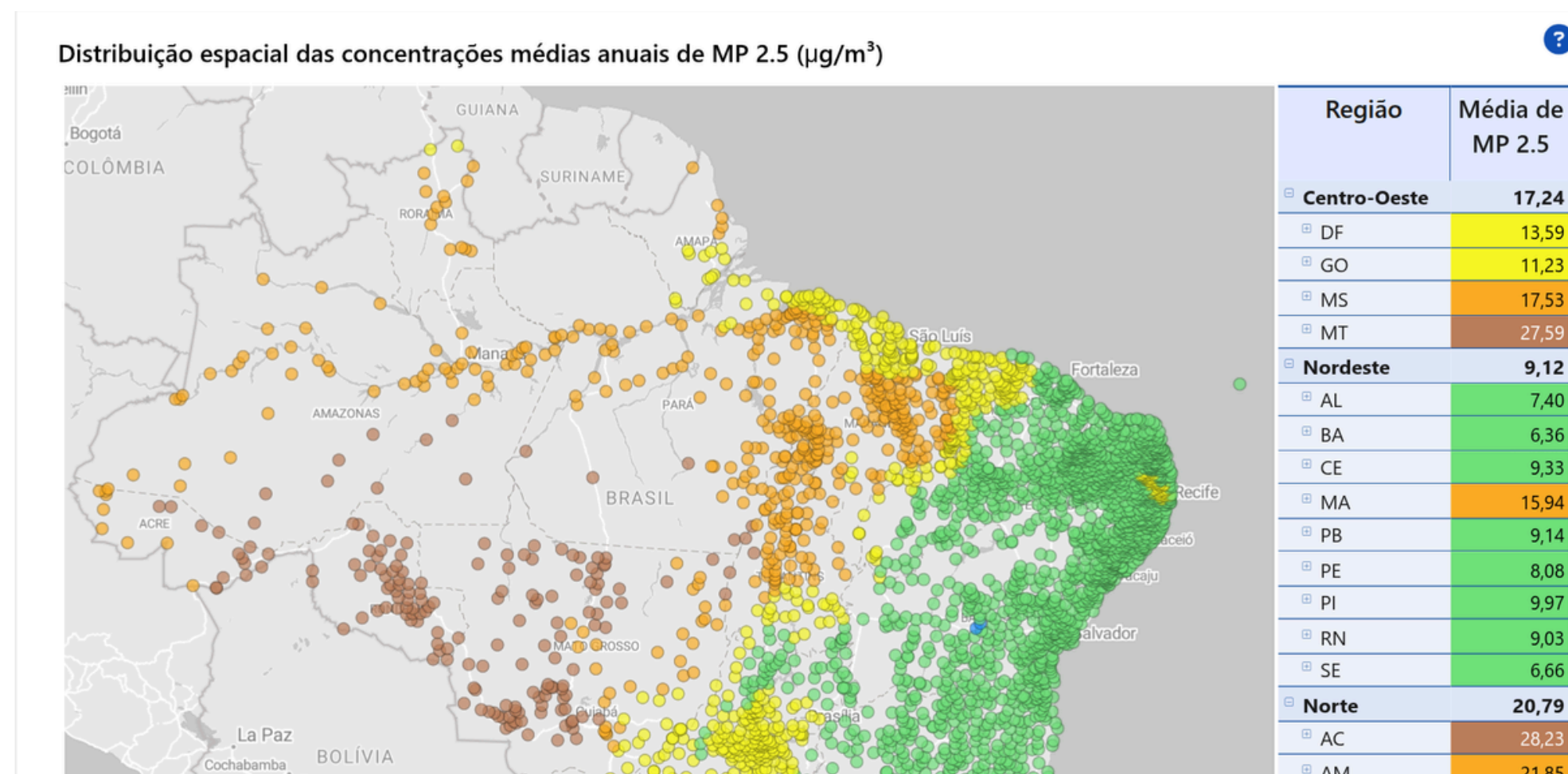
Calor, tempo seco e fumaça levaram São Paulo a ser registrada como a cidade com pior qualidade de ar do mundo, segundo o site suíço IQAir

**Isabela Thurmann**

09/09/2024 14:09, atualizado 09/09/2024 15:29



- Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos (VIGIAR)

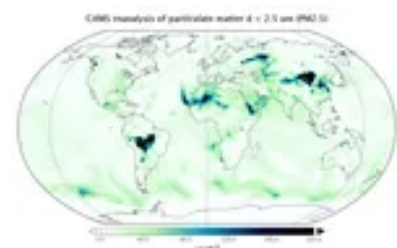


- Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM)

## **Analisar a distribuição espaço-temporal da concentração de PM2.5 no Brasil.**

- Como a concentração de material particulado  $2.5\mu\text{m}$  varia espacialmente e ao longo do tempo?
- Existem padrões sazonais?
- Existem relações entre os focos de incêndio e a poluição atmosférica?
- Quais regiões apresentam maior variabilidade nos níveis de poluição?
- Como a população está distribuída em relação às áreas de poluição?

# CONJUNTO DE DADOS UTILIZADO



## CAMS global reanalysis (EAC4)

EAC4 (ECMWF Atmospheric Composition data with observations from across the world)

Aerosol

Reactive gas

Reanalysis

Horizontal coverage Global

Horizontal resolution 0.75°x0.75°

Temporal resolution 3-hourly

Temporal coverage 2003 to 2025



Malha Municipal

Estimativas da População



## Focos de Queimadas e Incêndios

Arquivos disponibilizados contendo informações sobre focos de queimada "real" (a cada 10 minutos). Esses dados estão disponíveis nos formatos CSV (

ARQUIVOS CSV



ÚLTIMOS 10 MIN



DIÁRIOS



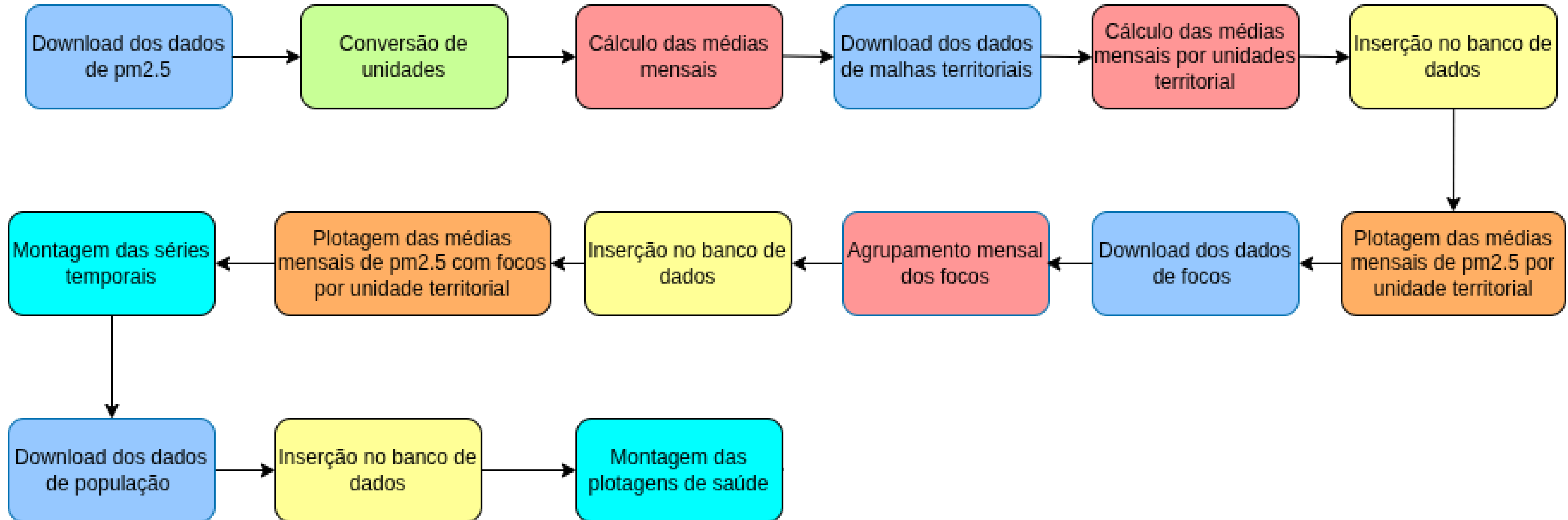
MENSAIS



ANUAIS



# METODOLOGIA



## LIMIARES DE CONCENTRAÇÃO DE PM2.5:

**Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets**

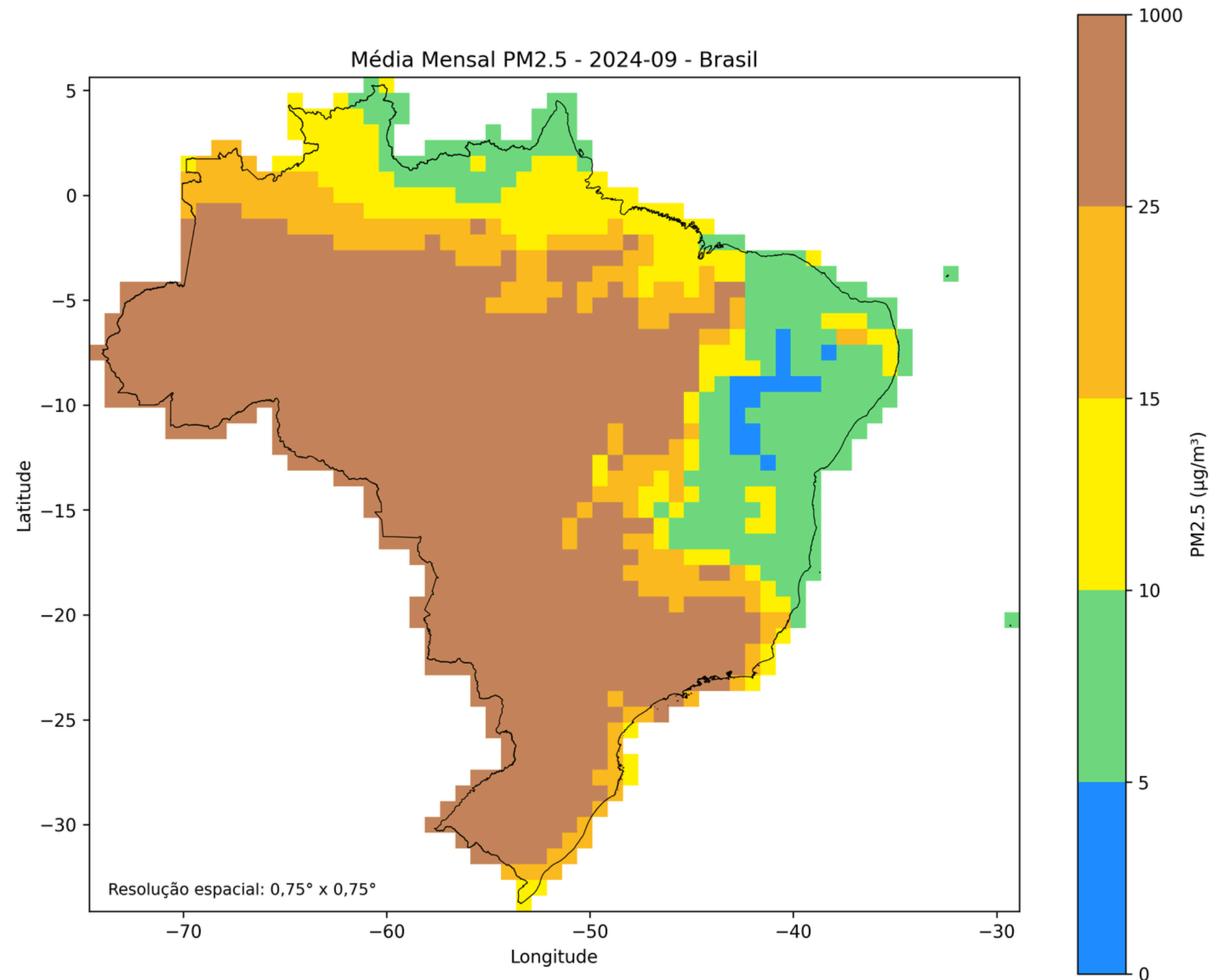
| Pollutant  | Averaging time       | Interim target |    |      |    | AQG level |
|--|----------------------|----------------|----|------|----|-----------|
|  |                      | 1              | 2  | 3    | 4  |           |
| <b>PM<sub>2.5</sub></b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Annual               | 35             | 25 | 15   | 10 | 5         |
|  | 24-hour <sup>a</sup> | 75             | 50 | 37.5 | 25 | 15        |

| Cor     |
|---------|
| Azul    |
| Verde   |
| Amarelo |
| Laranja |
| Marrom  |

# RESULTADOS

Médias Mensais Raster:

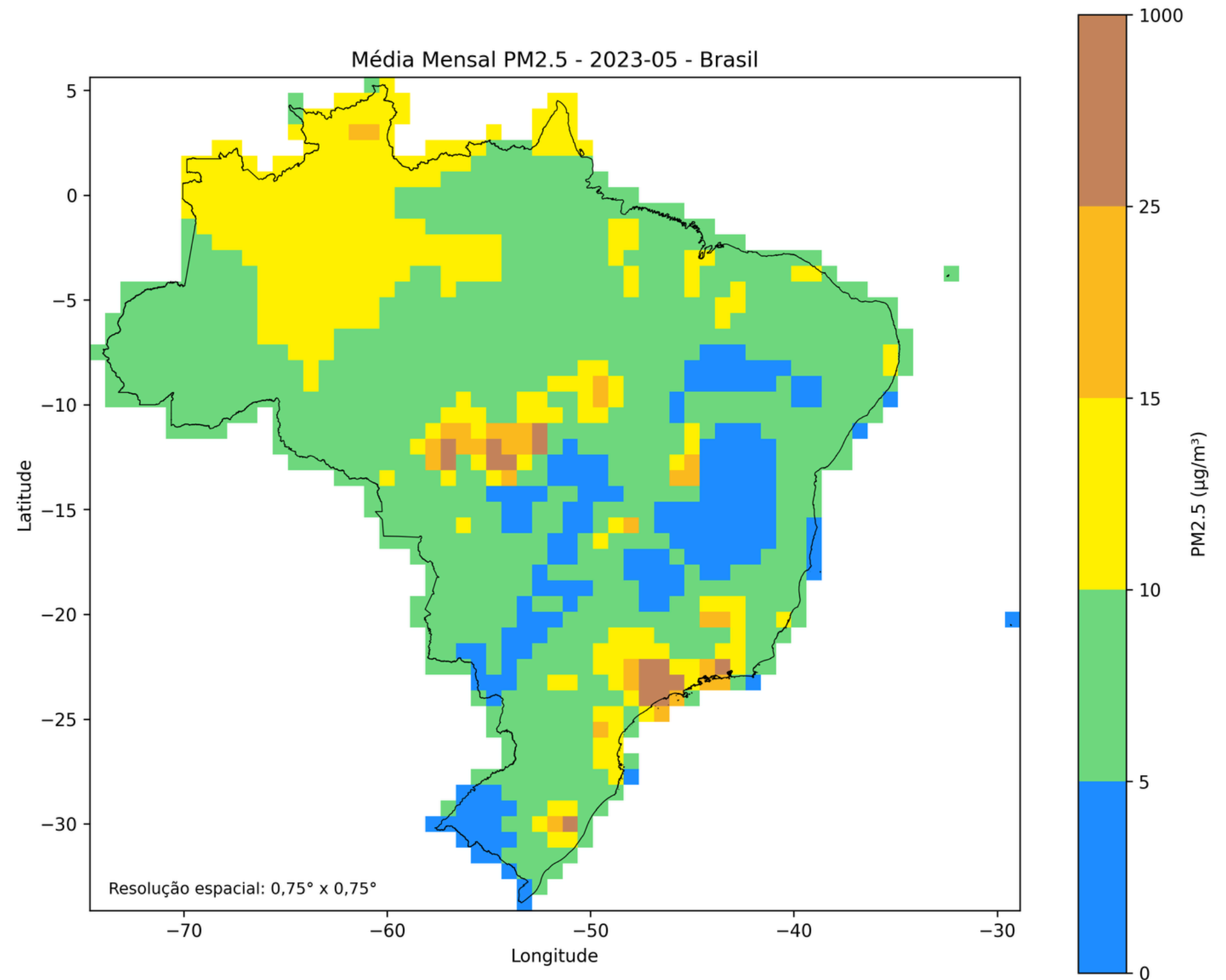
| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |



# RESULTADOS

Médias Mensais Raster:

| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |



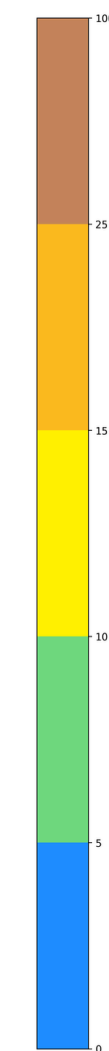
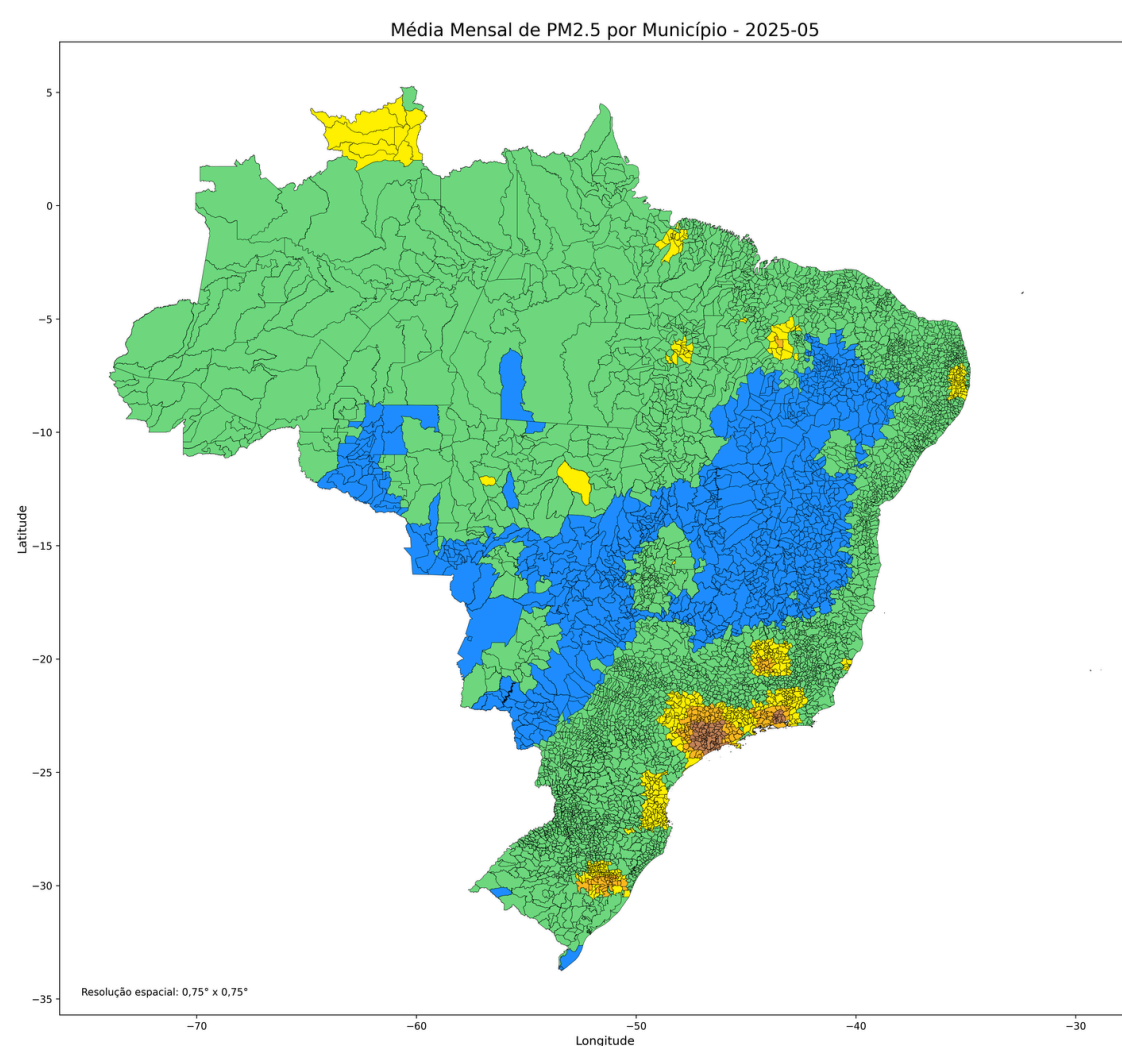
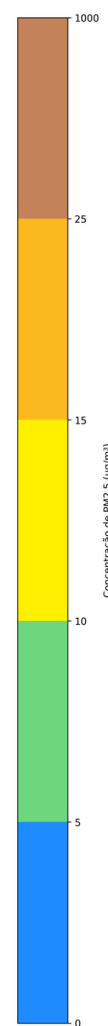
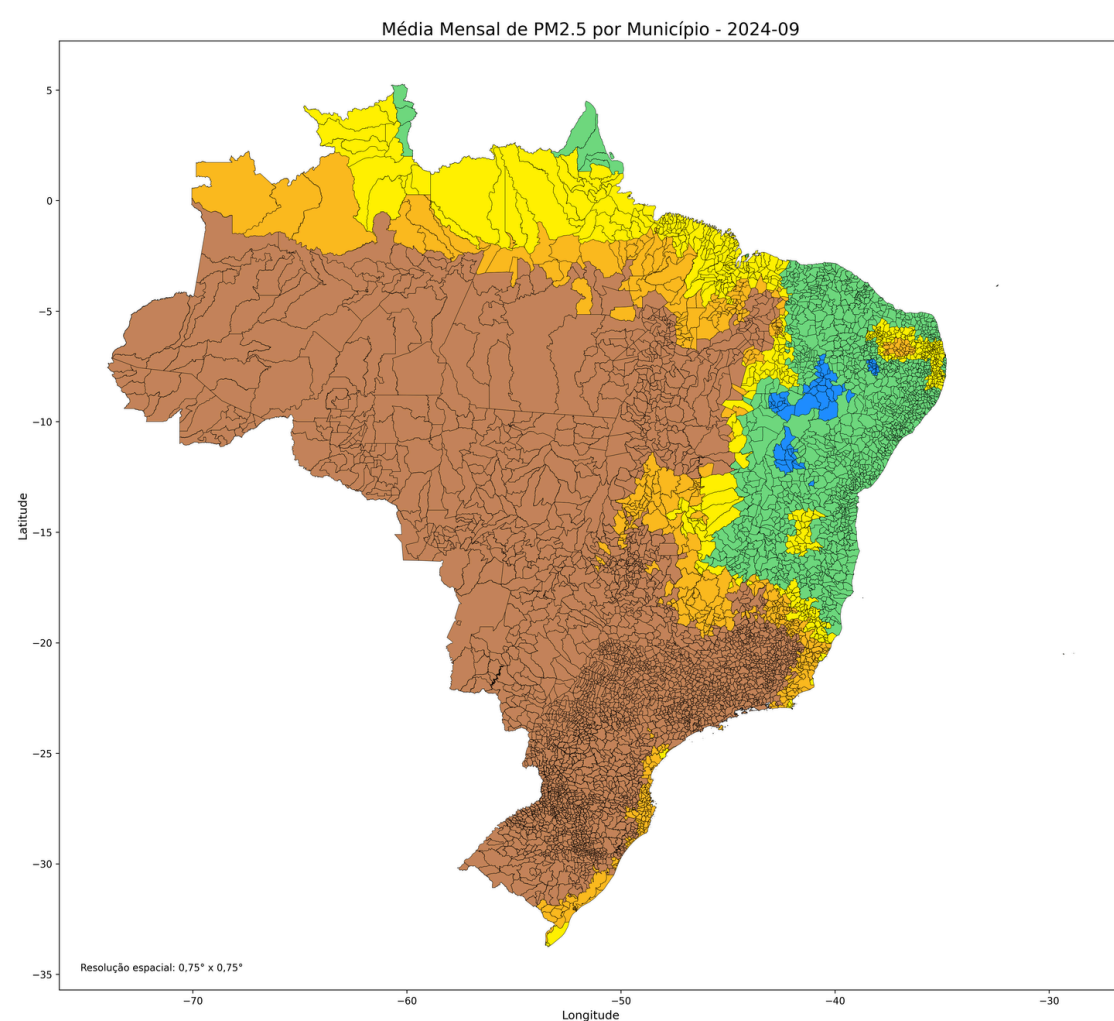
# RESULTADOS

Médias Mensais por Unidades Federativas:

## Municípios

09/2024

05/2025



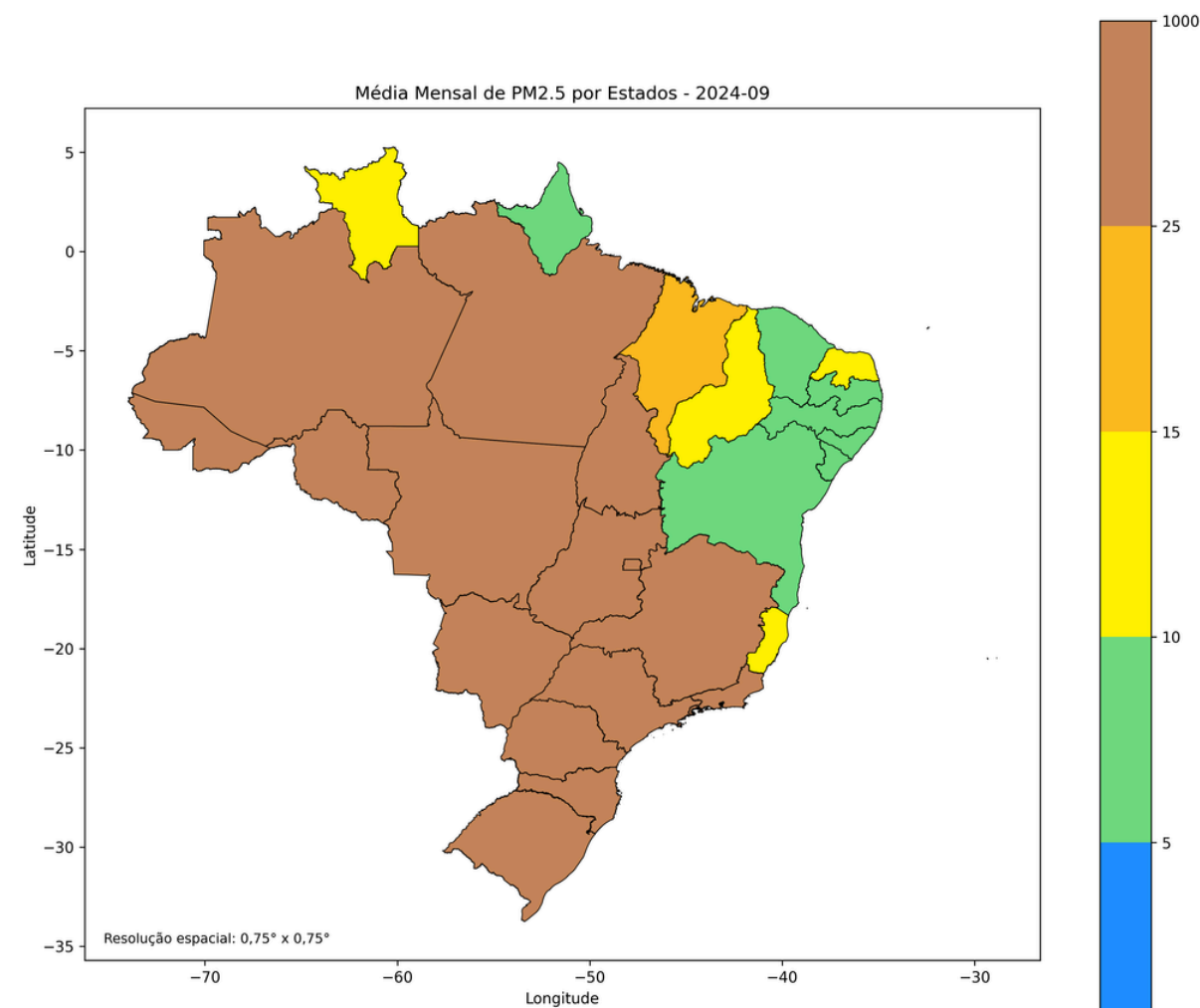
| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |

# RESULTADOS

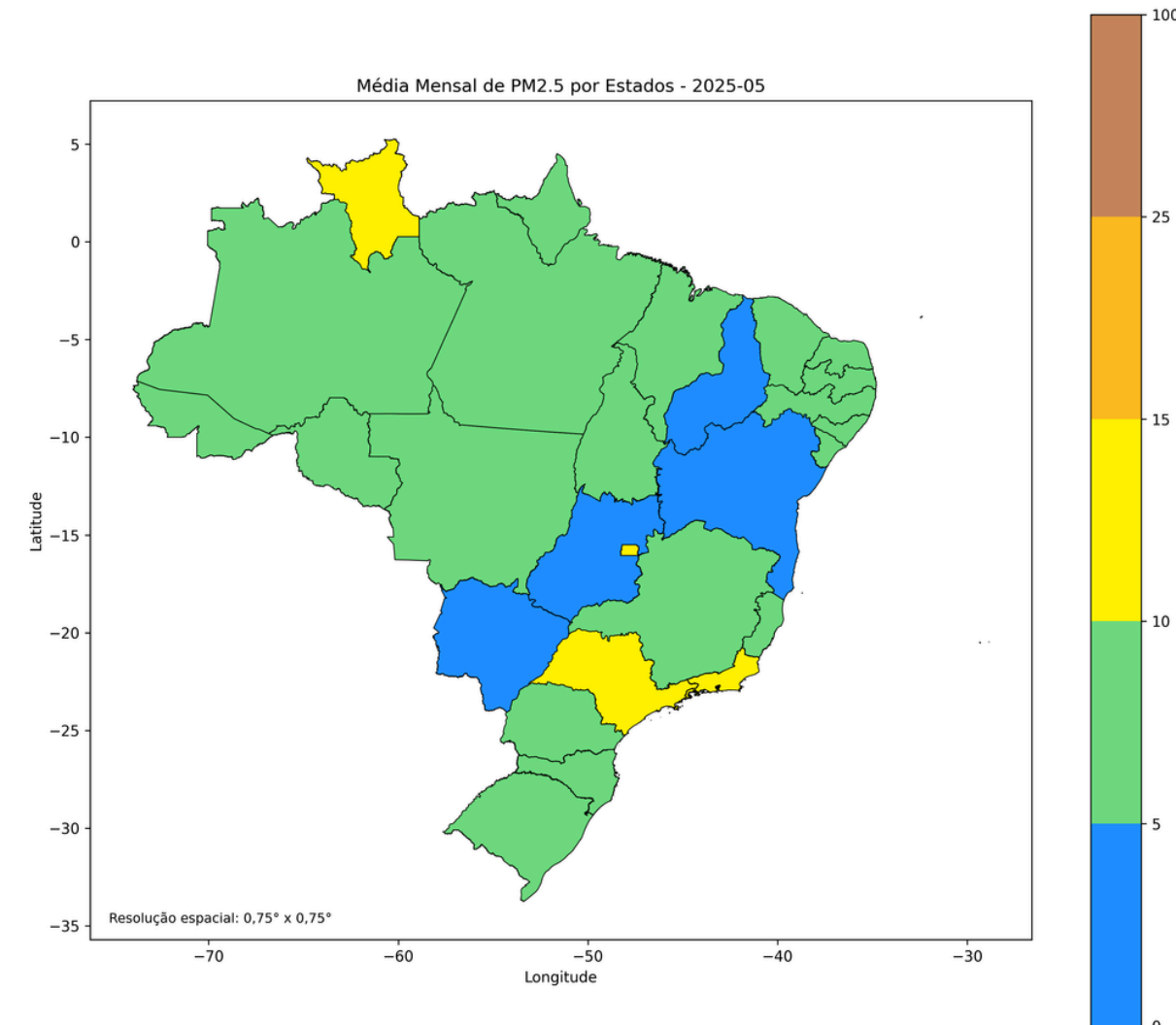
Médias Mensais por Unidades Federativas:

## Estados

### 09/2024



### 05/2025



| Cor     | Legenda             |
|---------|---------------------|
| Azul    | MP 2.5 <= 05        |
| Verde   | MP 2.5 > 05 e <= 10 |
| Amarelo | MP 2.5 > 10 e <= 15 |
| Laranja | MP 2.5 > 15 e <= 25 |
| Marrom  | MP 2.5 > 25         |

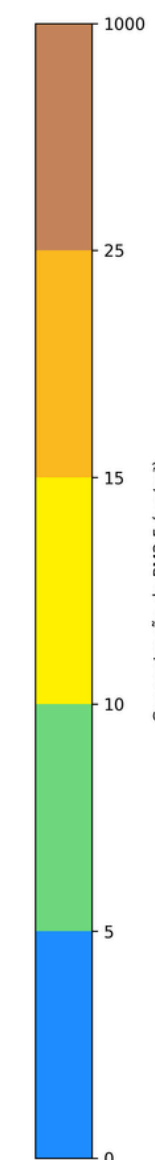
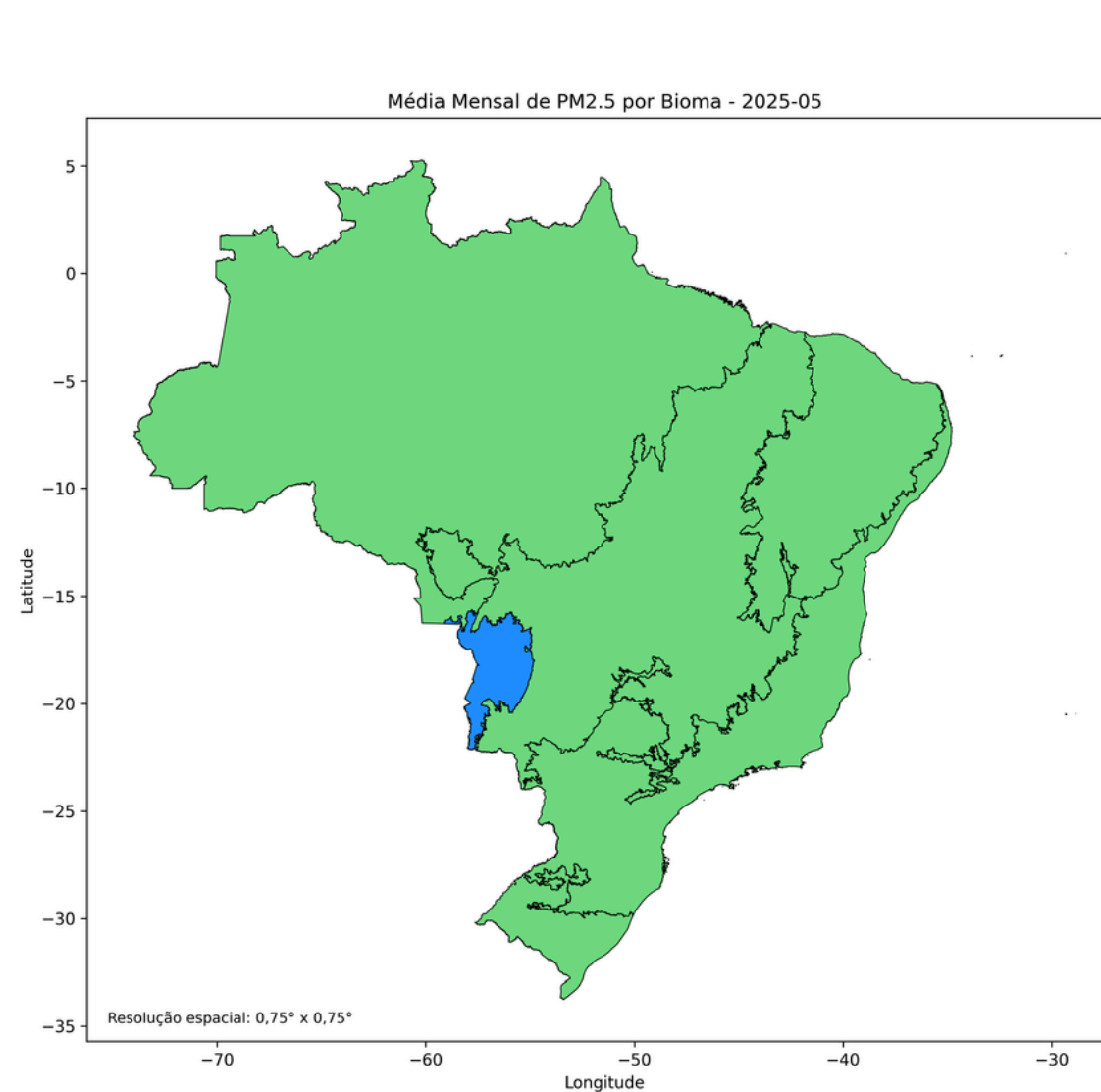
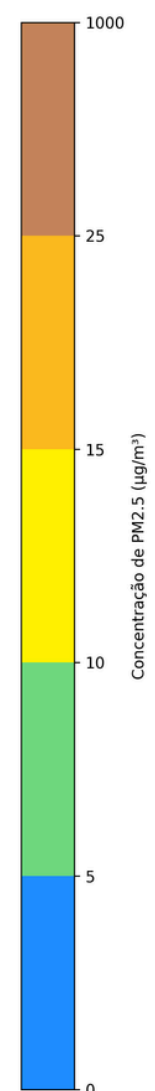
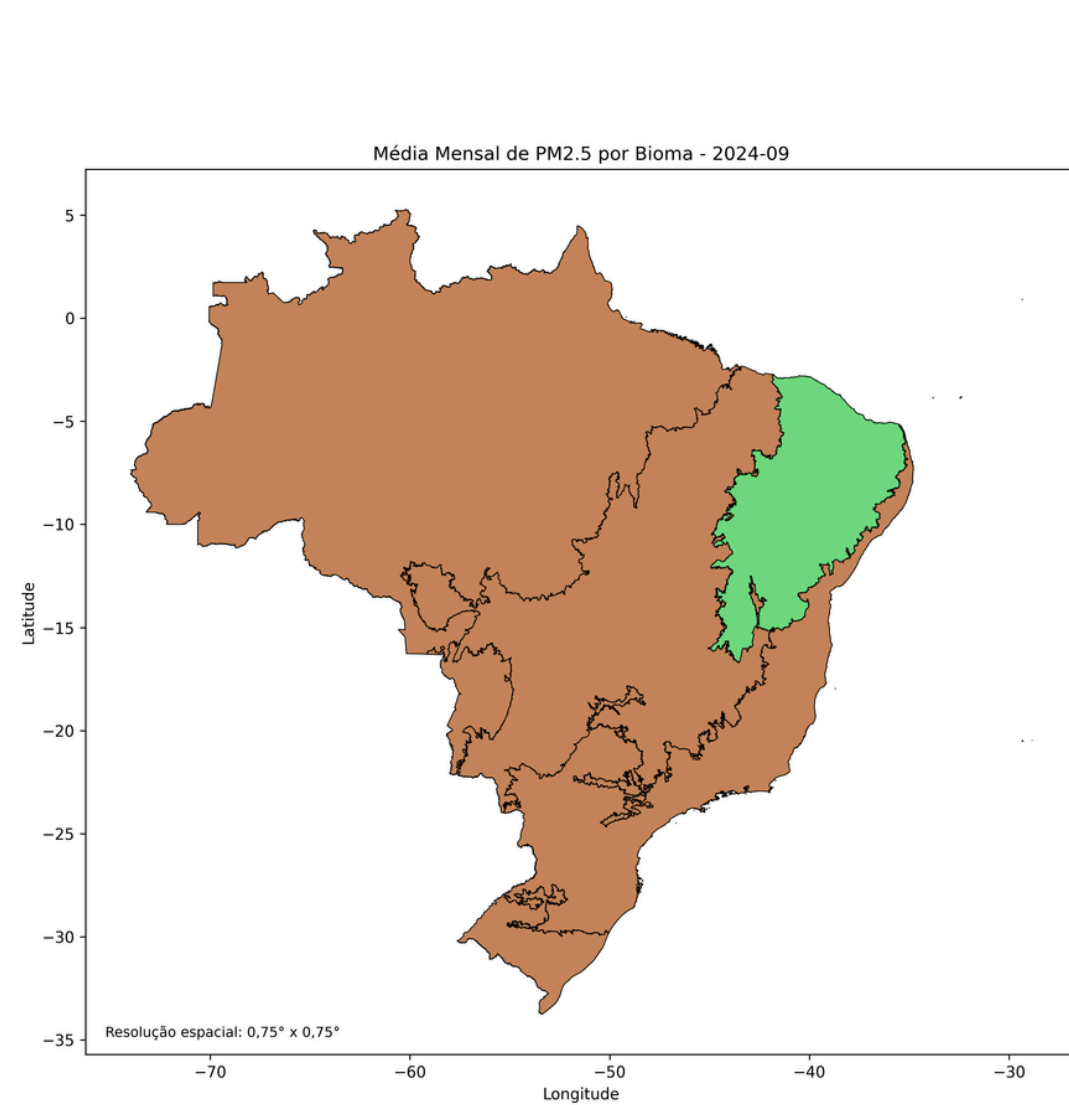
# RESULTADOS

Médias Mensais por Unidades Federativas:

## Biomias

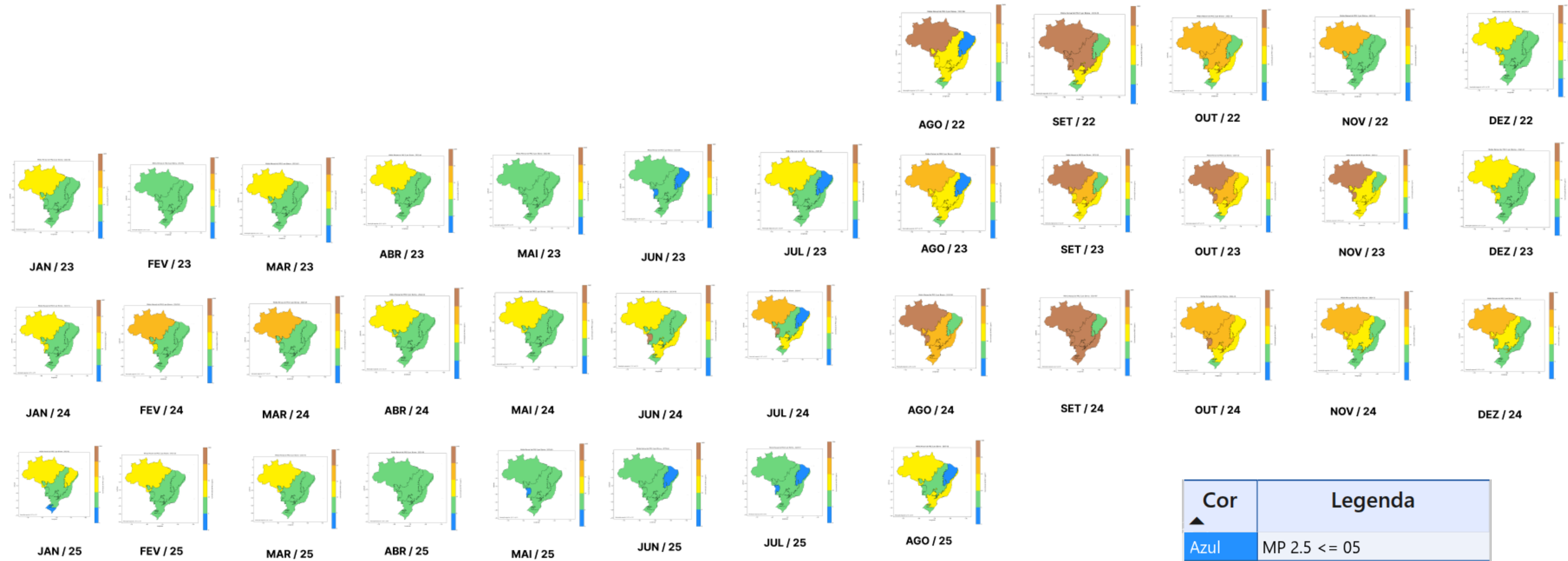
09/2024

05/2025



| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |

## BIOMAS

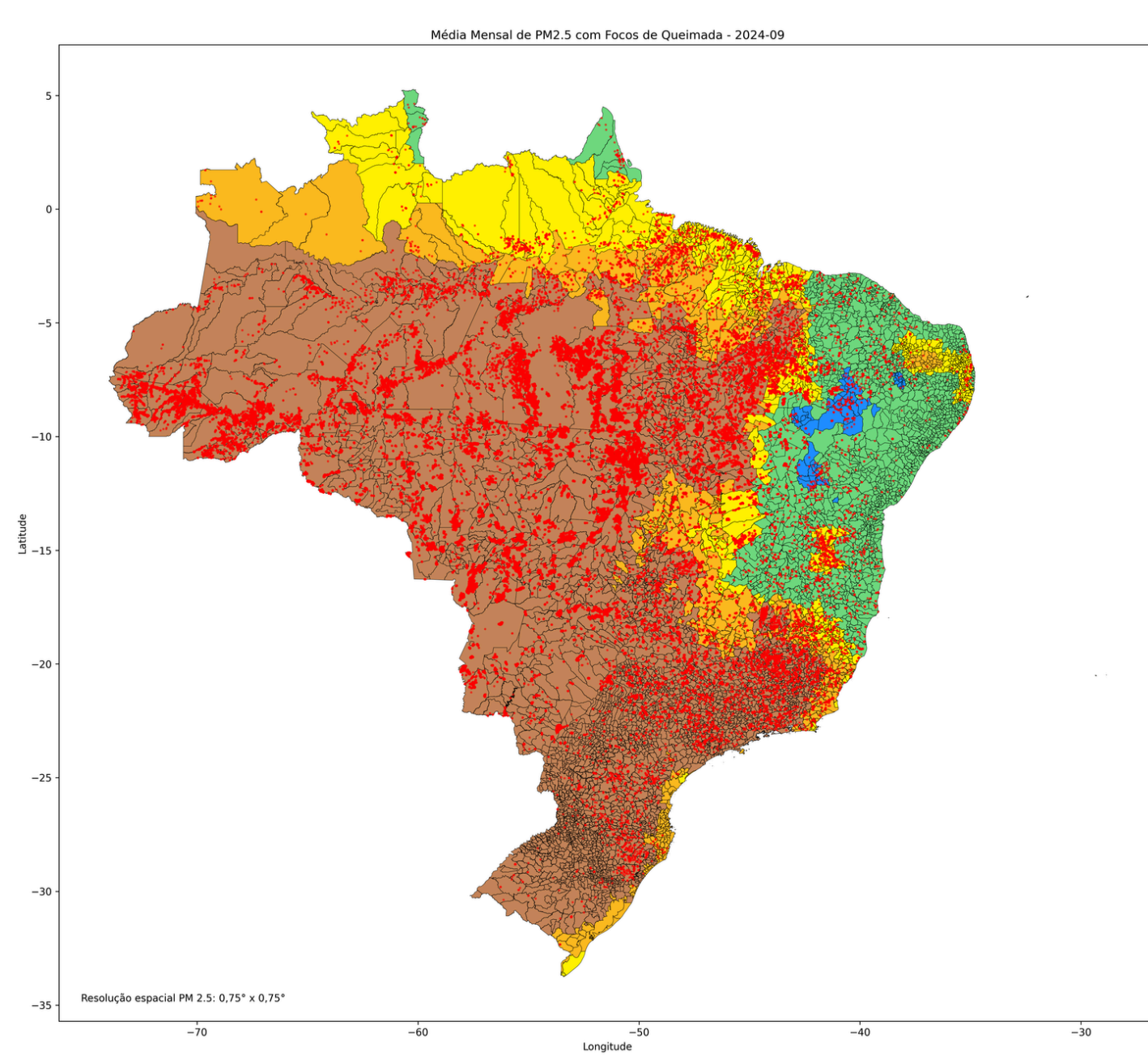


| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |

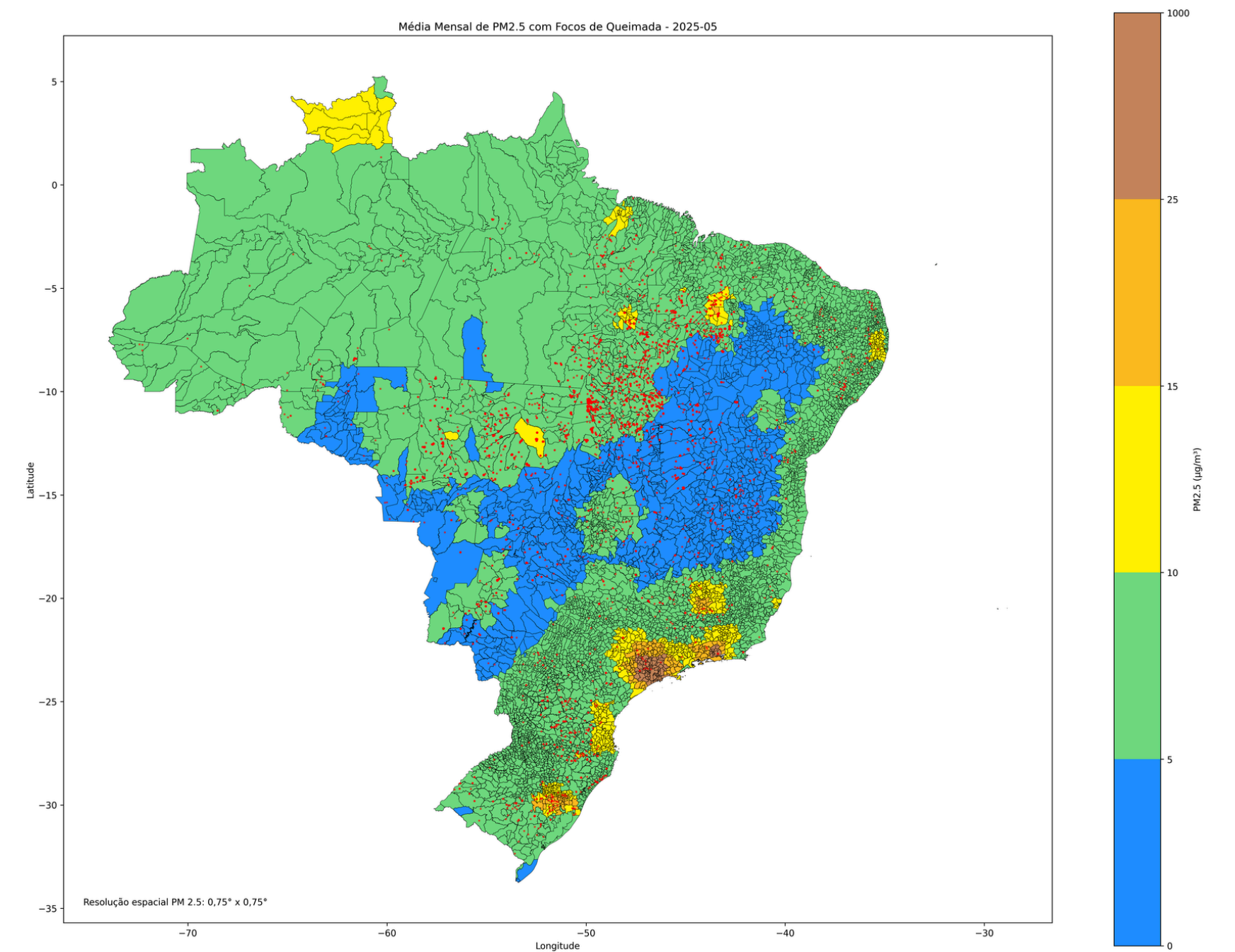
# RESULTADOS

Médias Mensais por municípios - Integração com focos:

| Cor     | Legenda                   |
|---------|---------------------------|
| Azul    | MP 2.5 $\leq$ 05          |
| Verde   | MP 2.5 $>$ 05 e $\leq$ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 $>$ 10 e $\leq$ 15 |
| Laranja | MP 2.5 $>$ 15 e $\leq$ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 $>$ 25             |

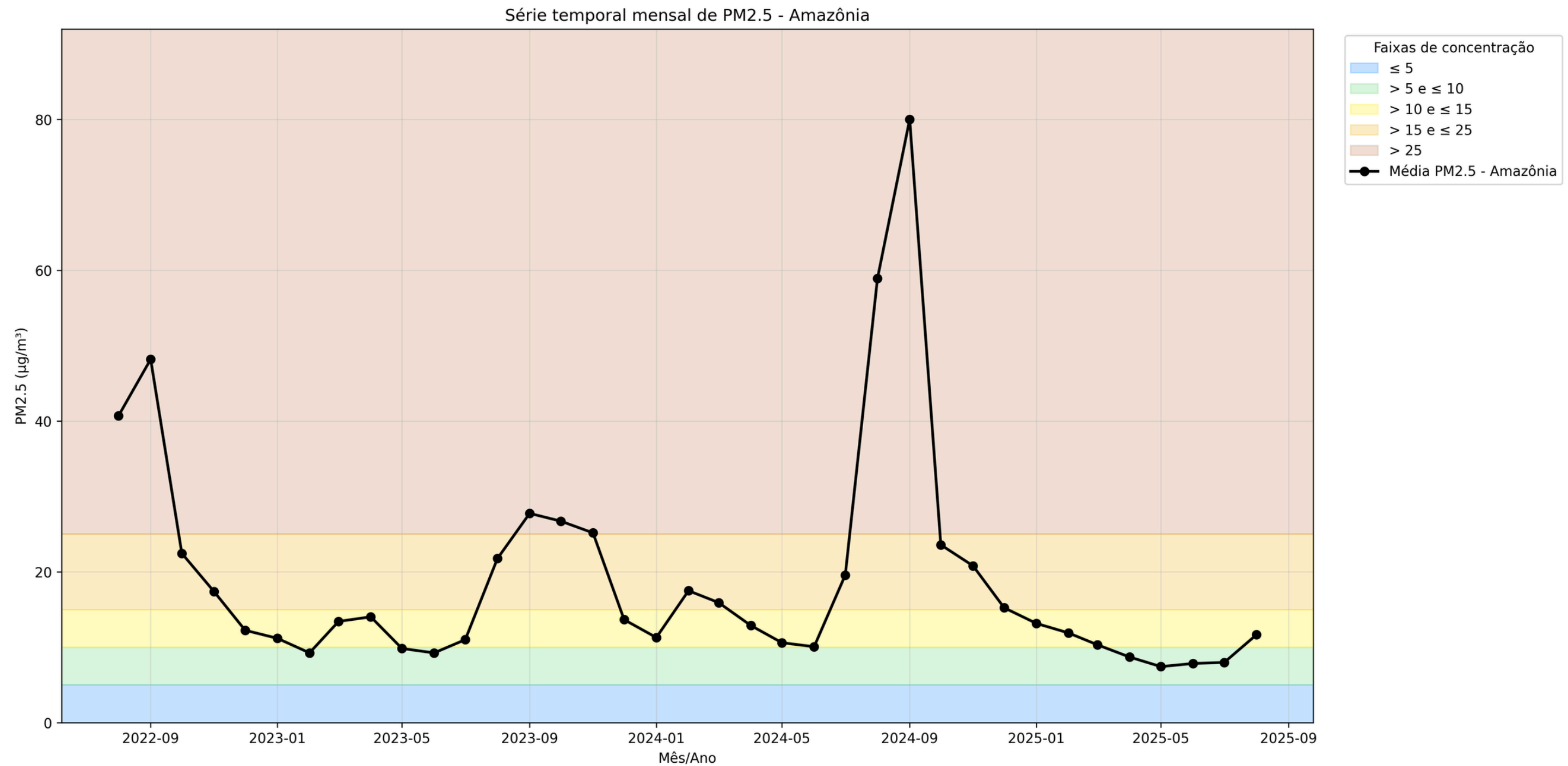


09/2024

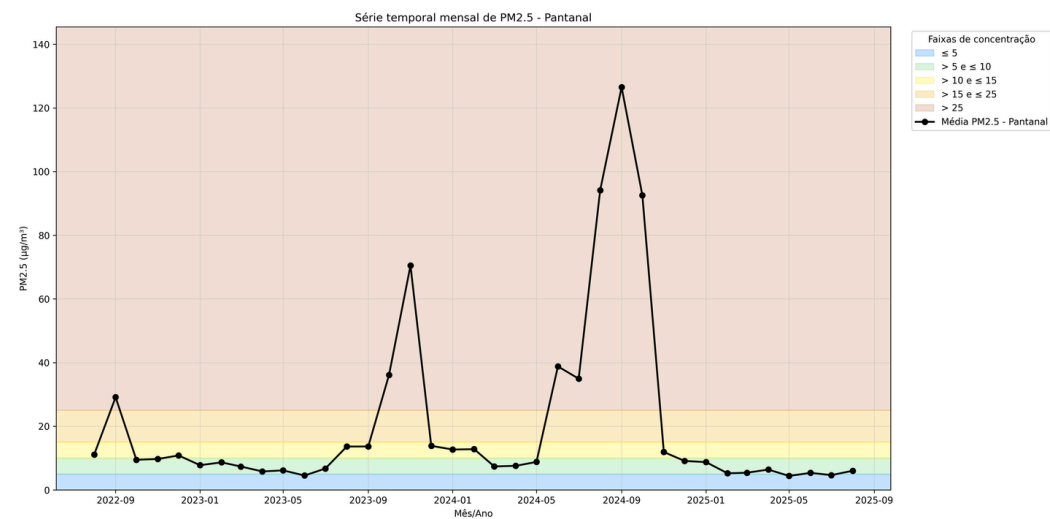


05/2025

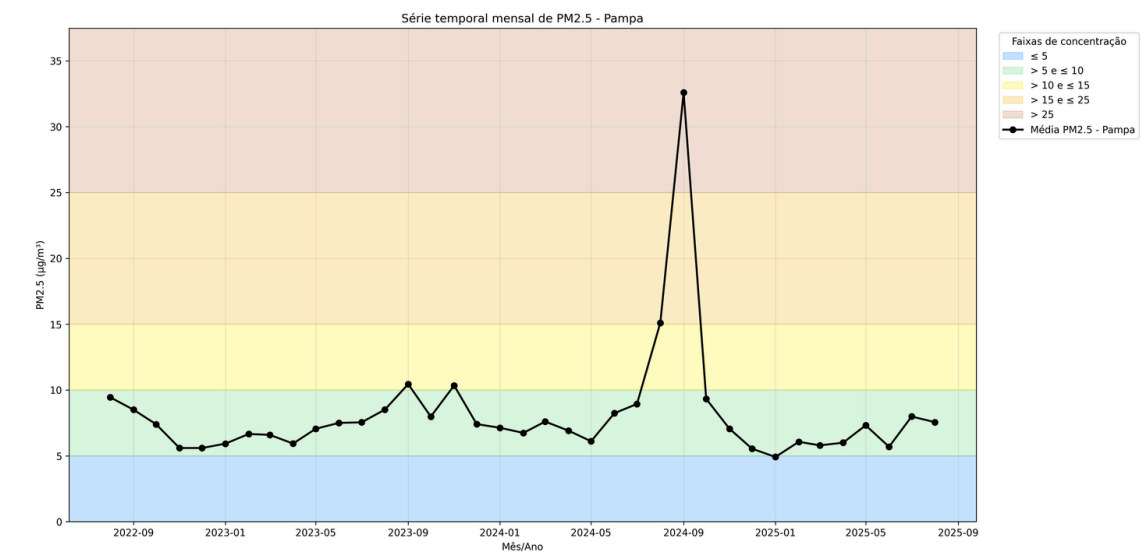
## Séries Temporais por Biomas - Amazônia



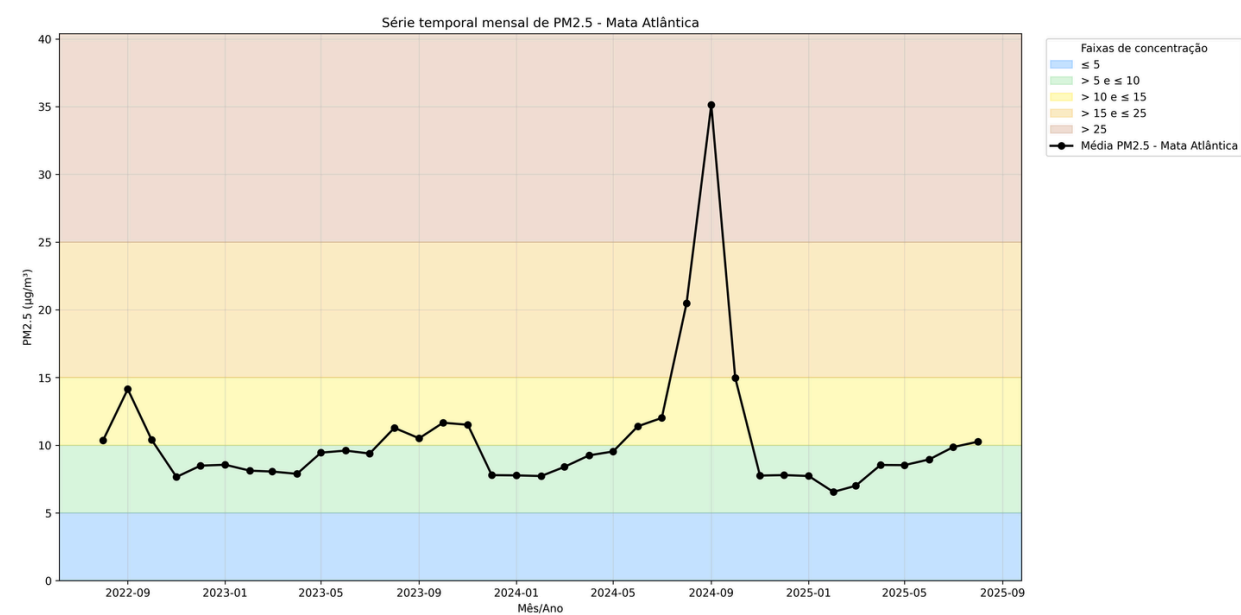
## Pantanal



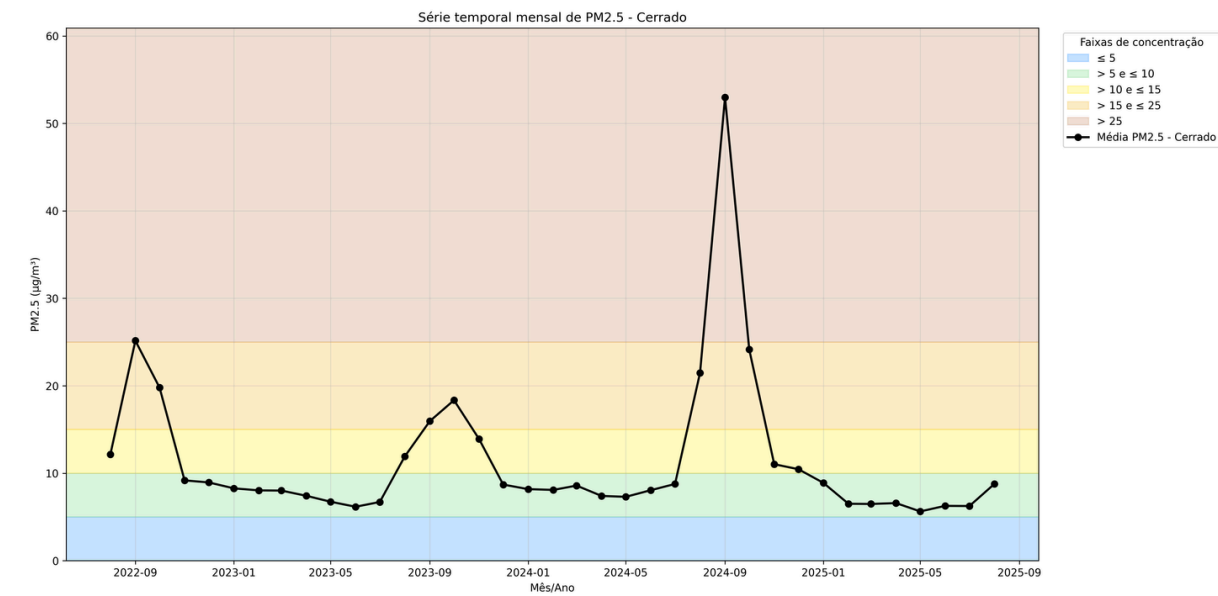
## Pampa



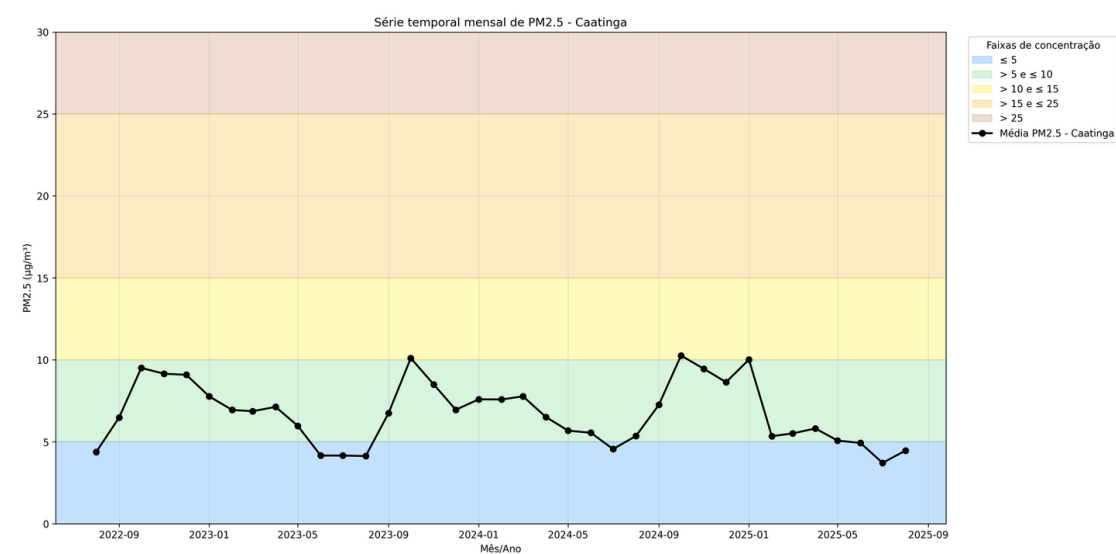
## Mata Atlântica



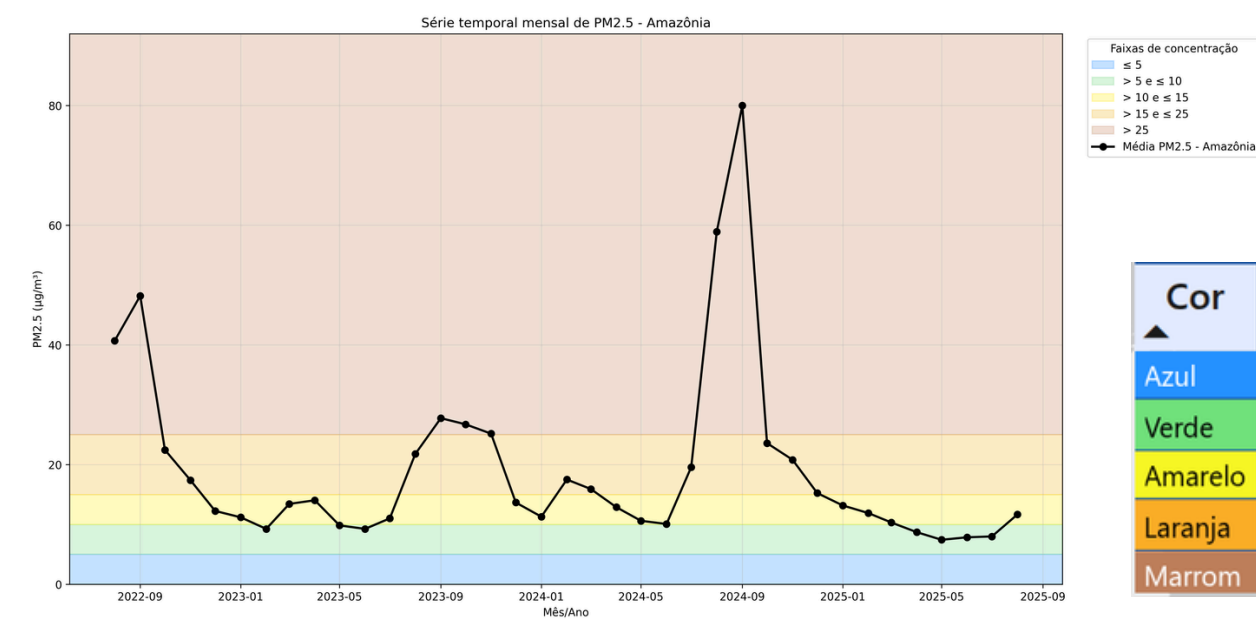
## Cerrado



## Caatinga

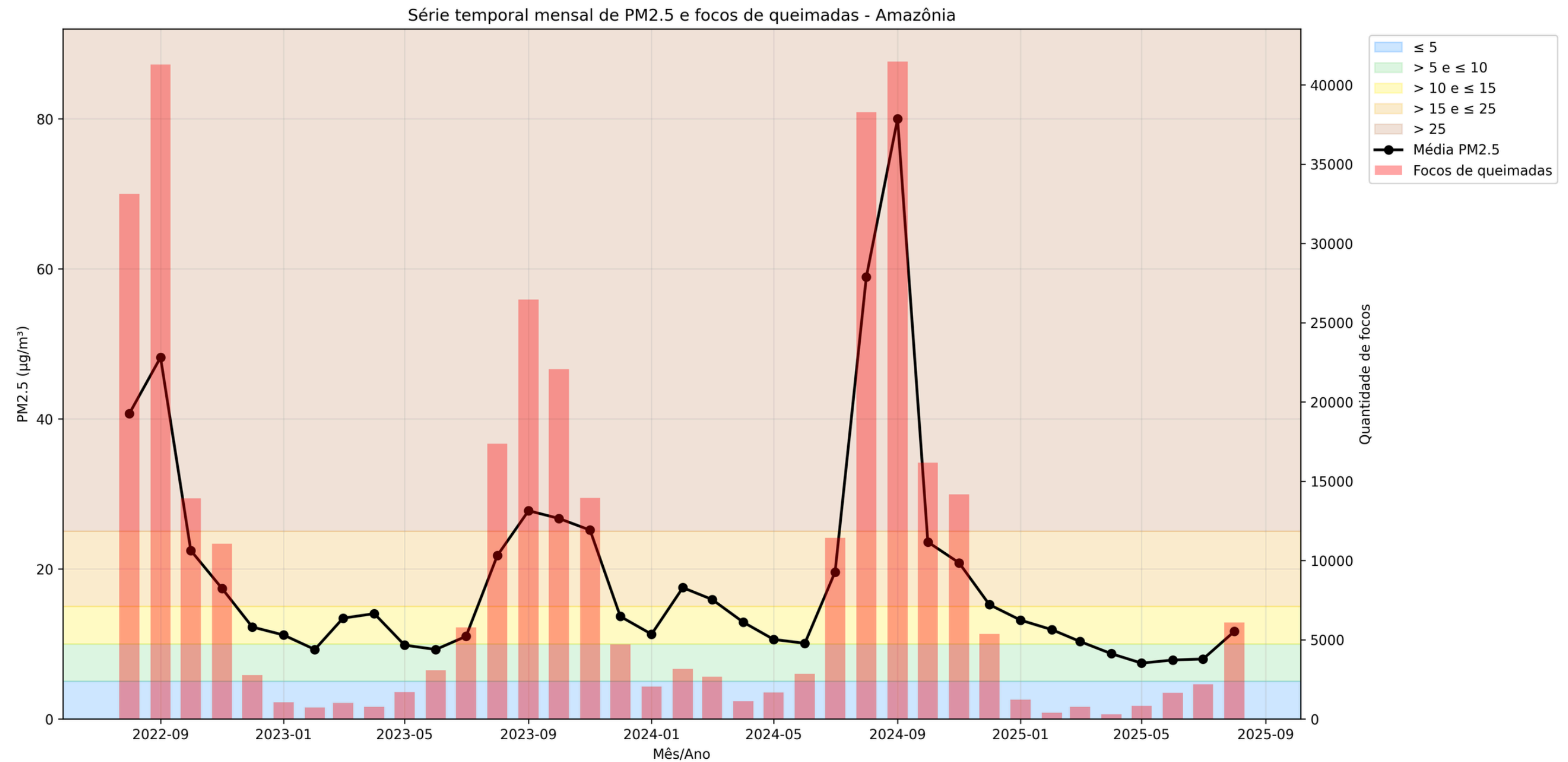


## Amazônia

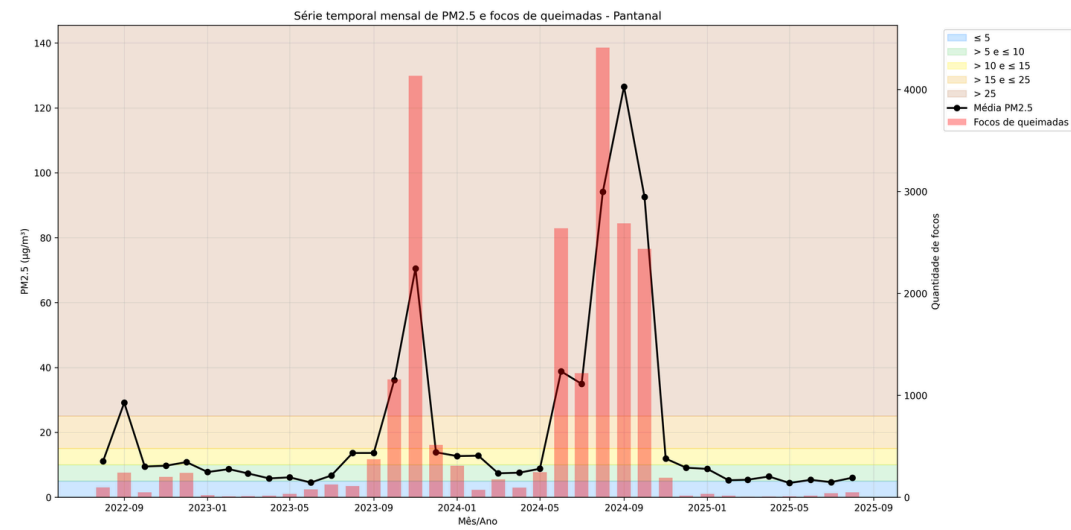


| Cor     | Legenda            |
|---------|--------------------|
| Azul    | MP 2.5 ≤ 05        |
| Verde   | MP 2.5 > 05 e ≤ 10 |
| Amarelo | MP 2.5 > 10 e ≤ 15 |
| Laranja | MP 2.5 > 15 e ≤ 25 |
| Marrom  | MP 2.5 > 25        |

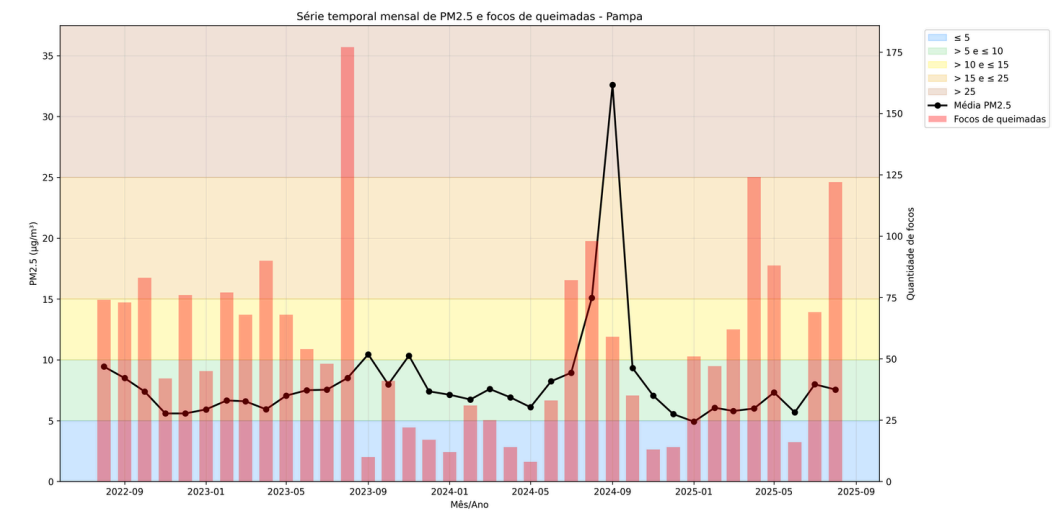
## Séries Temporais por Biomas - Amazônia



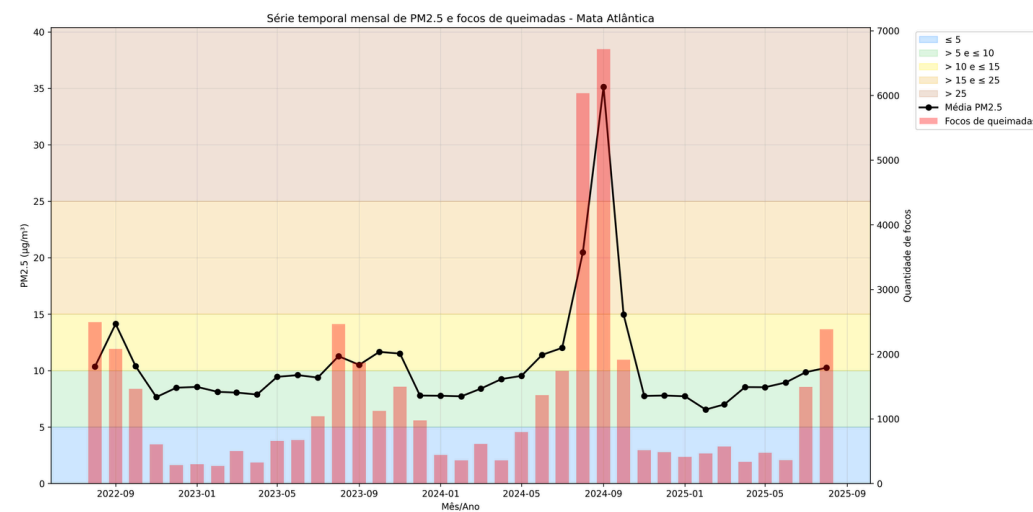
## Pantanal



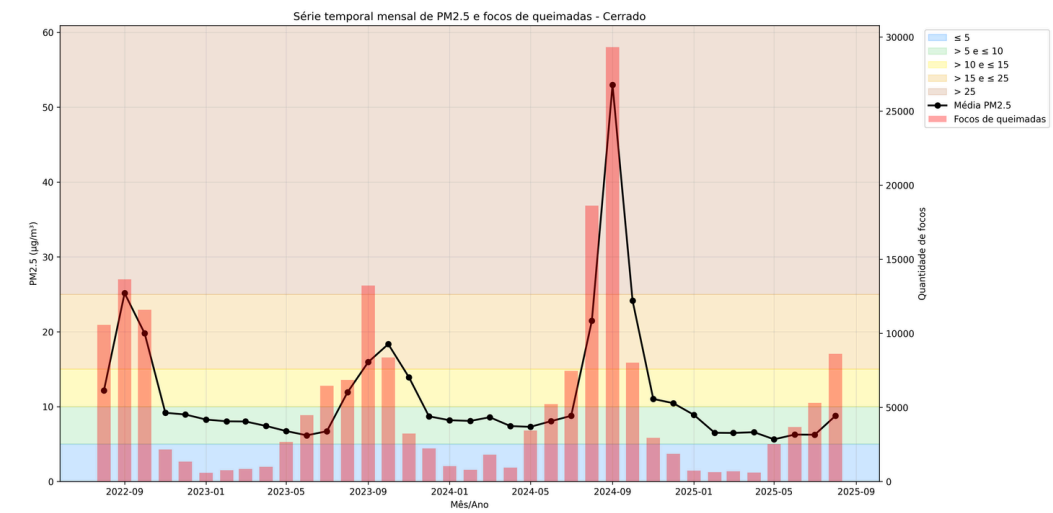
## Pampa



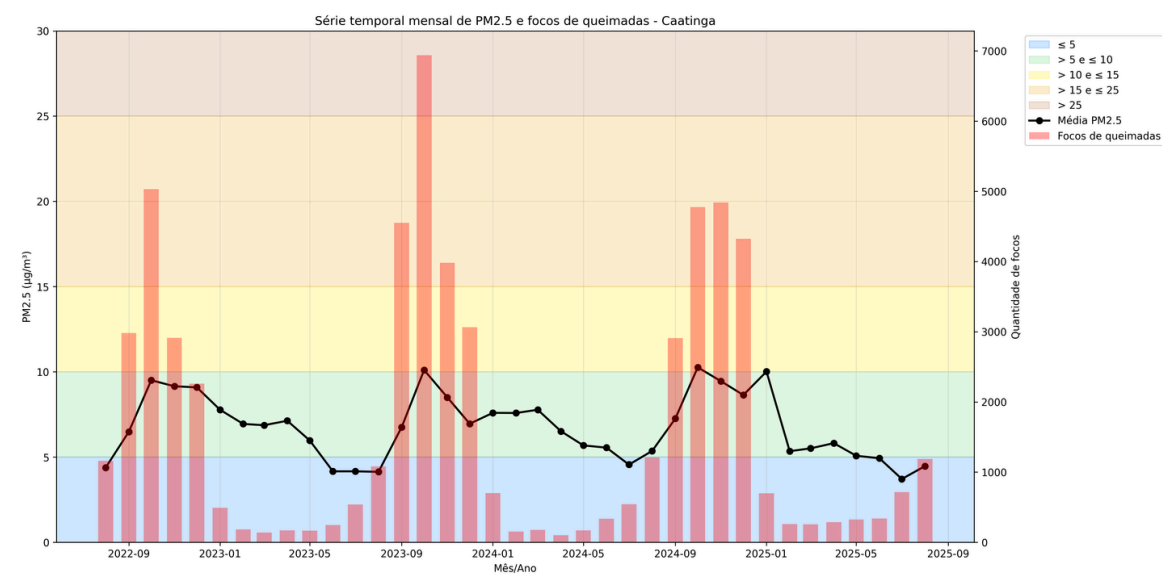
## Mata Atlântica



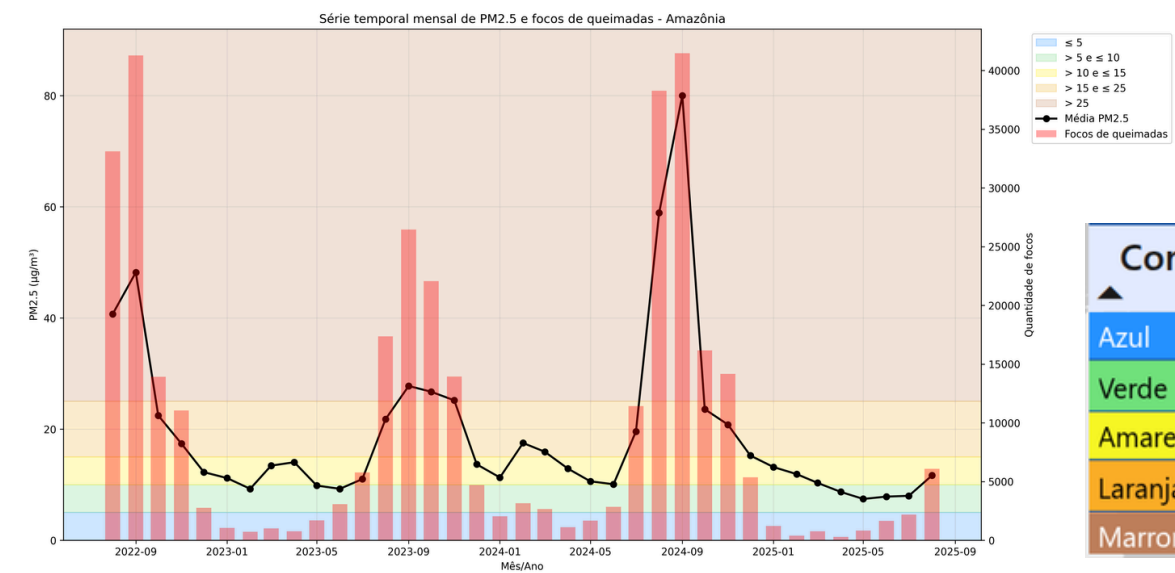
## Cerrado



## Caatinga



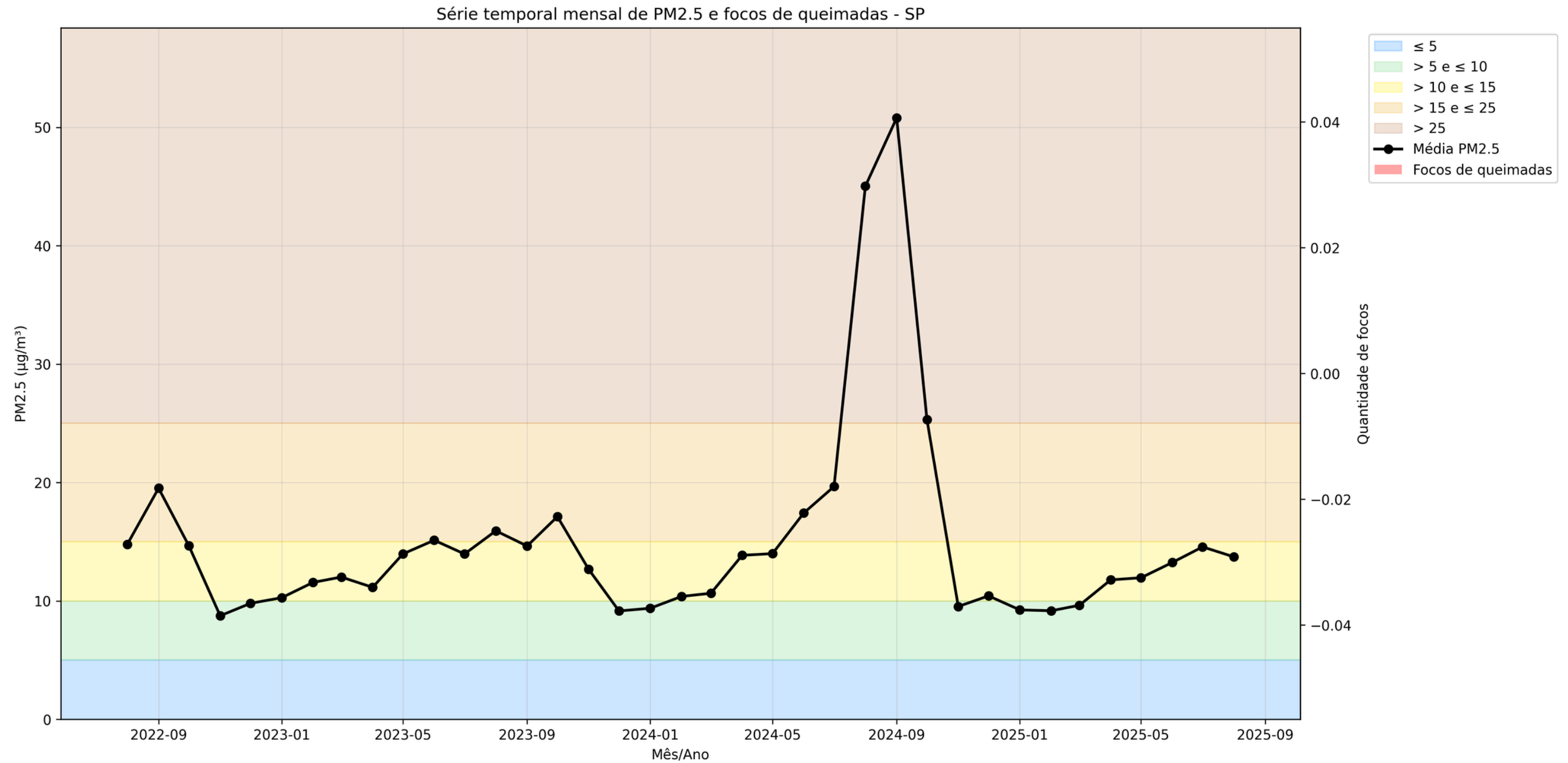
## Amazônia



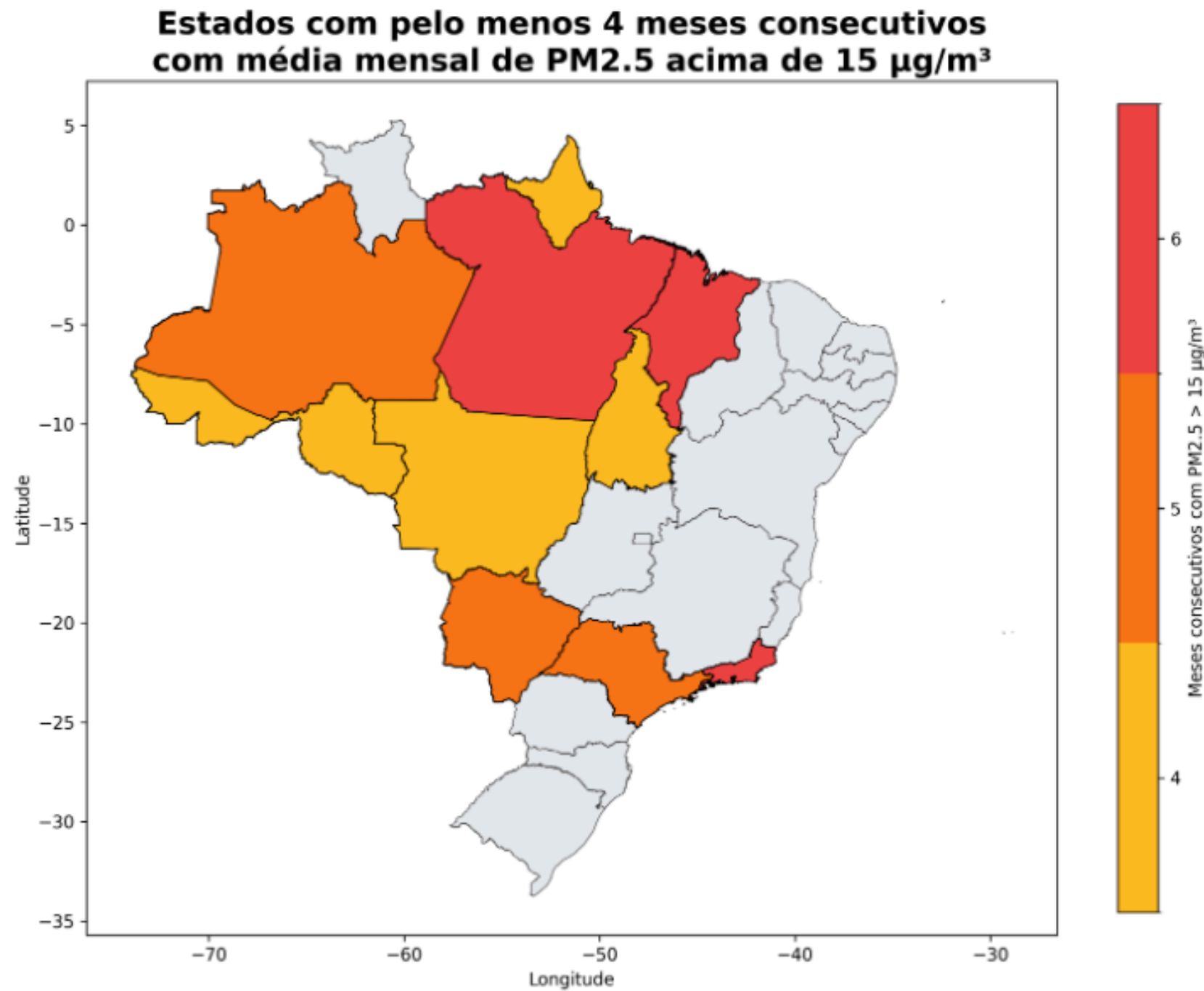
| Cor     | Legenda             |
|---------|---------------------|
| Azul    | MP 2.5 <= 05        |
| Verde   | MP 2.5 > 05 e <= 10 |
| Amarelo | MP 2.5 > 10 e <= 15 |
| Laranja | MP 2.5 > 15 e <= 25 |
| Marrom  | MP 2.5 > 25         |

# RESULTADOS

## Séries Temporais por Estados - São Paulo



## População Exposta



### IMPACTO DA POLUIÇÃO DO AR NO BRASIL

PESSOAS NOS ESTADOS AFETADOS

**95.181.572**

POPULAÇÃO TOTAL DO BRASIL

**213.398.250**

PERCENTUAL DA POPULAÇÃO AFETADA

**44,60%**

| UF | Meses | Início  | Fim     | População  |
|----|-------|---------|---------|------------|
| MA | 6     | 2024-08 | 2025-01 | 7.018.211  |
| PA | 6     | 2024-08 | 2025-01 | 8.711.196  |
| RJ | 6     | 2024-05 | 2024-10 | 17.223.547 |
| AM | 5     | 2024-07 | 2024-11 | 4.321.616  |
| MS | 5     | 2024-06 | 2024-10 | 2.924.631  |
| SP | 5     | 2024-06 | 2024-10 | 46.081.801 |
| AC | 4     | 2022-08 | 2022-11 | 884.372    |
| AP | 4     | 2024-01 | 2024-04 | 806.517    |
| MT | 4     | 2022-08 | 2022-11 | 3.893.659  |
| RO | 4     | 2022-08 | 2022-11 | 1.729.163  |
| TO | 4     | 2024-08 | 2024-11 | 1.586.859  |

# CONSIDERAÇÕES FINAIS



- A concentração de material particulado fino (PM2.5) apresenta variações espaciais e temporais diretamente relacionadas à ocorrência de queimadas no Brasil;
- Padrão sazonal bem definido, com aumento significativo da poluição atmosférica entre os meses de agosto e novembro, período de intensificação das queimadas;
- Com o monitoramento da qualidade do ar é possível realizar a formulação de políticas públicas e estimativas de populações a serem afetadas;
- Trabalhos futuros: geração de mapas informativos e exploração dos valores de média, máximo, desvio padrão e percentis das unidades federativas.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



XING, Y.-F. et al. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease*, v. 8, n. 1, p. 69–74, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air quality monitoring for enhanced understanding of health impacts and beyond. Geneva: World Health Organization; 2025 (Air Quality, Energy and Health, Science and Policy Summaries).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de metodologia para avaliação da qualidade do ar. 1. ed. São Paulo: CETESB, 2025. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/dx/api/dam/v1/collections/186909e9-ab59-4641-abba-c5c465793216/items/3adb602d-77ec-4de5-b378-5fa141e80614/renditions/5a0e5f05-41aa-4e9c-9b00-69165ab36963?binary=true>>. Acesso em: 02 abr. 2026.

VAN DONKELAAR, A. et al. Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application.

*Environmental Health Perspectives*, v. 118, n. 6, p. 847-855, 2010. Ministério da Saúde. Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos (Vigiar). Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiar>>. Acesso em: 21 abr. 2026.

ECMWF. CAMS global reanalysis (EAC4). Disponível em: <<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-global-reanalysis-eac4?tab=documentation>>. Acesso em: 19 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produtos. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>>. Acesso em: 20 abr. 2026.

PROGRAMA QUEIMADAS. INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Produtos. Disponível em: <<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>>. Acesso em: 26 mai. 2026.

Obrigada!

