



RELATÓRIO TÉCNICO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM
CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Monitoramento da Qualidade do Ar

Desenvolvimento:

Laboratório de Computação e Tecnologia em
Engenharia Ambiental (LACTEA)
Departamento de Engenharia Ambiental (DEA)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Projeto de Extensão:

Curitiba, o ar que você respira



Agosto de 2021

1 Introdução

O monitoramento de material particulado em Curitiba e região metropolitana é desenvolvido pelo Laboratório de Computação e Tecnologia em Engenharia Ambiental (LACTEA). O grupo de alunos e professores do LACTEA e do Departamento de Engenharia Ambiental (DEA) é responsável pela instalação dos sensores, transmissão e armazenamento dos dados em um servidor, análise dos resultados e produção deste relatório.

A elaboração deste produto técnico integra as atividades projeto de extensão universitária intitulado “Curitiba, o ar que você respira”. Esse projeto de extensão está ligado ao projeto pesquisa da UFPR/CNPq intitulado “Monitoramento e estudo de relações entre material particulado e variáveis meteorológicas em Curitiba”, que tem como objetivo criar uma rede de monitoramento da qualidade do ar na capital do estado do Paraná.

Os boletins do monitoramento estão disponíveis na página do laboratório (<http://www.lactea.ufpr.br/pesquisa/quali-ar/mp>) e são publicados mensalmente. O LACTEA está vinculado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Para qualquer dúvida referente a este relatório favor entrar em contato pelo e-mail: lactea@ufpr.br.

1.1 Legislação

Considerando como referência os padrões de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a Resolução CONAMA N° 491 de 19/11/2018. Esta Resolução estabelece padrões de qualidade do ar e tem as seguintes definições:

- Material Particulado MP_{2,5}: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;
- Material Particulado MP₁₀: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;

A Resolução CONAMA N° 491 estabeleceu Padrões de Qualidade do Ar Intermediários – PI, com valores temporários a serem cumpridos em etapas, e Padrões de Qualidade do Ar Final - PF. Adotaremos neste relatório os seguintes Padrões de Qualidade do Ar Final - PF:

- O limite de Material Particulado MP_{2,5} para o período de referência de 24 horas é a média de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- O limite de Material Particulado MP₁₀ para o período de referência de 24 horas é a média de 50 µg/m³.

1.2 Rede de monitoramento

O monitoramento distribuído de material particulado pode ser direcionado a diferentes objetivos. O monitoramento das agências estaduais do meio ambiente tem como objetivo a conformidade regulamentar, ou seja, a verificação se as concentrações estão dentro dos limites da legislação. Entretanto, os requisitos de precisão e estabilidade para uma rede com muitos pontos de amostragem são altos, além do custo elevado.

Para complementar o monitoramento oficial foi criada uma rede complementar com sensores óticos de baixo custo. Esses sensores são capazes de medir MP₁₀ e MP_{2,5} com precisão razoável e podem fornecer aos municípios informações importantes, desde a detecção de fonte até a possibilidade de selecionar áreas nas quais as medições com equipamentos de medição mais precisos parecem prudentes. Um dos focos do projeto é a identificação de *hot-spots* para o combate à poluição por MP.

O projeto se baseia no conceito Internet das coisas (IoT, *Internet of Things*). A metodologia consiste em utilizar os sensores de baixo custo SDS011 e AM2302 acoplados em microcontroladores como o computador Raspberry Pi ou a placa Arduino. O Raspberry funciona como um data logger local que transmite as informações para um servidor na UFPR que armazena os dados.

1.2.1 Pontos amostrais

Atualmente o projeto conta com 6 estações em Curitiba e região metropolitana:

1. Boa Vista
2. Guabirota
3. Guaira
4. Jardim das Américas
5. Mercês
6. Orleans

A estação localizada no Boa Vista estava em manutenção no mês de agosto.

A localização de cada estação da lista acima é ilustrada na Figura 1.1.

1.2.2 Análise de consistência dos dados

Os dados são coletados em uma frequência de 5 segundos e armazenados em arquivos de texto para cada hora de monitoramento. Para homogeneização e correção de falhas é realizada uma análise de consistência removendo valores espúrios, o que garante um controle de qualidade

MAPA DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

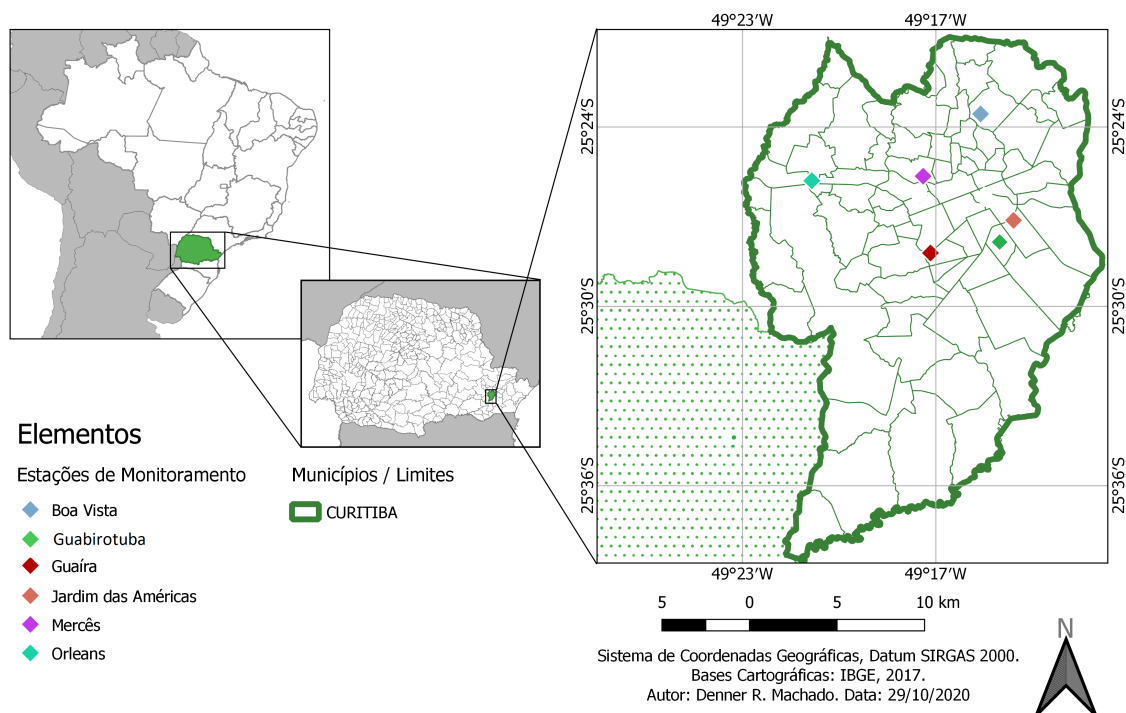


Figura 1.1: Pontos de amostragem com as cores e nomes das estações

nos dados. Após o controle de qualidade os dados são reamostrados em médias por minuto. Estes dados são então reanalisados em médias horárias ou diárias conforme será detalhado nas próximas seções.

2 Identificação das Estações

A seguir são apresentadas as fichas de identificação de cada ponto amostral de acordo com Guia de Monitoramento e Avaliação da qualidade do ar (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

| Identificação de estação de monitoramento da qualidade do ar | |
|--|--|
| Nome | Estação Guabirota |
| Coordenada (SIRGAS 2000) | -25.463189, -49.236858 |
| Topografia/altitude | 890 metros |
| Endereço | Rua Marins Tavares de Andrade, 72 |
| Característica do solo no entorno (20 m) | Pavimentada e grama |
| Vias relevantes mais próximas | Rua Doutor Joaquim Ignácio Silveira da Motta Av. Comendador Franco, Rua Eng. José de Freitas Saldanha |
| Principais fontes (industriais e/ou móveis) | Veiculares |
| Parâmetros medidos | MP2,5 MP10 Umidade Temperatura |
| Tipo de monitoramento | A (automático) |
| Escala espacial | Bairro |
| Início do monitoramento | 07/2021 |
| Frequência do monitoramento | Contínuo |

Tabela 2.1: Ficha cadastral da estação Guabirota

| Identificação de estação de monitoramento da qualidade do ar | |
|--|---|
| Nome | Estação Guáira |
| Coordenada (SIRGAS 2000) | -25.469650,-49.283010 |
| Topografia/altitude | 922 metros |
| Endereço | Avenida Presidente Kennedy, 2929 |
| Característica do solo no entorno (20 m) | Pavimentada e grama |
| Vias relevantes mais próximas | Avenida Presidente Kennedy |
| Principais fontes (industriais e/ou móveis) | Veiculares |
| Parâmetros medidos | MP2,5 MP10 Umidade Temperatura |
| Tipo de monitoramento | A (automático) |
| Escala espacial | Bairro |
| Início do monitoramento | 07/2020 |
| Frequência do monitoramento | Contínuo |

Tabela 2.2: Ficha cadastral da estação Guáira

| Identificação de estação de monitoramento da qualidade do ar | |
|--|---|
| Nome | Estação Jardim das Américas |
| Coordenada (SIRGAS 2000) | -25.450927, -49.232396 |
| Topografia/altitude | 880 metros |
| Endereço | UFPR, Campus Politécnico |
| Característica do solo no entorno (20 m) | Pavimentada e grama |
| Vias relevantes mais próximas | Rod. Régis Bittencourt (Linha Verde), Rua Evaristo Ferreira da Costa Av. Comendador Franco, BR-277, Av. Cel Francisco Heráclito dos Santos |
| Principais fontes (industriais e/ou móveis) | Veiculares |
| Parâmetros medidos | MP2,5 MP10 Umidade Temperatura |
| Tipo de monitoramento | A (automático) |
| Escala espacial | Bairro |
| Início do monitoramento | 10/2019 |
| Frequência do monitoramento | Contínuo |

Tabela 2.3: Ficha cadastral da estação Jardim das Américas

| Identificação de estação de monitoramento da qualidade do ar | |
|--|--|
| Nome | Estação Mercês |
| Coordenada (SIRGAS 2000) | -25.425985, -49.287201 |
| Topografia/altitude | 940 metros |
| Endereço | Rua Desembargador Motta, 3428 |
| Característica do solo no entorno (20 m) | Pavimentada e grama |
| Vias relevantes mais próximas | Av. Manoel Ribas, Rua Júlia Wanderley, Rua Padre Agostinho Rua Padre Anchieta, Rua Desembargador Motta, Rua Brigadeiro Franco |
| Principais fontes (industriais e/ou móveis) | Veiculares |
| Parâmetros medidos | MP2,5 MP10 Umidade Temperatura |
| Tipo de monitoramento | A (automático) |
| Escala espacial | Bairro |
| Início do monitoramento | 11/2019 |
| Frequência do monitoramento | Contínuo |

Tabela 2.4: Ficha cadastral da estação Mercês

| Identificação de estação de monitoramento da qualidade do ar | |
|--|---|
| Nome | Estação Orleans |
| Coordenada (SIRGAS 2000) | -25.428546, -49.350547 |
| Topografia/altitude | 950 metros |
| Endereço | Rua Adir Dalabona, 205 |
| Característica do solo no entorno (20 m) | Pavimentada e grama |
| Vias relevantes mais próximas | Av. Ver. Toaldo Túlio, Rua Izidoro Langa, Rua Virgínia Dalabona Rua Ubaldino Brunatti, Rua Alberto Panek, BR-376 (Rodovia do Café) |
| Principais fontes (industriais e/ou móveis) | Veiculares |
| Parâmetros medidos | MP2,5 MP10 Umidade Temperatura |
| Tipo de monitoramento | A (automático) |
| Escala espacial | Bairro |
| Início do monitoramento | 10/2019 |
| Frequência do monitoramento | Contínuo |

Tabela 2.5: Ficha cadastral da estação Orleans

3 Monitoramento de Agosto de 2021

3.1 Séries temporais dos pontos amostrais

As séries temporais com as médias horárias de material particulado para o mês de interesse dos pontos de amostragem são apresentadas nas Figuras 3.1 e 3.2. A linha vermelha tracejada em cada gráfico indica o limite de concentração média diária da Resolução CONAMA N° 491/2018.

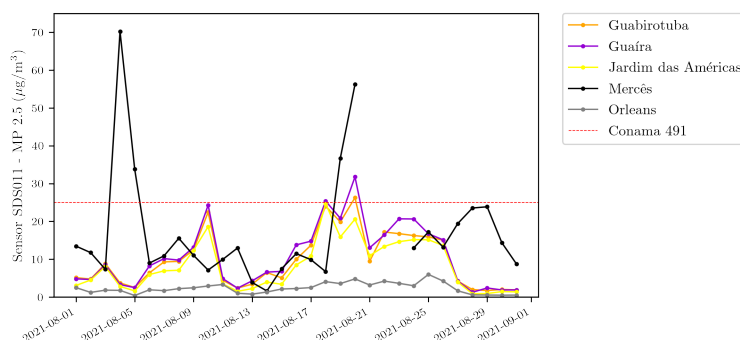


Figura 3.1: Médias diárias de MP_{2,5} dos pontos de amostragem para agosto de 2021.

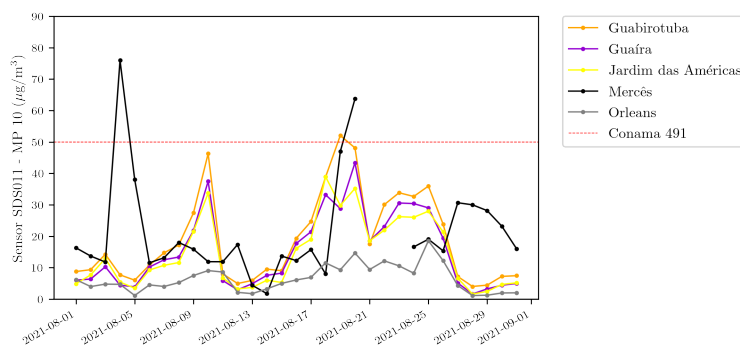


Figura 3.2: Médias diárias de MP₁₀ dos pontos de amostragem para agosto de 2021.

Em alguns dias não foram apresentados os dados do monitoramento devido a diversos fatores dentre eles: falta de energia, falha nos sensores ou no sistema de aquisição dos dados e problemas na conexão de internet dos pontos amostrais. Por este motivo nos gráficos deste relatório podem ocorrer dados faltantes que estão associados ao período manutenção do equipamento.

3.2 Perfil diário das estações

Os perfis diários dos pontos de amostragem para o mês de interesse foram construídos com base em médias horárias.

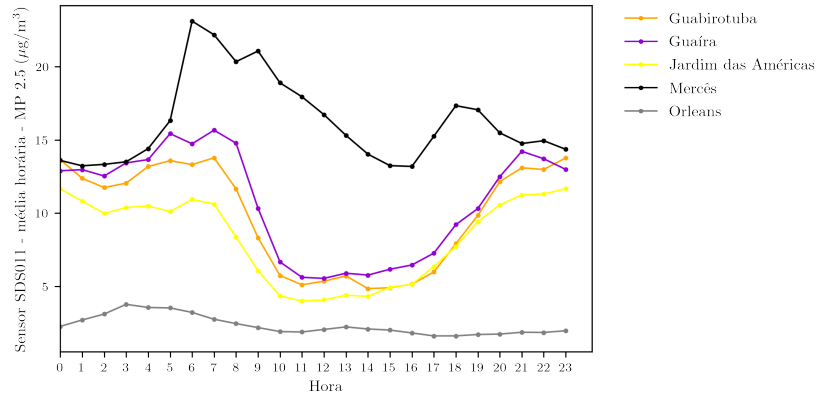


Figura 3.3: Perfis diários de MP_{2,5} dos pontos de amostragem para agosto de 2021

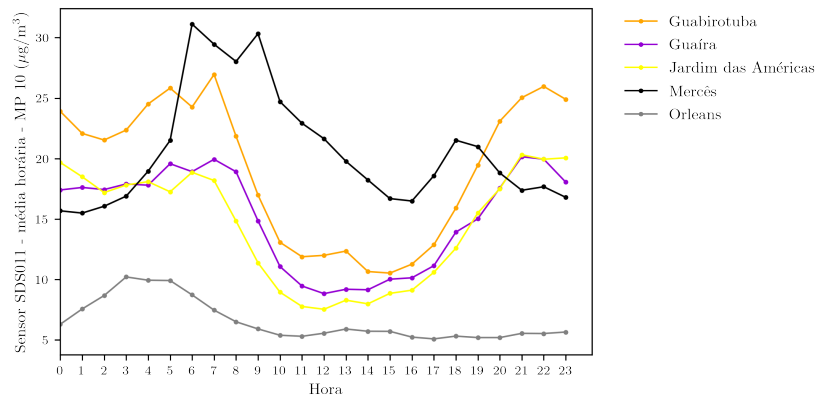


Figura 3.4: Perfis diários de MP₁₀ dos pontos de amostragem para agosto de 2021

3.3 Dados Meteorológicos

O perfil diário de temperatura e umidade são apresentados nas figuras 3.5 e 3.6. Os gráficos das figuras 3.7 e 3.8 ilustram a temperatura e umidade média diária nos pontos amostrais para o mês de interesse. Algumas estações podem apresentar falhas em alguns dias, que são ilustradas como quadrados brancos.

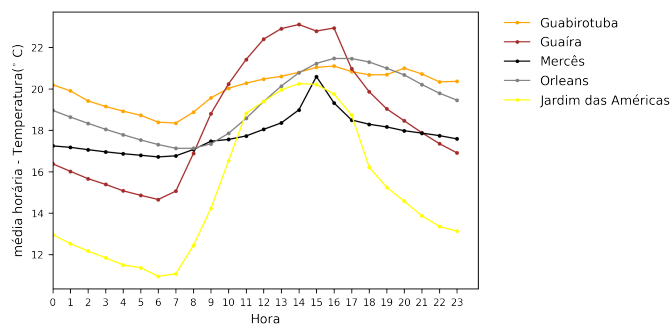


Figura 3.5: Perfil diário de temperatura horária média nos pontos amostrais

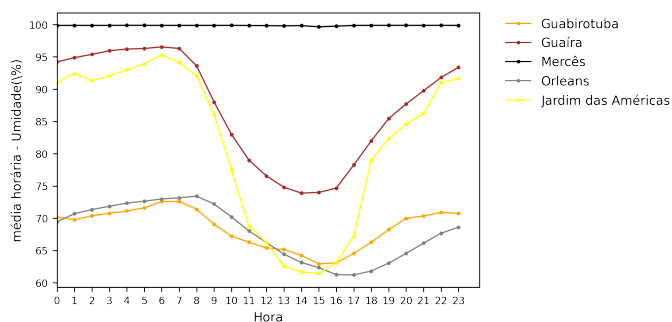


Figura 3.6: Perfil diário de umidade horária média nos pontos amostrais

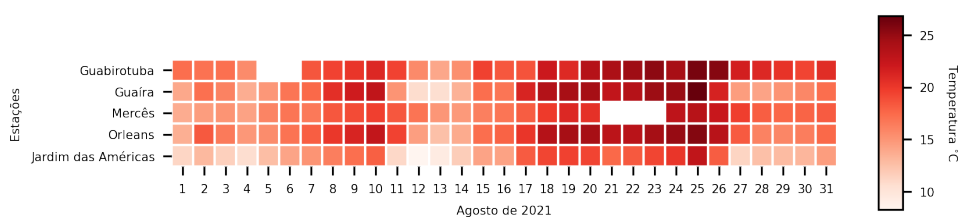


Figura 3.7: Temperatura média diária nos pontos amostrais

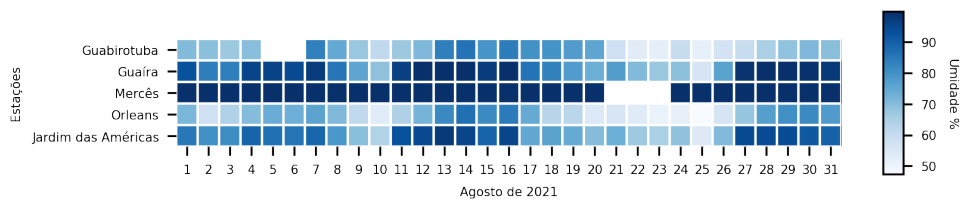


Figura 3.8: Umidade média diária nos pontos amostrais

3.4 Índice da Qualidade do Ar (IQAr)

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distritais, publicou no final do ano de 2019 um Guia de Monitoramento e Avaliação da qualidade do ar. O guia contém os objetivos das redes de monitoramento do ar, as orientações para implantação desse monitoramento, a representatividade temporal dos dados, gestão de redes de monitoramento da qualidade do ar, documentação, métodos de referência e equivalentes e o índice de qualidade do ar (IQAr).

A Figura 3.9 ilustra as classes do índice de qualidade do ar (IQAr) definidas pelo MMA.

| Qualidade do Ar | Índice | MP _{2.5} (µg/m ³) 24h | MP ₁₀ (µg/m ³) 24h |
|-----------------|-----------|---|--|
| N1 - Boa | 0 - 40 | 0 - 25 | 0 - 50 |
| N2 - Moderada | 41 - 80 | >25 - 50 | >50 - 100 |
| N3 - Ruim | 81 - 120 | >50 - 75 | >100 - 150 |
| N4 - Muito Ruim | 121 - 200 | >75 - 125 | >150 - 250 |
| N5 - Péssima | 201 - 400 | >125 - 300 | >250 - 600 |

Figura 3.9: Material Particulado e o Índice de qualidade do ar (IQAr)

A Tabela 3.1 apresenta as concentrações, temperatura e umidade mensais médias de cada ponto de monitoramento do projeto CWBreathe.

| Estação | MP ₁₀ (µg/m ³) | MP _{2.5} (µg/m ³) | Umidade(%) | Temperatura(°C) |
|---------------------|---------------------------------------|--|------------|-----------------|
| Guabirota | 19.14 | 9.84 | 68.48 | 20.05 |
| Guaíra | 15.18 | 10.79 | 87.17 | 18.54 |
| Mercês | 20.65 | 16.23 | 99.85 | 17.78 |
| Orleans | 6.56 | 2.33 | 67.80 | 19.25 |
| Jardim das Américas | 14.47 | 8.30 | 81.77 | 15.06 |

Tabela 3.1: Médias mensais das concentrações de MP₁₀ e MP_{2.5}, Temperatura e Umidade para as estações de monitoramento

As Figuras 3.10 e 3.11 ilustram a concentração média diária de material particulado em todos os pontos amostrais para MP_{2.5} e MP₁₀, respectivamente. As Figuras 3.12 e 3.13 ilustram o IQAr diário baseado na concentração média diária de MP_{2.5} e MP₁₀, respectivamente. Algumas estações podem apresentar falhas em alguns dias, que são ilustradas nas Figuras (3.10-3.13) como quadrados brancos.

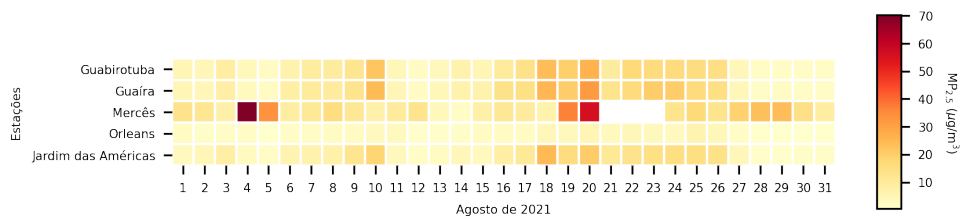


Figura 3.10: Concentração média diária de $MP_{2.5}$ em todos os pontos amostrais

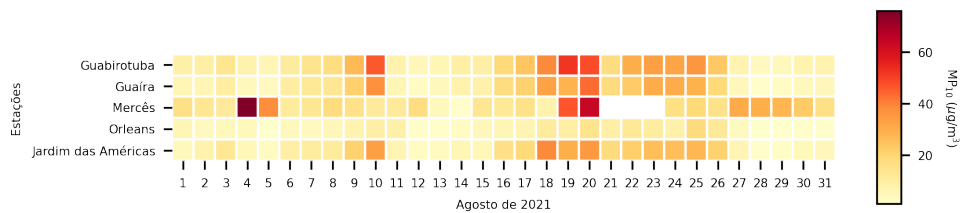


Figura 3.11: Concentração média diária de MP_{10} em todos os pontos amostrais

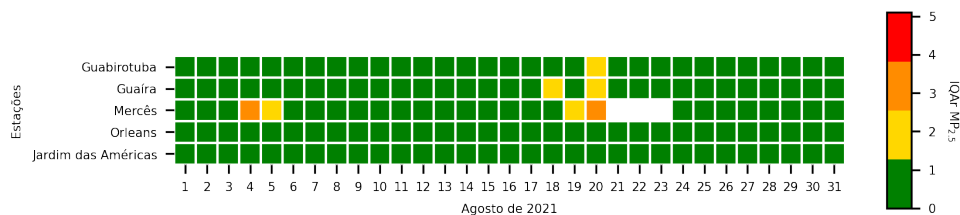


Figura 3.12: IQAr baseado na concentração diária de $MP_{2.5}$ em todos os pontos amostrais

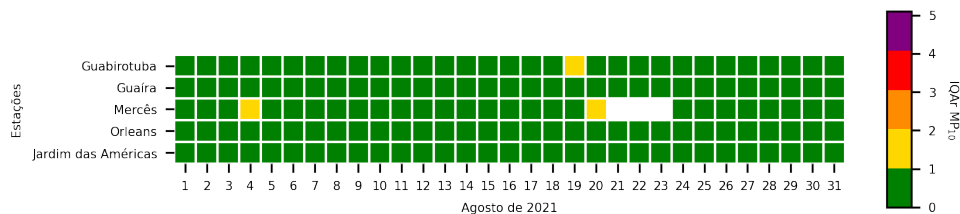


Figura 3.13: IQAr baseado na concentração diária de MP_{10} em todos os pontos amostrais

O IQAr mensal de cada estação foi determinado com base nas concentrações médias mensais de material particulado, conforme a tabela 3.1 e a figura 3.9. Foi escolhido o IQAr mais elevado, independentemente do indicador, seja MP_{10} ou $MP_{2.5}$.

A Tabela 3.2 apresenta o Índice de Qualidade do Ar para cada estação de monitoramento durante o mês de interesse.

| Estação | IQAr (Agosto/2021) |
|---------------------|---------------------------|
| Guabirota | N1 - Boa |
| Guaira | N1 - Boa |
| Mercês | N1 - Boa |
| Jardim das Américas | N1 - Boa |
| Orleans | N1 - Boa |

Tabela 3.2: IQAr para as estações de monitoramento

4 Considerações Finais

Considerando os resultados do monitoramento de agosto de 2021 pode-se afirmar que a qualidade do ar dos pontos amostrados em Curitiba é boa (IQAr = N1).

Apesar da média mensal não ter ultrapassado valores de concentração média definidos pelo MMA (Figura 3.9), no bairro Guabirota nos dias 10, 18, 19 e 20 de agosto, no bairro Guaíra nos dias 18 e 20 e no bairro Mercês nos dias 4, 5, 19 e 20 de agosto, as concentrações médias diárias de MP encontradas ultrapassaram os limites, o que representa um sinal de alerta

Com relação à identificação dos pontos críticos, é necessário ampliar os pontos de medição e realizar análises durante mais meses para se obter um panorama mais detalhado das regiões de interesse para entender a dispersão do material particulado em Curitiba e região metropolitana.