

Sistema de monitoramento da qualidade do ar do Distrito Federal e seus impactos no meio ambiente e na saúde¹

Giancarlo Brugnara Chelotti²

Lucas Alves de Brito Oliveira³

Resumo

A qualidade do ar é fator essencial para a saúde humana, a integridade dos ecossistemas e a sustentabilidade ambiental, sendo a poluição atmosférica reconhecida como um dos principais riscos ambientais à saúde pública. Este artigo analisou o sistema de monitoramento da qualidade do ar do Distrito Federal, avaliando sua adequação técnica, conformidade com as normas ambientais vigentes e os impactos da poluição atmosférica sobre o meio ambiente, a saúde da população e o Sistema de Saúde distrital. O estudo baseou-se em análise documental de relatórios institucionais, dados do órgão ambiental distrital, informações do Sistema Único de Saúde e literatura técnico-científica. Apesar da ampliação recente da rede de monitoramento, ela permanece insuficiente, com baixa representatividade espacial e monitoramento restrito de poluentes, o que limita diagnósticos consistentes e a formulação de políticas públicas baseadas em evidências. Identificaram-se lacunas no cumprimento das exigências legais, como a ausência de planos de controle de emissões atmosféricas, de planos para episódios críticos de poluição do ar e de relatórios anuais consolidados. A análise dos impactos evidencia que a baixa qualidade do ar compromete ecossistemas, intensifica processos de degradação ambiental e está associada ao aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares, com repercussões diretas sobre a demanda por serviços de saúde. O fortalecimento institucional, a ampliação e modernização da rede de monitoramento, a integração entre os setores ambiental e de saúde e a atuação legislativa são fundamentais para a melhoria da qualidade do ar e a proteção da saúde e do meio ambiente no Distrito Federal.

¹ Artigo produzido a partir do Estudo nº 718/2024, elaborado pela Unidade de Desenvolvimento Urbano, Rural e Meio Ambiente – UDA e pela Unidade de Saúde, Educação, Cultura e Direitos Humanos – USE da Câmara Legislativa do Distrito Federal – CLDF, a pedido do Deputado Fábio Felix. Autorização de publicação concedida no processo SEI nº 00001-00042427/2024-32.

² Engenheiro Florestal, Especialista em Geoprocessamento, Mestre em Geociências e Geodinâmica, Doutor em Ciências Ambientais, todos os títulos pela Universidade de Brasília. Consultor Legislativo na Câmara Legislativa do Distrito Federal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0715-1306>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5483665500672436>.

³ Graduação em Medicina e Direito pela Universidade de Brasília – UnB, Residência Médica em Psiquiatria pela Universidade de São Paulo – USP, Mestrado em Saúde Coletiva pela UnB e Doutorado em andamento em Bioética, na UnB. Consultor Legislativo na Câmara Legislativa do Distrito Federal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6929-0454>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5527702556916619>.

Palavras-chave: qualidade do ar; monitoramento ambiental; poluição atmosférica; saúde pública; políticas ambientais.

Air quality monitoring system in the Distrito Federal (Brazil) and its environmental and public health impacts

Abstract

Air quality is an essential factor for human health, ecosystem integrity, and environmental sustainability, with atmospheric pollution recognized as one of the main environmental risks to public health. This article examined the air quality monitoring system of the Federal District, assessing its technical adequacy, compliance with current environmental regulations, and the impacts of atmospheric pollution on the environment, population health, and the District Health System. The study was based on documentary analysis of institutional reports, data from the District environmental authority, information from the Unified Health System, and technical and scientific literature. Despite the recent expansion of the monitoring network, it remains insufficient, with low spatial representativeness and limited pollutant monitoring, which constrains consistent diagnoses and the formulation of evidence-based public policies. Gaps were identified in compliance with legal requirements, including the absence of atmospheric emissions control plans, plans for critical air pollution episodes, and consolidated annual reports. Impact analysis indicates that poor air quality compromises ecosystems, intensifies processes of environmental degradation, and is associated with an increase in respiratory and cardiovascular diseases, with direct repercussions for the demand for health services. Strengthening institutional capacity, expanding and modernizing the monitoring network, integrating environmental and health sectors, and legislative action are essential to improving air quality and protecting health and the environment in the Federal District.

Keywords: air quality; environmental monitoring; atmospheric pollution; public health; environmental policies.

Recebido em: 03/02/2026

Aprovado em: 13/03/2026

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar é fundamental para a saúde humana, o equilíbrio dos ecossistemas e o bem-estar geral da população. Poluentes atmosféricos podem causar sérios problemas de saúde, incluindo doenças respiratórias e cardiovasculares e até câncer (Réquia Júnior; Roig, 2015). Além disso, a poluição do ar afeta a biodiversidade, alterando a composição e o funcionamento dos ecossistemas. Em áreas urbanas e industriais, a má qualidade do ar contribui também para a degradação de materiais e afeta o conforto da vida cotidiana (EPA, 2020). Monitorar e melhorar a qualidade do ar é crucial não apenas para proteger a saúde pública, mas também para mitigar as mudanças climáticas e preservar a natureza (Réquia Júnior; Roig, 2016).

A Organização Mundial da Saúde – OMS afirma que, em 2019, mais de quatro milhões de pessoas morreram no planeta em decorrência da poluição do ar (WHO, 2024a). Por outro lado, a redução da poluição presente do ar representa aumento significativo na expectativa de vida (Solomon *et al.*, 2011).

A relação entre poluição do ar e saúde é amplamente estudada e serve para direcionar a adoção de políticas públicas que visem a minimizar o efeito da poluição na saúde pública. Os dados comumente utilizados são provenientes das estações de monitoramento de poluição atmosférica e dos órgãos de gestão em saúde; tais como número de óbitos e de internações (Réquia Júnior; Roig, 2016).

Entretanto, a maior parte dos municípios brasileiros possui limitações ou até não dispõe de dados de monitoramento da qualidade do ar. Existem apenas 286 estações de monitoramento de qualidade do ar no Brasil (IEMA, 2022), para monitorar a qualidade do ar de 5.570 municípios no território nacional. Somente treze estão na região Centro-Oeste, sendo apenas três delas automáticas.

A baixa disponibilidade e qualidade dos dados resulta em diagnósticos imprecisos, o que compromete a robustez do processo de tomada de decisão, tornando-o vulnerável e semelhante a uma ação baseada em suposições.

O objetivo do presente estudo é apresentar um diagnóstico do sistema de monitoramento da qualidade do ar do DF e sua adequação e aderência às normas ambientais vigentes, bem como apresentar os impactos da poluição atmosférica no meio ambiente, na saúde da população e no

Sistema de Saúde do Distrito Federal. Por fim, são propostas medidas a serem adotadas no âmbito do processo legislativo para melhoria do monitoramento e da qualidade do ar.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Regulamentação da qualidade do ar no Brasil

O monitoramento da qualidade do ar no Brasil é regulamentado pelas seguintes normas:

- Lei federal nº 14.850, de 2 de maio de 2024, que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar – PNQA (Brasil, 2024);
- Resolução nº 5, de 15 de junho de 1989, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, que dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – Pronar (Conama, 1989);
- Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, do Conama, que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar (Conama, 2018);
- Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024, do Conama, que estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação (Conama, 2024).

O art. 7º da PNQA prevê que o monitoramento da qualidade do ar ficará sob a responsabilidade dos órgãos e instituições integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama, devendo os Estados e o Distrito Federal (§ 2º):

- I - coordenar e supervisionar as ações do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso (I/M) no âmbito do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), observado o disposto no art. 15 desta Lei;
- II - assegurar perante o MonitorAr a integração dos dados de medição cujo monitoramento seja de sua competência e jurisdição, observados os critérios e as diretrizes estabelecidos no Guia Técnico para o Monitoramento e a Avaliação da Qualidade do Ar;
- III - elaborar o Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar anualmente, que deve conter os dados de monitoramento, a evolução da qualidade do ar e o resumo executivo, de forma objetiva e didática, com informações redigidas em linguagem acessível, garantindo sua publicidade;**
- IV - divulgar os dados de monitoramento e as informações relacionados à gestão da qualidade do ar, em linguagem acessível, de acordo com o definido no Guia Técnico para o Monitoramento e a Avaliação da Qualidade do Ar; e
- V - seguir o Guia Técnico para o Monitoramento e a Avaliação da Qualidade do Ar atualizado. (grifo nosso).

O art. 10 da Resolução Conama nº 491/2018 prevê:

Art. 10. Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar, com base nos níveis de atenção, de alerta e de emergência, um Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar, a ser submetido à autoridade competente do estado ou do Distrito Federal, visando medidas preventivas com o objetivo de evitar graves e iminentes riscos à saúde da população, de acordo com os poluentes e concentrações, constantes no Anexo III.

Parágrafo único. O Plano mencionado no *caput* deverá indicar os responsáveis pela declaração dos diversos níveis de criticidade, devendo essa declaração ser divulgada em quaisquer dos meios de comunicação de massa. (Conama, 2018).

O Anexo I da Resolução Conama nº 506/2024 (Quadro 1) estabelece os atuais padrões nacionais de qualidade do ar.

Quadro 1. Anexo I da Resolução Conama nº 506/2024: Padrões de Qualidade do Ar

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado - MP2,5	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre - SO2	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO2	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
Ozônio - O3	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-		-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-		240	-
	Anual ⁴	-	-	-		80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-		0,5	-
1 - média aritmética anual							
2 - máxima média horária obtida no dia							
3 - máxima média móvel obtida no dia							
4 - média geométrica anual							
5 - medido nas partículas totais em suspensão							

Fonte: Conama (2024).

O chumbo – Pb no material particulado é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e a critério do órgão ambiental competente. Já as Partículas Totais em Suspensão – PTS e o Material Particulado em

Suspensão na Forma de Fumaça – FMC são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente.

Os padrões de qualidade do ar PI-1 vigoraram desde a entrada em vigência da norma (data de sua publicação) até 31 de dezembro de 2024. Os padrões PI-2 entraram em vigor em 1º de janeiro de 2025. Os padrões PI-3 entram em vigor em 1º de janeiro de 2033. Os padrões PI-4 entram em vigor em 1º de janeiro de 2044, sendo possível sua antecipação ou prorrogação. Já os padrões de qualidade do ar finais – PF entrarão em vigor em data a ser definida em resolução do Conama. Para os poluentes CO, PTS e Pb adotam-se os PF desde a entrada em vigor dessa resolução.

Conforme o art. 7º, § 2º, V, da PNQA (Brasil, 2024), o DF deve seguir o Guia Técnico para o Monitoramento e a Avaliação da Qualidade do Ar. O referido documento apresenta as regras para implantação e operação de redes de monitoramento e para a avaliação da qualidade do ar, com vistas à padronização da atividade, à obtenção de dados consistentes e à melhoria da qualidade do ar em nível nacional (Brasil, 2019).

Entre os padrões de monitoramento da qualidade do ar, está prevista a “representatividade espacial das estações”, que diz respeito à extensão da parcela de ar no entorno da estação de monitoramento que apresenta concentrações relativamente uniformes e similares às concentrações medidas na estação (Brasil, 2019). Essa representatividade define os critérios de localização das estações, a depender do objetivo do monitoramento.

As escalas de representatividade são áreas circulares definidas por um raio a partir da estação de monitoramento e cujas atividades ou fontes poluidoras são relativamente homogêneas, com as seguintes dimensões:

- microescala: até 100 metros;
- mesoescala (ou escala média): entre 100 e 500 metros;
- escala de bairro: entre 500 e 4.000 metros; e
- escala urbana: de 4 a 50 quilômetros.

Para cada objetivo de monitoramento e/ou fonte poluidora, adota-se uma escala apropriada (Quadro 2).

Quadro 2. Escala de alocação de monitores em relação ao objetivo do monitoramento

Objetivo de monitoramento	Escala apropriada
Concentrações mais altas	Microescala, para impacto de veículos ou fontes fixas difusas. Mesoescala ou bairro, para fontes fixas (chaminé). Bairro ou urbana, para o ozônio.
Efeitos gerais à população	Bairro, urbana.
Impacto de fontes fixas	Microescala, para fontes fixas difusas. Mesoescala ou bairro, para chaminés.
Concentração de fundo	Urbana.

Fonte: Brasil (2019, p. 18).

Quanto à frequência da amostragem, devem ser seguidas as seguintes:

- para monitores contínuos, devem ser coletadas médias horárias consecutivas;
- para amostradores manuais de material particulado, deve ser coletada pelo menos uma amostra de 24 horas a cada 6 dias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo adotou abordagem quali-quantitativa, de natureza descritiva e analítica, com o objetivo de avaliar o sistema de monitoramento da poluição atmosférica do Distrito Federal, sua conformidade com o arcabouço normativo ambiental vigente e os impactos associados ao meio ambiente, à saúde da população e ao sistema de saúde distrital. A estratégia metodológica foi estruturada em três eixos: (i) análise do sistema de monitoramento atmosférico; (ii) verificação do cumprimento das exigências legais e normativas; e (iii) avaliação dos impactos no meio ambiente e na saúde.

3.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o Distrito Federal, unidade federativa de caráter urbano-metropolitano, inserida no bioma Cerrado e caracterizada por clima tropical sazonal, com estação seca bem definida (IPEDF, 2020). O território apresenta elevada dependência do transporte individual motorizado, recorrência de queimadas durante o período seco e presença de fontes fixas

de emissão atmosférica em regiões específicas, condições que favorecem o acúmulo e a persistência de poluentes na atmosfera, especialmente nos meses de baixa umidade relativa do ar (Réquia Júnior; Roig, 2015; Distrito Federal, 2021).

3.2. Fontes de dados

Foram utilizados dados secundários provenientes de fontes oficiais e públicas. As informações relativas ao sistema de monitoramento atmosférico — incluindo número, tipologia e localização das estações, frequência de amostragem e parâmetros monitorados — foram obtidas a partir de relatórios institucionais e bases de dados do órgão ambiental do Distrito Federal.

Os dados normativos foram coletados a partir da legislação ambiental federal e distrital, bem como de resoluções e atos infralegais relacionados ao controle da poluição atmosférica e ao monitoramento ambiental. Para a análise dos impactos à saúde, utilizaram-se dados do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde – SIH/SUS, contemplando registros anuais de internações por doenças respiratórias e cardiovasculares, com atenção especial a grupos populacionais mais vulneráveis, como crianças menores de cinco anos e idosos.

Adicionalmente, foi realizada revisão da literatura técnico-científica nacional e internacional sobre poluição atmosférica, seus efeitos ambientais e repercussões na saúde humana.

3.3. Análise do Sistema de Monitoramento de Poluição do Ar e sua conformidade normativa

A avaliação do sistema de monitoramento atmosférico baseou-se em critérios técnicos estabelecidos em normas e guias nacionais, considerando: (i) a quantidade e o tipo das estações de monitoramento; (ii) o conjunto de poluentes monitorados; (iii) a frequência de amostragem; e (iv) a representatividade espacial da rede, em relação à densidade populacional, às principais fontes emissoras e às áreas reconhecidamente mais expostas à poluição. Foi realizada análise descritiva para a identificação de lacunas, limitações técnicas e inconsistências na distribuição espacial das estações.

A conformidade do Distrito Federal às normas ambientais vigentes foi avaliada por meio de análise comparativa entre as exigências legais e a situação operacional do sistema de

monitoramento. Foram examinados, entre outros aspectos, a existência e a divulgação de relatórios anuais de avaliação, a elaboração de planos de controle de emissões atmosféricas e a implementação de planos para episódios críticos de poluição do ar.

3.4. Avaliação dos impactos no meio ambiente e na saúde

Os impactos ambientais foram analisados de forma qualitativa, com base nos efeitos reconhecidos dos poluentes atmosféricos sobre ecossistemas, vegetação, solos, corpos hídricos e processos atmosféricos, conforme descrito na literatura científica. Os impactos na saúde foram avaliados a partir da análise temporal dos dados de internações hospitalares por doenças cardiorrespiratórias, articulada com evidências epidemiológicas que demonstram associações entre exposição à poluição atmosférica e desfechos adversos à saúde.

4. RESULTADOS

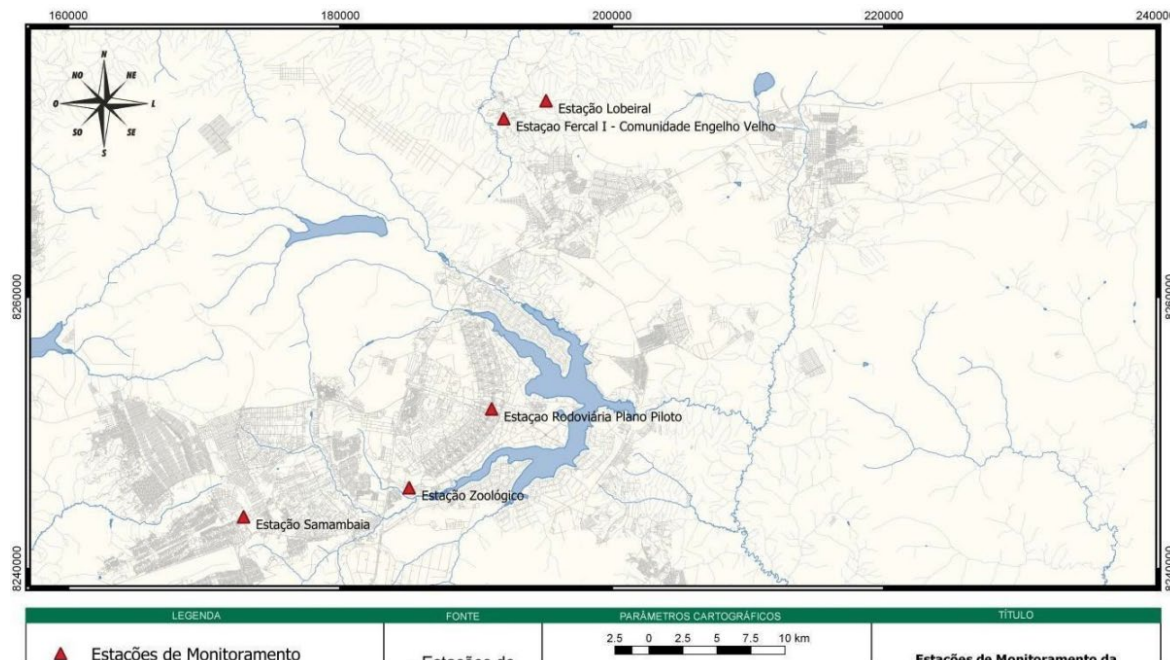
4.1. Adequação do sistema de monitoramento da qualidade do ar do Distrito Federal

O monitoramento da qualidade do ar no DF é realizado desde 2005, de maneira pontual, em locais considerados pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal – Ibram como prioritários em função da grande circulação de pessoas ou presença de fontes emissoras fixas, como fábricas de cimento e usinas de asfalto (Ibram, 2023).

De 2005 até 2023, o DF dispunha de cinco estações de monitoramento da qualidade do ar (Figura 1), consideradas pelo próprio Ibram como uma

[...] rede de monitoramento pequena e obsoleta, composta por [...] estações com equipamentos amostradores de grandes volumes manuais capazes de monitorar material particulado total (PTS) e material particulado inalável (MP10). [...] Esses equipamentos fornecem valor de média diária, ou seja, sem distinguir o horário de maior emissão; com amostragem de uma vez a cada seis dias, pois dessa forma todos os dias da semana serão contemplados com amostragem da qualidade do ar em algum momento (Ibram, 2023).

Figura 1. Pontos de monitoramento da qualidade do ar no DF pelo Instituto Brasília Ambiental entre 2005 e 2023



Fonte: Ibram (2023, p. 03).

Até o ano de 2016, as estações realizavam o monitoramento apenas de fumaça e material particulado total – PTS. Segundo o Relatório Anual de Monitoramento Fixo da Qualidade do Ar no Distrito Federal 2022 (Ibram, 2023):

O monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal ainda é muito precário pois, dentre os poluentes de monitoramento obrigatório (material particulado inalável MP_{10} , material particulado fino $MP_{2,5}$, ozônio, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre), **apenas o MP_{10} é monitorado e não em todos pontos de monitoramento, resultando no desconhecimento das condições de qualidade ambiental atmosféricas no território do Distrito Federal, sendo impossível a avaliação do comprometimento da atmosfera do Distrito Federal frente às inúmeras fontes de poluentes não licenciadas** (queimadas, automóveis, ressuspensão de poeiras, por exemplo).

[....]

Informa-se que **o Distrito Federal ainda não possui o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas e o Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018** mas que é expectativa do Brasília Ambiental o estabelecimentos *[sic]* desses planos para os próximos anos, junto ao aprimoramento da Reder *[sic]* de Monitoramento da Qualidade do Ar. (Ibram, 2023, grifo nosso).

Em janeiro de 2024, foram incorporadas duas novas estações: uma na Escola de Ensino Fundamental Queima Lençol e uma no Centro de Referência em Assistência Social da Fercal, ambas na Região Administrativa da Fercal (Ibram, 2024). Ambas são classificadas como estações

automáticas. Em fevereiro de 2024, foi incorporada estação manual localizada no Instituto Federal de Brasília – IFB, *Campus* Estrutural, monitorando apenas material particulado inalável (MP₁₀).

A Tabela 1 apresenta o quadro geral atual das oito estações que compõem a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar do Distrito Federal, apresentando nome, localização, tipo, frequência de monitoramento e parâmetros monitorados.

Tabela 1 - Quadro geral atual das estações que compõem a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar do Distrito Federal.

Nome	Localização	Tipo	Frequência de monitoramento	Parâmetros monitorados
Rodoviária do Plano Piloto	Plataforma inferior da Rodoviária do Plano Piloto	Manual	Média de seis dias	MP ₁₀
Jardim Zoológico de Brasília	Ao lado do estacionamento do Jardim Zoológico de Brasília, às margens da rodovia EPGU	Manual	Média de seis dias	MP ₁₀
IFB <i>Campus</i> Samambaia	IFB <i>Campus</i> Samambaia	Manual	Média de seis dias	MP ₁₀
IFB <i>Campus</i> Estrutural	IFB <i>Campus</i> Estrutural	Manual	Média de seis dias	MP ₁₀
Fercal Oeste		Manual	Média de seis dias	MP ₁₀ e MP _{2,5}
Fercal Boa Vista		Manual	Média de seis dias	MP ₁₀ e MP _{2,5}
Fercal Escola	Escola de Ensino Fundamental Queima Lençol	Automática	Médias diárias	MP ₁₀ e MP _{2,5}
Fercal Cras	Centro de Referência em Assistência Social da Fercal	Automática	Médias diárias	MP ₁₀ ; MP _{2,5} ; PTS; O ₃ ; CO; SO ₂

Fonte: elaboração dos autores com base em: Ibram (2024)

Ressalta-se que as quatro estações de monitoramento localizadas na Região Administrativa da Fercal – RA XXXI são de responsabilidade das empresas Votorantim Cimentos S/A e Ciplan Cimento Planalto S/A, em cumprimento de condicionante de licença ambiental. A instalação, operação e manutenção são de responsabilidade das referidas empresas, que repassam os resultados ao Ibram para acompanhamento e divulgação. Os relatórios disponíveis no sítio eletrônico do Ibram não deixam clara a localização das estações Fercal Boa Vista e Fercal Oeste.

Segundo o Inventário do Distrito Federal de Emissões de GEE (Distrito Federal, 2021), o setor de transportes rodoviários é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa, contribuindo com 55,22% das emissões totais de energia em 2018. Réquia Júnior e Roig (2015), ao analisarem a distribuição espacial da poluição veicular no DF, concluíram que as áreas mais poluídas por essa fonte de emissão eram: (i) a porção sul da rodovia Estrada Parque Indústria e Abastecimento – EPIA (DF-003); (ii) a porção leste da Estrada Parque Ceilândia – EPCL (DF-095), conhecida como via Estrutural; e (iii) a porção central da Estrada Parque Taguatinga Guará – EPTG (DF-085). Ressalta-se que não houve mudanças significativas na frota veicular no DF desde a publicação dos estudos citados, tampouco na malha viária, em termos de novas vias, tendo o esforço sido concentrado na expansão das existentes (Distrito Federal, 2022).

Quanto à adequação da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar do Distrito Federal, conforme já mencionado, o próprio Ibram a considerava pequena e obsoleta até 2023. A entrada em operação de mais três estações representa uma melhoria, porém insuficiente. Apenas uma das oito estações está aderente ao Anexo I da Resolução Conama nº 506/204, monitorando todos os poluentes atmosféricos. Quatro delas monitoram somente um poluente, e as outras três monitoram apenas dois.

Do ponto de vista da representatividade espacial, observa-se concentração das estações na região da Fercal e ausência de monitoramento nas áreas mais populosas do DF. A presença de quatro estações na RA XXXI se justifica em razão das fontes fixas de poluentes ali instaladas. Entretanto há lacunas espaciais no monitoramento de regiões sabidamente poluídas, como a porção sul da EPIA, a porção leste da EPCL e a porção central da EPTG.

É de se ressaltar, também, a dificuldade de obtenção de informações confiáveis quanto à rede de monitoramento de qualidade do ar do Distrito Federal, a seguir:

- não foi encontrado o Relatório de Monitoramento Fixo da Qualidade do Ar no Distrito Federal 2023;
- há inconsistências de nomes e localizações das estações de monitoramento situadas na Fercal entre os relatórios divulgados pelo Ibram;
- os relatórios disponíveis não descrevem as características das estações conforme previsto no item 7.1 do Guia de Monitoramento de Avaliação da Qualidade do Ar (Brasil, 2019);
- a documentação fornecida pelo Ibram em seu sítio eletrônico é esparsa, resultando em informações divergentes entre si, carecendo-se de consolidação e atualização.

Conforme já informado, o monitoramento da qualidade do ar no Brasil é regulamentado pelas seguintes normas: PNQA; e Resoluções Conama nº 5/1989, nº 491/2018 e nº 506/2024. Ocorre que a Lei nº 14.850/2024 e a Resolução Conama nº 506/2024 são recentíssimas no ordenamento jurídico, inclusive havendo cláusulas de vigência posteriores à publicação desses normativos. Até 1º de maio de 2024, a qualidade do ar era primordialmente regulamentada pela Resolução Conama nº 491/2018.

Assim, considerando a recenticidade das alterações legislativas e infralegais, é necessário, além de verificar se o DF cumpre as normas vigentes sobre qualidade do ar, avaliar se a rede de monitoramento era aderente à Resolução Conama nº 491/2018 durante sua vigência. O Anexo I desse normativo (Quadro 3) estabelecia os seguintes padrões nacionais de qualidade do ar.

Quadro 3. Anexo I da Resolução Conama nº 491/2018: Padrões de qualidade do ar.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-
¹ - média aritmética anual						
² - média horária						
³ - máxima média móvel obtida no dia						
⁴ - média geométrica anual						
⁵ - medido nas partículas totais em suspensão						

Fonte: Conama (2018).

Observa-se que os poluentes atmosféricos monitorados são os mesmos previstos na Resolução Conama nº 506/2024. Foram alterados apenas os padrões intermediários – PIs, sendo o PI-1 vigente a partir da publicação da resolução e o avanço em direção aos demais padrões intermediários seriam adotados de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente (art. 4º, § 3º) (Conama, 2024).

Essa norma também previa a elaboração de um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas em até três anos da publicação da resolução de 2018, ou seja, até novembro de 2021, o qual deveria conter (art. 5º, § 2º):

- I- abrangência geográfica e regiões a serem priorizadas;
 - II - identificação das principais fontes de emissão e respectivos poluentes atmosféricos; e
 - III - diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação.
- (Conama, 2018).

Além disso, havia a exigência de publicação anual do Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar, com o seguinte conteúdo mínimo (Anexo II):

1. Descrição das características da região do estado e do Distrito Federal:
 - a) Condições Meteorológicas
 - b) Uso e ocupação do solo
 - c) Outras características consideradas relevantes
2. Descrição da rede de monitoramento
3. Poluentes Atmosféricos monitorados
4. Redes de Monitoramento
5. Tipos de Rede e Parâmetros Monitorados
 - a) Rede Automática
 - b) Rede Manual
6. Metodologia de Monitoramento
7. Metodologia de Tratamento dos Dados
8. Representatividade de Dados
 - a) Rede Automática
 - b) Rede Manual
9. Representatividade espacial das estações
10. Descrição das fontes de poluição do ar
11. Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias
12. Apresentação dos resultados quanto aos poluentes
13. Medidas de gestão implementadas
14. Referências legais e bibliográficas

Assim como a legislação atual, a Resolução Conama nº 491/2018 era silente em relação à definição de critérios espaciais ou demográficos no dimensionamento da rede de monitoramento de qualidade do ar.

Segundo o Relatório Anual de Monitoramento Fixo da Qualidade do Ar no Distrito Federal 2022 (Ibiam, 2023), a rede de monitoramento do DF era composta de apenas cinco estações, das quais duas monitoravam somente PTS e três monitoravam PTS e MP₁₀. Ressalte-se que não foi divulgado o relatório anual referente ao ano de 2023; porém, a partir do relatório mensal de janeiro de 2024, infere-se que a rede de monitoramento ficou inalterada até dezembro de 2023.

Portanto a rede de monitoramento da qualidade do ar não atendeu à legislação vigente quanto aos seguintes critérios:

- poluentes atmosféricos a serem monitorados desde 2018 (Anexos das Resoluções Conama nº 491/2018 e nº 506/2024), independentemente da mudança de legislação;
- não publicação do Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar do ano de 2023 (art. 6º da Resolução Conama nº 491/2018);

- não elaboração do Plano de Controle de Emissões Atmosféricas (art. 5º da Resolução Conama nº 491/2018); e
- não elaboração do Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar (art. 10 da Resolução Conama nº 491/2018). Ressalte-se que esse artigo ainda está vigente, permanecendo o descumprimento.

4.2. Impactos da baixa qualidade do ar no meio ambiente

A baixa qualidade do ar gera diversos impactos negativos nos ecossistemas, na biodiversidade, na saúde dos seres vivos e nos sistemas globais de regulação termoclimáticos, levando a uma degradação dos recursos naturais e dificultando a resiliência do meio ambiente frente às mudanças climáticas e pressões antrópicas (Matos, 2013).

Considerando o escopo deste trabalho, apresentam-se a seguir os principais impactos ambientais causados pelos poluentes atmosféricos listados no Anexo I da Resolução Conama nº 506/2024, a partir de revisão da literatura técnico-científica sobre o tema.

4.2.1. Material Particulado (MP₁₀)

Trata-se de partículas inaláveis com diâmetro aerodinâmico de até 10 micrômetros – μm , que podem ser sólidas ou líquidas, suspensas no ar, formadas por uma mistura de poluentes, incluindo poeira, fumaça, fuligem e outros materiais. Suas principais fontes são processos industriais, emissões de veículos, queima de combustíveis fósseis e atividades de construção civil. Sua presença no ar diminui a visibilidade e a disponibilidade de luz, o que reduz a fotossíntese, afeta a temperatura e a precipitação, podendo alterar o comportamento de insetos polinizadores, essenciais para a reprodução de diversas espécies da flora (Freitas; Solci, 2009).

Na vegetação, a deposição de material particulado nas folhas pode reduzir a eficiência da fotossíntese, bloqueando a absorção de luz e de dióxido de carbono – CO_2 . O MP₁₀ também pode conter metais pesados, que têm potencial de contaminar o solo, causar sua acidificação e serem absorvidos pelas plantas (Heerdt *et. al.*, 2023).

4.2.2. Material Particulado (MP_{2,5})

Trata-se de partículas muito finas com diâmetro aerodinâmico de até 2,5 micrômetros – μm , cujas principais fontes incluem a queima de combustíveis fósseis, processos industriais, queimadas e até atividades domésticas (Matos, 2013).

Esse poluente apresenta risco maior em relação ao MP₁₀, pois sua dimensão permite que as partículas permaneçam suspensas por mais tempo no ar e se dispersem amplamente. Essa característica também favorece a penetração nos tecidos das plantas, obstruindo as trocas gasosas e causando estresse oxidativo. No solo, afeta a qualidade de nutrientes e da água disponíveis para as plantas e altera a composição da microbiota, culminando em alteração da fertilidade do solo no longo prazo (Li *et al.*, 2015).

Em corpos d'água podem alterar o pH e a composição química, o que afeta peixes e plantas aquáticas. A presença de metais pesados nesse poluente faz com que eles se acumulem em concentrações cada vez maiores à medida que se avança no nível trófico da cadeia alimentar.

Na atmosfera as partículas de MP_{2,5} são nucleadoras de nuvens, podendo modificar o processo de formação de gotas de chuva, culminando em precipitações ácidas. Também alteram a quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre, modificando microclimas.

Já na fauna, a exposição a esse poluente pode causar problemas respiratórios, inflamação e doenças cardiovasculares semelhantes às observadas em humanos. Em polinizadores, pode alterar seus padrões de voo, prejudicar sua comunicação e causar toxicidade direta, ameaçando os processos de polinização (Fischer *et al.*, 2022).

4.2.3. Dióxido de enxofre – SO₂

Trata-se de um gás incolor com forte odor pungente, muito irritante quando em contato com superfícies úmidas. Suas principais fontes antrópicas incluem atividades industriais que processam materiais contendo enxofre, como a fabricação de fertilizantes, a fundição de alumínio e aço, a produção de ácido sulfúrico e papel, bem como as termelétricas, além da queima de combustíveis fósseis, principalmente no caso de veículos pesados e geradores de energia (Cetesb, 2024).

Assim como o $MP_{2,5}$, as partículas desse poluente podem ser transportadas por longas distâncias, afetando regiões distantes da fonte de emissão. Nas proximidades das fontes de emissão reduz a visibilidade pela formação de névoa.

O SO_2 reage facilmente com a água, formando ácido sulfúrico, que se precipita na forma de chuva ácida, o que resulta na redução do pH do solo e, conseqüentemente, da disponibilidade de nutrientes e aumenta a liberação de metais pesados tóxicos às plantas, ocasionando necrose de tecidos e afetando seu crescimento e a produtividade em culturas agrícolas (Likus-Cieslik; Pietrzykowski, 2021).

Em ecossistemas aquáticos, peixes e invertebrados são particularmente vulneráveis à acidificação, o que leva a uma perda de biodiversidade nesses ambientes (Eerden; Duym, 1988).

4.2.4. Dióxido de nitrogênio – NO_2

Trata-se de um gás tóxico, de cor castanha e odor forte, formado principalmente pela queima de combustíveis fósseis em veículos, usinas termelétricas e processos industriais. Semelhantemente ao SO_2 , o NO_2 reage com a água presente na atmosfera, formando ácido nítrico, que se precipita na forma de chuva ácida. Essa, por sua vez, causa acidificação de corpos hídricos e solos, cujas conseqüências foram mencionadas no tópico anterior (Likus-Cieslik; Pietrzykowski, 2021).

Além disso, a presença excessiva de nitrogênio na água favorece o processo de eutrofização, caracterizado pelo aumento de nutrientes na água, resultando em proliferação descontrolada de algas e plantas aquáticas, com subsequente decomposição dessas plantas, consumindo-se boa parte do oxigênio disponível. Esse processo pode culminar na mortalidade de peixes e outras formas de vida aquática, reduzindo a biodiversidade e afetando o equilíbrio dos ecossistemas (Hambricht *et al.*, 2007).

O NO_2 também pode ser absorvido diretamente pelas folhas das plantas, causando danos celulares que se manifestam como necrose e manchas nas folhas, o que compromete sua capacidade de fotossíntese e de crescimento. Em plantas agricultáveis, isso pode reduzir a produtividade bem como aumentar sua suscetibilidade ao ataque de patógenos (Sheng; Zhu, 2018).

Na atmosfera o NO_2 é precursor da formação de ozônio na troposfera. Esse gás tem a capacidade de danificar as folhas de plantas, além de intensificar efeitos de ilhas de calor em cidades. Também contribui para a formação de névoa e neblina em áreas urbanas e industriais, reduzindo a visibilidade e alterando as condições de luz nos ecossistemas locais (Ngarambe *et al.*, 2021).

Na fauna, assim como em humanos, esse poluente é um gás irritante que pode causar problemas respiratórios, inflamações, infecções e doenças pulmonares, especialmente em mamíferos e aves. Também interfere no comportamento e na comunicação de polinizadores, como abelhas e borboletas, devido à alteração do aroma das flores e ao estresse químico causado pelo gás (Chlebnikovas *et al.*, 2023).

4.2.5. Ozônio – O_3

Trata-se de um gás formado naturalmente na estratosfera, altamente reativo, com grande poder oxidante e desinfetante. Apesar de ser um gás benéfico na estratosfera, é considerado um poluente no nível da troposfera, podendo ser transportado a longas distâncias pelo vento, afetando áreas remotas.

Em plantas, o O_3 causa estresse oxidativo, prejudicando a fotossíntese, reduzindo o crescimento de várias espécies, a produtividade em cultivares agrícolas e a capacidade de absorção de dióxido de carbono – CO_2 , o que gera interferências no equilíbrio climático do planeta, bem como aumenta a suscetibilidade de ataques de patógenos (Sheng; Zhu, 2018).

No nível troposférico, o ozônio é um potente gás de efeito estufa – GEE, aumentando a retenção de calor na superfície e intensificando as mudanças climáticas globais. A retenção de calor causada por esse poluente também pode ser sentida em âmbito local, pela formação de ilhas de calor. Esse gás também é um dos principais componentes do *smog* fotoquímico, uma névoa densa formada em áreas urbanas e industriais, especialmente em dias quentes e ensolarados, afetando a visibilidade e alterando as condições atmosféricas locais (Ngarambe *et al.*, 2021).

4.2.6. Monóxido de carbono – CO

Trata-se de um gás incolor, inodoro e altamente tóxico, resultante, principalmente, da queima incompleta de combustíveis fósseis. Seus efeitos ambientais estão relacionados a alterações na qualidade do ar, impactos indiretos na saúde dos ecossistemas e contribuições para mudanças climáticas.

As interações entre CO e outros gases na atmosfera levam a um aumento da concentração de O₃ troposférico, causando os efeitos apresentados no tópico anterior. Além disso, o monóxido de carbono prolonga a permanência de metano – CH₄ na atmosfera, o qual possui um potencial de aquecimento global oitenta vezes maior do que o CO₂. Sua alta toxicidade também pode causar uma série de consequências na saúde respiratória da fauna (IPCC, 2023).

4.2.7. Partículas Totais em Suspensão – PTS

Trata-se de uma mistura de partículas sólidas e líquidas presentes na atmosfera que podem ter tamanhos variados, geralmente acima de 10 micrômetros – µm. Incluem poeira, fuligem, cinzas, entre outros compostos, e provêm de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, a indústria, a construção civil, bem como de fontes naturais, como a poeira do solo.

A presença de PTS na atmosfera interfere na passagem da luz solar, formando uma névoa densa que reduz a visibilidade em áreas urbanas e rurais e pode alterar tanto o aquecimento quanto o resfriamento desses espaços. Elas também servem como núcleos de condensação de nuvens, alterando sua quantidade e forma, e podem interferir nos padrões de chuva e na distribuição de precipitações em escala regional (Machado *et al.*, 2019).

As partículas em suspensão podem se depositar sobre a vegetação, reduzindo a incidência de luz solar e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética, além de promoverem a absorção de substâncias tóxicas capazes de ocasionar necrose e queda na produtividade agrícola (Freitas; Solci, 2009). Nos ambientes aquático e edáfico, sua inalação ou ingestão pela fauna pode desencadear processos de bioacumulação, afetar a fertilidade do solo, provocar agravos respiratórios e comprometer o equilíbrio das cadeias tróficas (Fischer *et al.*, 2022).

Em ecossistemas aquáticos, o acúmulo de partículas em suspensão reduz a transparência da água, diminuindo a penetração da luz solar. Isso afeta a fotossíntese de plantas aquáticas e algas, que são fundamentais para a produção de oxigênio e constituem a base das cadeias alimentares aquáticas (Jensen, 2009).

4.3. Impactos da baixa qualidade do ar na saúde da população e no Sistema de Saúde distrital

A baixa qualidade do ar representa atualmente o principal risco ambiental à saúde humana. Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, em 2019, 99% da população mundial vivia em locais onde não eram atendidos os níveis de qualidade do ar preconizados pela instituição (WHO, 2024a).

Tal situação desencadeia diversos prejuízos aos indivíduos e às comunidades, o que gera impacto negativo no bem-estar físico, psíquico e social das pessoas. No mundo, os efeitos combinados da poluição do ar ambiente e da poluição do ar doméstico estão associados a 6,7 milhões de mortes prematuras anualmente (WHO, 2024b). Ainda mais grave é o fato de que cerca de 90% delas ocorrem em países em desenvolvimento, como o Brasil (Behera; Viswanathan; Mishra, 2024).

A poluição atmosférica e a baixa qualidade do ar estão associadas a um aumento de doenças, internações hospitalares e mortes, em especial por enfermidades respiratórias e cardiovasculares, além de cânceres e alterações gestacionais e neonatais, como restrição do crescimento intrauterino e malformações congênitas.

No Brasil, desde 2001, em conformidade com os princípios do Sistema Único de Saúde – SUS, o Ministério da Saúde – MS, em articulação com o setor ambiental, desenvolve ações de Vigilância em Saúde Ambiental e Qualidade do Ar – Vigiar, na perspectiva da promoção da saúde da população. O Vigiar é um programa que identifica e prioriza áreas em que atividades econômicas ou sociais expõem mais a população aos poluentes do ar.

Nessa concepção, dada a importância da relação entre saúde e meio ambiente, em junho de 2024 lançou-se o Painel Vigiar: Poluição Atmosférica e Saúde Humana, ferramenta capaz de identificar áreas onde ocorre maior exposição a material particulado fino e seus impactos na saúde

humana. O objetivo do Painel Vigiar é apoiar a formulação de políticas públicas e ações de saúde ambiental, além de melhorar a qualidade das informações e fortalecer a vigilância em saúde no Brasil. A partir dos dados produzidos, o Painel Vigiar mostra uma estimativa de 326.478 mortes entre 2019 e 2021 associadas à poluição do ar no Brasil (Brasil, 2024).

O Painel Vigiar e outras ações da área vêm ao encontro da Lei federal nº 14.850, de 2 de maio de 2024, que instituiu a Política Nacional de Qualidade do Ar, tendo entre seus objetivos “assegurar a preservação da saúde pública, do bem-estar e da qualidade ambiental para as presentes e futuras gerações” (art. 4º, I) (Brasil, 2024).

Quanto à produção científica nacional sobre o tema, os estudos – em sua maioria realizados em São Paulo e Rio de Janeiro – confirmam os dados encontrados em outras grandes cidades no mundo: registramos nacionalmente correlação entre mais adoecimento e morte prematura, de um lado, e baixa qualidade do ar, de outro (Rangel; Tomé, 2022; Freitas *et al.*, 2013).

Brasília, a terceira maior metrópole do país, enfrenta algumas condições que favorecem a poluição do ar. O clima seco, predominante ao longo de vários meses do ano, facilita o acúmulo de partículas e dificulta a dispersão de poluentes. Além disso, durante a estação seca, é comum haver queimadas no Cerrado, cuja fumaça carrega diversas substâncias nocivas, como material particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}), monóxido de carbono – CO e dióxido de enxofre – SO₂, que se acumulam no ar da capital.

Também é grande a frota de veículos no Distrito Federal, com predomínio do transporte individual em detrimento do transporte coletivo, o que resulta em uma maior emissão de MP e óxidos de nitrogênio – NO_x (NO e NO₂).

Ademais, o crescimento contínuo e a expansão do DF e do Entorno desdobram-se em muitas obras, que geram material particulado e agravam a poluição do ar, especialmente durante a estação seca, quando os poluentes tendem a ficar suspensos por mais tempo. Vale ressaltar que a topografia da capital federal, predominantemente plana, limita a dispersão dos poluentes.

A soma desses fatores faz do Distrito Federal um local com características que colocam sua população em risco de desenvolver problemas de saúde correlacionados à baixa qualidade do ar. Réquia Júnior e Abreu (2011) concluíram que, no DF, há uma conexão entre o aumento da poluição atmosférica e o aumento do número de óbitos e internações hospitalares de crianças e idosos

causadas por doenças respiratórias. A correlação estatística, apesar das dificuldades metodológicas de isolar outras variáveis, demonstra que medidas ambientais que melhorem a qualidade do ar na capital federal podem aprimorar o estado de saúde dos indivíduos, além de aumentar sua expectativa de vida.

No âmbito distrital, a Vigilância de População Exposta a Poluentes Atmosféricos – Vigiar/DF, que tem o objetivo de informar a população sobre os riscos decorrentes da poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana, retomou a publicação de Boletins Informativos – BIs em agosto de 2024. Os BIs foram emitidos de 2014 a 2016 e voltaram a ser divulgados apenas recentemente, consoante a Política Nacional de Qualidade do Ar, de 2024.

O BI Vigiar/DF de 28 de setembro de 2024 apresenta análise sobre a qualidade do ar por poluentes, mostrando diversas áreas nas categorias “moderada” ou “ruim”. Ademais, traz recomendações relacionadas à exposição ao calor e às condições climáticas/ambientais decorrentes das queimadas, mencionando inclusive a campanha do Ministério da Saúde “Se tem fumaça, tem que ter cuidado”, que visa a alertar sobre os prejuízos associados à inalação de fumaça.

Em linhas gerais, a poluição do ar pode acarretar diversos problemas à saúde humana: é fator de risco para a mortalidade por todas as causas, bem como para doenças específicas, em especial acidente vascular cerebral – AVC, doença cardíaca isquêmica (como infarto agudo do miocárdio), doença pulmonar obstrutiva crônica – DPOC, câncer de pulmão e pneumonia.

A depender do poluente, há distintas repercussões no organismo, e sintomas específicos podem desenvolver-se. As principais substâncias listadas no Anexo I da Resolução Conama nº 506/2024 e seus efeitos na saúde estão sintetizados no Quadro 4.

Quadro 4. Poluentes e seus efeitos na saúde humana.

Poluente	Efeitos em saúde
Material Particulado – MP ₁₀ e MP _{2,5}	Exposição a curto e longo prazo: desenvolvimento de doenças respiratórias, cardiovasculares – como infarto agudo do miocárdio – e cerebrovasculares – como acidente vascular cerebral. Exposição a longo prazo: câncer de pulmão e problemas perinatais.

Monóxido de Carbono – CO	Dificuldade para respirar, exaustão, tontura e outros sintomas semelhantes aos da gripe. Exposição a altas concentrações de CO pode ser letal.
Ozônio – O ₃	Dificuldade para respirar, diminuição da capacidade pulmonar, irritação de mucosas dos olhos e das vias respiratórias, agravamento de asma e/ou bronquite.
Óxidos de Nitrogênio – NO _x	Irritação da mucosa das vias aéreas, agravamento de doenças respiratórias preexistentes. Exposição a altas concentrações de NO _x pode gerar edema agudo de pulmão.
Óxidos de Enxofre – SO _x	Irritação de mucosas, em especial a respiratória, tosse e falta de ar, agravamento de doenças respiratórias preexistentes.
Componentes Orgânicos Voláteis – COV	Tontura, vertigem, desmaio, confusão mental e comprometimento da coordenação motora.

Fonte: elaboração dos autores com base em: WHO (2024b) e Brasil (2024).

Com relação à avaliação de indicadores que correlacionem o impacto da poluição do ar e a saúde dos indivíduos, há pequenas variações entre quais parâmetros ou variáveis devem ser utilizados. De maneira geral, os cálculos (complexos) envolvem dados meteorológicos e de poluição, além de informações de saúde, como, por exemplo, o número diário de internações por doenças respiratórias totais, o número diário de internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos e o número diário de internações por doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos (Freitas *et al.*, 2013).

A obtenção de dados de internações hospitalares a partir do Sistema de Informações Hospitalares – SIH pode ser feita na plataforma virtual do Departamento de Informação e Informática do SUS – Datasus, que disponibiliza informações que podem servir para subsidiar análises objetivas da situação sanitária, tomadas de decisão baseadas em evidências e a elaboração de programas de ações de saúde.

A situação do DF, em termos de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório ou cardiovasculares, de 2008 a 2023, são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório ou cardiovasculares, no Distrito Federal, por ano.

no	Internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório	Internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório em crianças menores de 5 anos	Internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório
008	17.540	7.681	15.146
009	18.293	7.404	16.018
010	17.155	6.535	16.820
011	17.112	5.884	17.075
012	18.158	6.757	15.954
013	17.058	6.803	16.153
014	15.013	5.868	14.895
015	13.752	6.222	14.111
016	14.047	5.695	15.506
017	15.758	6.727	15.404
018	15.926	6.983	16.276
019	19.486	9.329	18.747

020	11.471	3.015	15.919
021	14.443	7.256	16.757
022	20.554	10.774	16.718
023	22.487	12.136	17.095

Fonte: elaboração dos autores com base em: Brasil ([2024?])⁴.

Pela análise do Quadro 5, de maneira geral, observa-se que apenas o número de internações decorrentes de doenças cardiorrespiratórias não se configura como um parâmetro que reflita os impactos da poluição na saúde humana. É notável a necessidade de indicadores que correlacionem as variáveis qualidade do ar e saúde.

No entanto, o DF ainda não dispõe de dados específicos que analisem os impactos da poluição sobre o número de internações e mortes prematuras. Tais índices podem ser sistematizados a partir de fórmulas já operacionalizadas no Brasil e no mundo, a exemplo do trabalho de Freitas *et al.* (2013) — que recomenda determinados indicadores de impacto da poluição do ar na saúde para fins de vigilância — ou mesmo das proposições da OMS para essa avaliação (WHO, 2024a).

Apesar de não haver indicadores específicos para a realidade do Distrito Federal, já se sabe que a exposição aos diversos poluentes citados, a curto ou longo prazo, está associada ao aumento de atendimentos em serviços de saúde, assim como ao de hospitalizações por doenças cardiorrespiratórias — como redução da capacidade pulmonar, exacerbação de sintomas respiratórios, infarto, acidente vascular encefálico e câncer de pulmão —, à mortalidade geral e por causas específicas, ao absenteísmo escolar, aos índices de baixo peso ao nascer, às incidências de

⁴ Na página consultada (Brasil, [2024?]), foi selecionada a opção “Geral, por local de Internação - a partir de 2008”. No campo Abrangência Geográfica, foi selecionado o Distrito Federal. Em seguida, os filtros aplicados foram: LINHA: Ano de atendimento (não é ano de processamento); PERÍODOS DISPONÍVEIS: Todos selecionados; UNIDADE DA FEDERAÇÃO: Distrito Federal; CAPÍTULO CID-10: “IX. Doenças do aparelho circulatório” e “X. Doenças do aparelho respiratório”. Para os dados das internações de menores de 5 anos, adicionar o filtro FAIXA ETÁRIA 1: “Menor de 1 ano” + “1 a 4 anos”.

malformações congênitas e de morte intrauterina e a prejuízos às funções reprodutivas, endócrinas e metabólicas (Brasil, 2021).

Estima-se que a poluição do ar tenha sido responsável, em 2016, por aproximadamente 58% das mortes prematuras por doenças cardíacas e infarto agudo do miocárdio ocorridas no mundo; por 18% das mortes por doença pulmonar obstrutiva crônica – DPOC ou infecção respiratória aguda baixa; e por 6% das mortes por câncer de pulmão (WHO, 2016).

Considerando-se as robustas evidências científicas, reconhecidas em âmbito global e nacional, de que a exposição ao ar com baixos níveis de qualidade acarreta maior sobrecarga dos sistemas de saúde, bem como o fato de que a qualidade do ar no DF, especialmente nos meses de seca, fica abaixo dos padrões mínimos estabelecidos, é possível inferir que a exposição a poluentes fragiliza a saúde de indivíduos e comunidades e implica maior volume de atendimentos e custos financeiros ao SUS no âmbito distrital.

5. DISCUSSÕES E SUGESTÕES NO ÂMBITO DO PROCESSO LEGISLATIVO

Há diversas possibilidades de iniciativas, inclusive a adoção de medidas pelo Poder Público, para diminuir os problemas de saúde decorrentes da contaminação do ar. Para isso, além das ações articuladas entre o setor da saúde e os demais setores envolvidos, é possível que o SUS adote condutas voltadas para a prevenção dos riscos e para a promoção e atenção integral à saúde da população. Nesse sentido, podem-se recomendar as seguintes iniciativas para enfrentar os efeitos da poluição do ar na saúde dos moradores do DF:

- fortalecer o Vigiante/DF com dotação orçamentária e lotação de profissionais qualificados para aprimoramento da vigilância em saúde de populações expostas à poluição atmosférica, a exemplo do cálculo de indicadores para avaliação e monitoramento dos problemas de saúde relacionados aos poluentes ambientais;
- capacitar profissionais de saúde para atenção integral à saúde de populações expostas à poluição atmosférica, em todos os níveis de atenção, com ênfase na Atenção Primária à Saúde – APS;
- qualificar a notificação dos agravos e fortalecer a análise de dados para subsidiar a tomada de decisão pela Secretaria de Estado de Saúde do DF – SES/DF;

- divulgar material informativo sobre saúde humana e poluição atmosférica, bem como aprimorar os Boletins Informativos do Vigiante/DF;
- realizar campanhas de prevenção e conscientização sobre poluição do ar e saúde humana, de acordo com as necessidades específicas das comunidades, inclusive com relação às peculiaridades geográficas locais e à sazonalidade;
- promover a articulação da SES/DF com os demais setores relacionados à temática, como a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do DF – Sema/DF e o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do DF (Brasília Ambiental), para o fortalecimento de ações integradas relacionadas à qualidade do ar e à saúde; e
- apoiar o desenvolvimento de estudos e pesquisas relacionados à qualidade do ar e à saúde, por meio de editais de fomento da Fundação de Apoio à Pesquisa do DF – FAP/DF, por exemplo.

Cabe reconhecer que algumas dessas medidas podem ser conduzidas no âmbito do processo legislativo.

O art. 23 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) estabelece como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, entre outras, cuidar da saúde e assistência pública, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. Já o art. 24 da Carta Magna aponta como competência concorrente à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar sobre proteção do meio ambiente e controle da poluição.

O art. 69 da Lei Orgânica do Distrito Federal (Distrito Federal, 1993) dispõe que o processo legislativo compreende a elaboração de:

- I - emendas à Lei Orgânica;
- II - leis complementares;
- III - leis ordinárias;
- IV - decretos legislativos;
- V - resoluções.

Já a Lei Complementar nº 13, de 3 de setembro de 1996, define o processo legislativo como o conjunto de atos preordenados visando à formação das leis, em sentido amplo, mediante a colaboração entre os Poderes do Distrito Federal (art. 2º) (Distrito Federal, 1996).

Nesse sentido, sugerem-se as seguintes medidas no âmbito do processo legislativo:

- Projeto de Lei que regulamente o art. 279, VI, da Lei Orgânica do Distrito Federal, para, entre outras medidas, obrigar os novos empreendimentos emissores de poluentes atmosféricos a instalar e manter sistema de monitoramento de qualidade do ar e integrá-lo ao sistema distrital de qualidade do ar, devendo essa obrigação estender-se aos empreendimentos já implantados, quando da renovação de suas respectivas licenças ambientais;
- Projeto de Lei para alterar a Lei nº 6.269, de 29 de janeiro de 2019, que instituiu o Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal – ZEE-DF, para incluir entre o rol de mapas descritos no art. 2º um mapa de risco ecológico de contaminação do ar, bem como incluir esse mapa na avaliação de emissões de licenças prevista no art. 35 dessa Lei;
- Projeto de Lei para alterar a Lei nº 4.797, de 6 de março de 2012, que estabeleceu princípios, diretrizes, objetivos, metas e estratégias para a Política de Mudança Climática no âmbito do Distrito Federal, para incluir no rol do art. 6º o aprimoramento do monitoramento da qualidade do ar, de forma a garantir que todo o território do DF seja monitorado; e
- Projeto de Lei para criar a Política Distrital de Qualidade do Ar, em moldes semelhantes à Lei federal nº 14.850, de 2 de maio de 2024, que instituiu a Política Nacional de Qualidade do Ar, adequando-se à realidade do DF.

Ressalte-se que a atuação parlamentar não se limita às sugestões descritas neste estudo. Considerando a temática em análise, além de atuar no processo legislativo *stricto sensu*, pode o parlamentar propor outras medidas no âmbito de sua competência, tais como:

- Indicação à Secretaria de Estado de Meio Ambiente – Sema para incluir no Sistema Distrital de Informações Ambientais – Sisdia dados sobre qualidade do ar e fontes emissoras de poluição atmosférica;
- Indicação ao Ibram para expandir a Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar, buscando melhor distribuição espacial e considerando as densidades demográficas do DF;
- Indicação à Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal – SES/DF para fortalecer a Vigilância em Saúde Ambiental e Qualidade do Ar do DF – Vigiar/DF com dotação orçamentária e lotação de profissionais qualificados para aprimoramento da vigilância em saúde de populações expostas à poluição atmosférica, a exemplo do cálculo de indicadores

para avaliação e monitoramento dos problemas de saúde relacionados aos poluentes ambientais;

- Indicação à Sema/DF e à SES/DF para realizarem campanhas de prevenção e conscientização sobre poluição do ar e saúde humana, de acordo com a sazonalidade e as peculiaridades geográficas locais;
- Indicação à SES/DF para realizar capacitação dos profissionais de saúde para atenção integral à saúde de populações expostas à poluição atmosférica, em todos os níveis de atenção, com ênfase na atenção primária à saúde – APS; e
- Indicação à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Distrito Federal – Secti/DF e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal – FAP/DF para apoiar o desenvolvimento de estudos e pesquisas relacionados à qualidade do ar e à saúde, por meio de editais de fomento, por exemplo.

6. CONCLUSÕES

A análise do monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal revela uma rede insuficiente e parcialmente obsoleta, incapaz de oferecer visão abrangente sobre as condições atmosféricas, principalmente nas regiões mais populosas e sujeitas a maior poluição veicular. Apesar da ampliação recente, ainda há uma concentração de estações em áreas com fontes industriais e ausência em áreas de grande circulação, o que compromete a representatividade espacial exigida para uma avaliação precisa. Para atender às exigências da Política Nacional de Qualidade do Ar e às resoluções do Conama, o Distrito Federal necessita não só de ampliação quantitativa da rede, mas também de padronização e atualização dos equipamentos, além da criação de planos para controle de emissões e episódios críticos. A consolidação das informações e a transparência na divulgação de dados são aspectos fundamentais para permitir gestão efetiva e promover políticas que assegurem a qualidade ambiental e a saúde pública na região.

O não atendimento das exigências da PNQA pode agravar os efeitos da poluição atmosférica no meio ambiente, na saúde da população e no sistema de saúde. Ressalta-se que os relatórios mensais de qualidade do ar de agosto e setembro/2024 apresentaram parâmetros de qualidade do ar ruim, muito ruim e péssimo em determinadas estações e datas.

As medidas indicadas neste trabalho, além de visar a garantir que o DF atenda aos requisitos legais e infralegais quanto ao monitoramento da qualidade do ar, têm o potencial de contribuir para a preservação ambiental, a redução de emissões gasosas e a melhoria da saúde e qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

BEHERA, Deepak. Kumar; VISWANATHAN, Pozhamkandath Karthiayani; MISHRA, Sanghamitra. Effects of air pollution on global health: evidence from the global burden of disease study in the BRICS countries. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 97, p. 813–832, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-024-02087-7>. Acesso em: 10 abr. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 abr. 2026.

BRASIL. **Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024**. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Brasília: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14850.htm. Acesso em: 10 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informação e Informática do SUS (Datasus). **Morbidade Hospitalar do SUS (SIH/SUS)**. [S.l.]: Datasus, [2024?]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/>. Acesso em: 28 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Poluição do Ar e Sua Saúde [Infográfico], setembro 2024**. [Brasília]: SVSA/MS, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/infograficos/poluicao-do-ar-e-sua-saude.png>. Acesso em: 28 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde: vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_saude_ambiental.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar**. Brasília: MMA, 2019. 136 p. Disponível em:

<https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/ar-puro/GuiaTecnicoParaQualidadedoAr.pdf>.

Acesso em: 10 abr. 2026.

CHLEBNIKOVAS, Aleksandras *et al.* Short-term field research on air pollution within the boundaries of the large city in the Baltic region. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 81950–81965, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-23798-9>. Acesso em: 10 abr. 2026.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **FiT**: Ficha de Informação Toxicológica: dióxido de enxofre. [S.l.]: CETESB, 2024. Publicado em julho de 2012 e atualizado em fevereiro de 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Dio%CC%81xido-de-enxofre.pdf>. Acesso em: 28 out. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil) (Conama). Resolução n. 5, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 14713–14714, 25 ago. 1989. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=81. Acesso em: 10 abr. 2026.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil) (Conama). Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 223, p. 155, 21 nov. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603. Acesso em: 10 abr. 2026.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil) (Conama). Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 162, n. 130, p. 133, 9 jul. 2024. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-506-de-5-de-julho-de-2024-570885907>. Acesso em: 10 abr. 2026.

DISTRITO FEDERAL (Brasil). **Lei Complementar nº 13, de 3 de setembro de 1996**. Regulamenta o art. 69 da Lei Orgânica, dispondo sobre a elaboração, redação, alteração e consolidação das leis do Distrito Federal. Brasília: CLDF, 1996. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/51842/Lei_Complementar_13_03_09_1996.html. Acesso em: 10 abr. 2026.

DISTRITO FEDERAL (Brasil). **Lei Orgânica do Distrito Federal**. Brasília: CLDF, 1993. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/66634/Lei_Org_nica_08_06_1993.html. Acesso em: 10 abr. 2026.

DISTRITO FEDERAL (Brasil). Departamento de Estradas e Rodagem (DER). **Mapa rodoviário**: Distrito Federal. [Brasília]: DER, 2022. 1 mapa, color. Escala aproximada 1:170.000. Disponível em:

https://www.der.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Mapa_Rodov_escala_1_170.000_2022.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

DISTRITO FEDERAL (Brasil). Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). **Inventário do Distrito Federal de Emissões de GEE antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa 2005-2018**. Brasília: SEMA, 2021. Disponível em:

<https://sema.df.gov.br/documents/6196895/8819839/INVENTARIO-DE-GEE-DO-DF-ATUALIZADO-PERIOD-2005-2018.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

EERDEN, Ludger. J. van der; DUYM, Nijs. An evaluation method for combined effects of SO₂ and NO₂ on vegetation. **Environmental Pollution**, v. 53, n. 1/4, p. 468–470, 1988. Disponível em:

[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(88\)90080-2](https://doi.org/10.1016/0269-7491(88)90080-2). Acesso em: 10 abr. 2026.

FISCHER, Jessica C. *et al.* Can biodiverse streetscapes mitigate the effects of noise and air pollution on human wellbeing? **Environmental Research**, v. 212, 113154, 2022. Part A. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113154>. Acesso em: 10 abr. 2026.

FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP₁₀ e MP_{2,5} e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de londrina. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1750–1754, 2009.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000700013>. Acesso em: 10 abr. 2026.

FREITAS, Clarice Umbelino de *et al.* Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 22, n. 3, p. 445–454, jul./set., 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742013000300009>. Acesso em: 28 out. 2024.

HAMBRIGHT, K. D. *et al.* Grazer control of nitrogen fixation: synergisms in the feeding ecology of two freshwater crustaceans. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 170, n. 2, p. 89–101, Oct. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/1863-9135/2007/0170-0089>. Acesso em: 10 abr. 2026.

HEERDT, Suelize Thomaz; CABRAL, Rodrigo Dumes Chaves; MELO JUNIOR, João Carlos Ferreira. Avaliação do efeito da poluição atmosférica em populações urbanas de *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae) em Joinville, SC. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 4, p. 1861–1877, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.4.p1861-1877>. Acesso em: 10 abr. 2026.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). **Recomendações para a expansão e a continuidade das Redes de Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil**. [S.l.]: IEMA, 2022. 17p. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2022/07/IEMA_policypaper_qualidadedoar.pdf. Acesso em: 10 abr. 2026.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL (IBRAM). **Relatório Anual de Monitoramento Fixo da Qualidade do Ar no Distrito Federal 2022**: Relatório SEI-GDF n.º

8/2023 - IBRAM/PRESI/SUFAM/DIREM. Brasília: IBRAM, 2023. Disponível em: https://www.ibram.df.gov.br/documents/d/bras%C3%ADlia-ambiental/relatorio_anual_de-monitoramento-fixado-qualidade-do-ar-no-df-2022. Acesso em: 10 abr. 2026.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL (IBRAM). **Relatório de monitoramento fixo da qualidade do ar referente ao mês de janeiro de 2024**: Relatório Nº 3/2024 - IBRAM/PRESI/SUFAM/DIREM. Brasília: IBRAM, 2024. Disponível em: https://www.ibram.df.gov.br/documents/d/bras%C3%ADlia-ambiental/relatorio_monitoramento-fixado-qualidade-do-ar-janeiro_2024-pdf. Acesso em: 10 abr. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA DO DISTRITO FEDERAL (IPEDF). **Atlas do Distrito Federal 2020**. [Brasília]: IPEDF, 2020. Disponível em: <https://atlas.ipe.df.gov.br/>. Acesso em: 10 abr. 2026.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Sections: Climate Change 2023: synthesis report. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: synthesis report: a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Edited by The Core Writing Team, Hoesung Lee, José Romero. Geneve, Switzerland: IPCC, 2023. ISBN 978-92-9169-164-7. p. 35–155. Disponível em: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>. Acesso em: 10 abr. 2026.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphany (Coordenador) *et al.* São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

LI, Hongli *et al.* PM2.5 and PM10 emissions from agricultural soils by wind erosion. **Aeolian Research**, v. 19, p. 171–182, Dec. 2015. Part B. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.02.003>. Acesso em: 10 abr. 2026.

LIKUS-CIESLIK, Justyna; PIETRZYKOWSKI, Marcin. Sulfur contamination and environmental effects: a case study of current SO2 industrial emission by biomonitoring and regional post-mining hot-spots. **The Open Biotechnology Journal**, v. 15, p. 82–96, 2021. Suppl-1, M3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2174/1874070702115010082>. Acesso em: 10 abr. 2026.

MACHADO, Gabriel P. *et al.* Avaliação espacial e sazonal das concentrações de partículas totais em suspensão e elementos metálicos associados no ar de uma cidade do sudeste brasileiro. **Química Nova**, v. 42, n. 1, p. 28–35, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170297>. Acesso em: 10 abr. 2026.

MATOS, Antonio Teixeira. **Poluição ambiental**: impactos no meio físico. Viçosa, MG.: Ed. UFV, 2013. 433p. ISBN 978-85-7269-480-3.

NGARAMBE, Jack *et al.* Exploring the relationship between particulate matter, CO, SO2, NO2, O3 and urban heat island in Seoul, Korea. **Journal of Hazardous Materials**, v. 403, 123615, 5 February 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123615>. Acesso em: 10 abr. 2026.

RANGEL, Marcos A.; TOMÉ, Romina. Health and the megacity: urban congestion, air pollution, and birth outcomes in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 3, 1151, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031151>. Acesso em: 10 abr. 2026.

RÉQUIA JÚNIOR, Weeberb João; ABREU, Lucijane Monteiro de. Poluição atmosférica e a saúde de crianças e idosos no Distrito Federal: utilização do método de correlação com time delay. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 7, n. 13, dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/Hygeia717072>. Acesso em: 10 abr. 2026.

RÉQUIA JÚNIOR, Weeberb João; ROIG, Henrique Llacer. Analyzing spatial patterns of cardiorespiratory diseases in the Federal District, Brazil. **Health**, v. 7, n. 10, 1283–1293, Oct. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/health.2015.710143>. Acesso em: 10 abr. 2026.

RÉQUIA JÚNIOR, Weeberb João; ROIG, Henrique Llacer. Avaliação espacial entre poluição do ar e saúde em áreas com limitação de dados. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 807–812, out./dez. 2016. Seção Artigos. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000400046>. Acesso em: 10 abr. 2026.

SHENG, Qianqian; ZHU, Zunling. Photosynthetic capacity, stomatal behavior and chloroplast ultrastructure in leaves of the endangered plant *Carpinus putoensis* W. C.Cheng during gaseous NO₂ exposure and after recovery. **Forests**, v. 9, n. 9, 561, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f9090561>. Acesso em: 10 abr. 2026.

SOLOMON, Paul A. *et al.* 2011. Air pollution and health: bridging the gap from sources to health outcomes: conference summary. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 5, 20 Oct. 2011. Data do número publicado em 2012. Disponível em: <https://doi.org/doi:10.1007/s11869-011-0161-4>. Acesso em: 10 abr. 2026.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Eco-Health Relationship Browser**. [S.l.]: EPA, 2020. Disponível em: https://enviroatlas.epa.gov/enviroatlas/Tools/EcoHealth_RelationshipBrowser/index.html. Acesso em: 17 out. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Ambient air pollution**: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva: WHO, 2016. 131 p. ISBN 978-92-4-151135-3. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/83bc7a2b-0b90-4880-9d34-e9fcf60d96db/content>. Acesso em: 10 abr. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Ambient (outdoor) air quality and health**: key facts. Genebra: WHO, 2024a. Publicado em 24 de outubro de 2024. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 25 out. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Sustainable Development Goal indicator 3.9.1**: mortality attributed to air pollution. Geneva: WHO, 2024b. Publicado em 23 de setembro de 2024. 71 p. ISBN 978-92-4009-914-2. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/6fc801bc-c6a2-4e4f-87d6-8a2a18a970eb/content>. Acesso em: 28 out. 2024.