

Comparação dos padrões de qualidade do ar entre o Brasil e países dos cinco continentes

*Comparison of air quality standards between Brazil and
countries from the five continents*

Carlos Henrique Cordeiro de Amaral ¹

Rita de Cássia Franco Rêgo ²

Amanda Laura Northcross ³

¹ Mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho, Eng. de Segurança do Trabalho, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil
E-mail: c.henriqueamaral84@gmail.com

² Doutorado em Saúde Pública, Professora, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil
E-mail: ritarego1@gmail.com

³ Doutorado em Engenharia e Ciência Ambiental, Professora, Universidade da Carolina do Norte, EUA
E-mail: amandaln@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v14n3.2023.50459

Received: 14/08/2023
Accepted: 20/11/2023

ARTICLE-VARIA

RESUMO

Este artigo trata de um estudo comparativo entre legislações de qualidade do ar. O principal objetivo foi comparar as normas técnicas vigentes sobre qualidade do ar no Brasil, em relação a normas internacionais. Foram comparados os padrões de qualidade do ar definidos pelo Brasil com os padrões adotados em países dos cinco continentes. O Brasil apresentou padrões para o MP_{2,5}, MP₁₀, chumbo, SO₂, NO₂ e O₃ com valores maiores que outras normativas internacionais, além de não apresentar padrões para poluentes importantes como mercúrio, cádmio, níquel, tolueno e HPAs. A utilização de padrões de qualidade do ar mais permissivos deturpa severamente a percepção da exposição potencial da população, minimizando o real impacto na saúde da população exposta, contribuindo para a falta de planejamento adequado de saúde pública e ocasionando desperdício do dinheiro público com interações evitáveis, mortes prematuras e outros custos intangíveis como qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Poluição ambiental. Emissões atmosféricas. Padrões de qualidade do ar.

ABSTRACT

This article presents a comparative study of air quality regulations. The main objective was to compare Brazil's current technical air quality standards with international standards. The air quality standards defined by Brazil for PM_{2.5}, PM₁₀, lead, SO₂, NO₂, and O₃ have higher values than international norms, and

Brazil lacks standards for important pollutants like mercury, cadmium, nickel, toluene, and PAHs. The use of more permissive air quality standards significantly distorts the perception of potential exposure for the population, downplaying the actual impact on public health, leading to inadequate public health planning, and resulting in avoidable hospitalisations, premature deaths, and other intangible costs like reduced quality of life for the population.

Keywords: Environment pollution. Atmospheric emissions. Air quality standards.

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, que pode ser definida como a presença de substâncias estranhas no ar atmosférico, está entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para o número total de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade em todas as idades combinadas (GBD, 2019). Diversos estudos epidemiológicos mostram que a poluição do ar pode causar doenças crônicas, agravamento de patologias relacionadas, como morbidade e mortalidade cardiovascular e respiratória, além de mortes prematuras, afetando assim a saúde de populações e contribuindo para o aumento de gastos públicos com atendimentos médicos prestados à população afetada (Aguilera *et al.*, 2021; Burnett *et al.*, 2018; Rajagopalan, 2018).

No Brasil, Abe e Miraglia (2016) estimaram que o custo das mortes prematuras causadas devido à poluição do ar em 29 capitais brasileiras ocasiona uma perda de cerca de US\$ 1,7 bilhão anualmente. A magnitude do dado por si só já demonstra a sua relevância, mas acredita-se ainda que ele está subestimado, visto que o valor que poderia deixar de ser gasto pelos cofres públicos pode ainda ser maior se levarmos em consideração outros eventos, além da morte prematura, como internações por causas respiratórias, absenteísmo no trabalho e custos intangíveis, como qualidade e expectativa de vida, o que mostra que a poluição do ar, além de ser uma questão importante de saúde pública, é também uma questão de ordem econômica.

Uma das formas de controlar a emissão de poluentes no meio ambiente como um todo, inclusive na atmosfera e conseqüentemente mitigar os efeitos danosos à saúde provocados pela poluição, é a instituição de regulamentações rígidas sobre o tema. O estabelecimento de limites de emissões de determinadas substâncias pode ajudar a melhorar a qualidade do ar para proteger a saúde humana e o meio ambiente (Vormittag *et al.*, 2021).

A Organização Mundial da Saúde – OMS estabelece limites recomendados de concentrações de importantes poluentes atmosféricos, baseados na síntese global de evidências científicas, para os quais espera-se que efeitos adversos à saúde ocorram em uma parcela significativa da população, tanto ao ar livre quanto dentro de edifícios e casas. Essas recomendações são diretrizes a serem seguidas pelos países, mas não possuem caráter normativo. As diretrizes da OMS cobrem as concentrações anuais e diárias de partículas finas, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e ozônio (OMS, 2021).

No Brasil a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) Nº 03, de 28 de junho de 1990, era o regulamento técnico que estabelecia os padrões de qualidade do ar tendo sido substituída pela Resolução Conama Nº 491, de 19 de novembro de 2018, que em seu artigo 2º, inciso II define:

Art. 2º - II - Padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Um padrão de qualidade do ar, portanto, é um instrumento técnico que define legalmente um limite máximo para a concentração de um poluente, visando controlar as emissões dos poluentes com o intuito de garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas e do meio ambiente (Brasil, 1990, 2018).

Vormittag *et al.* (2021) explicam que os padrões de qualidade do ar vigentes no Brasil, além de estarem defasados, muitas vezes são descumpridos em função da falta de compromisso do governo com as políticas estabelecidas. A utilização de padrões de qualidade do ar desatualizados, sobretudo mais elevados quando comparados com as recomendações internacionais, e, portanto, mais permissivos, pode deturpar severamente a exposição potencial da população a níveis prejudiciais de poluição do ar (Chiquetto *et al.*, 2019; Valdambrini; Ribeiro, 2021).

O principal objetivo deste estudo é comparar as normas técnicas vigentes sobre qualidade do ar no Brasil com as normas internacionais vigentes em outros países pelo mundo.

2 MÉTODO

Trata-se de um estudo comparativo sobre padrões de qualidade do ar entre normas técnicas nacionais de diferentes países do mundo. Os padrões de qualidade do ar são definidos levando-se em consideração dois parâmetros: o valor limite de concentração aceitável no ambiente para cada poluente, geralmente em micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ou partes por milhão (ppm), e o período de amostragem, que é o tempo definido para coleta e avaliação do poluente.

A pesquisa foi realizada levando-se em consideração as normas técnicas de padronização de qualidade do ar vigentes em cada país selecionado, durante o período de novembro 2018 até janeiro de 2022. Foram escolhidos padrões de qualidade do ar de normas técnicas de pelo menos um país de cada continente do mundo, além das diretrizes sobre qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde – OMS, que apesar de não possuir caráter normativo, serve como diretriz para a elaboração e revisão das demais normas técnicas de qualidade do ar em todos os países do mundo.

Dessa forma, foram selecionadas para comparação a Resolução Conama Nº 03, de 1990, antiga regulamentação de padrões de qualidade do ar no Brasil; a Resolução Conama Nº 491 (2018), norma técnica atualmente em vigência no Brasil; a Diretiva 2008/50/CE, norma que serve de referência para os países da União Europeia (2008); a *Canadian Environmental Protection Act* (1999), norma técnica do Canadá, país escolhido da América do Norte; a *Environmental Quality Standards in Japan Air Quality* (2009), norma do Japão, representando o continente asiático; *Resolución 2.254* (2017) da Colômbia, para se ter mais um país da América do Sul, além do Brasil; a *Air Quality Act 39: National Ambient Air Quality Standards* (2004), norma da África do Sul, representando o continente africano; *National Clean Air Agreement* (2015) da Austrália, representando a Oceania; além do *WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide* (2021), guia de referência da Organização Mundial da Saúde.

Para realizar as comparações, foi necessário converter todos os valores limites de concentração dos poluentes para uma única unidade de mensuração, pois tais valores, a depender da norma e do poluente, se apresentavam em miligrama por metro cúbico (mg/m^3), micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb).

Os dados foram organizados em forma de planilhas e buscou-se realizar a comparação dos valores limites de cada poluente relativo ao mesmo tempo de amostragem em cada norma.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Resolução Conama Nº 491, de 19 de novembro de 2018, é resultado do processo de revisão da Resolução Conama Nº 03, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os padrões de qualidade do ar nacionais naquele ano, e esteve em vigor durante 28 anos, sem atualização dos novos conhecimentos científicos sobre o tema. Somente em 2014, foi iniciada sua revisão na Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos do Conama. Então, o processo de início da revisão foi tomado de forma demasiadamente atrasada e a sua aprovação, ao contrário, foi realizada de forma precipitada, sem se discutir com a sociedade e com os especialistas as melhores formas de se garantir que houvesse, de fato, avanços no atendimento aos padrões de qualidade do ar no Brasil (Siciliano *et al.*, 2020).

A Resolução Conama Nº 491 (2018) definiu 14 padrões de qualidade do ar para nove poluentes, enquanto a Resolução Conama Nº 03 (1990) definia 13 padrões para sete poluentes. Os valores das concentrações máximas de poluentes no ar, assim como os tempos de amostragem definidos, estão sintetizados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 | Padrões de qualidade do ar do Brasil definidos pelas Resoluções Conama.

| BRASIL | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Conama 03 (1990) | Conama 491 (2018) | |
| Poluente | Concentração (µg/m ³) | Concentração (µg/m ³) | Tempo de amostragem |
| MP _{2,5} | - | 25 | 24 horas |
| | - | 10 | 1 ano |
| MP ₁₀ | 150 | 50 | 24 horas |
| | 50 | 20 | 1 ano |
| Partículas Totais em Suspensão | 240 | 240 | 24 horas |
| | 80 | 80 | 1 ano |
| Fumaça | 150 | 50 | 24 horas |
| | 60 | 20 | 24 horas |
| SO ₂ | 365 | 20 | 24 horas |
| | 80 | - | 1 ano |
| NO ₂ | 320 | 200 | 1 hora |
| | 100 | 40 | 1 ano |
| CO | 40.000 | 10.310 | 1 hora |
| | 10.000 | - | 8 horas |
| O ₃ | 160 | - | 1 hora |
| | - | 100 | 8 horas |
| Chumbo | - | 0,5 | 1 ano |

Fonte: Resoluções Conama 03/1990 e 491/2018. Adaptada pelo autor.

Neste trabalho foram analisadas oito normas técnicas de padronização de parâmetros de qualidade do ar e um guia de referência internacional, que foi o *Guideline* da OMS (2021).

No que diz respeito à quantidade de padrões definidos por cada norma, a que apresentou a menor quantidade de padrões de qualidade do ar definidos foi a do Canadá, com a definição de sete padrões, e a que apresentou a maior quantidade de padrões foi a norma técnica da Colômbia, com 19 padrões definidos. O quantitativo de padrões definido por norma encontra-se sintetizado na Figura 1.

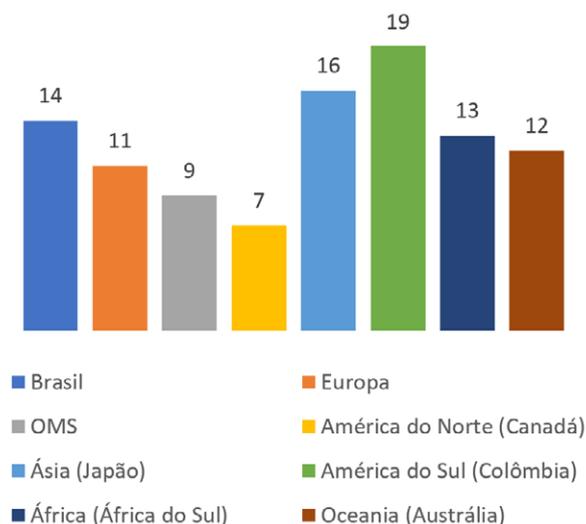


Figura 1 | Quantitativo de padrões definido por norma

Fonte: Elaborado pelo autor

A norma técnica do Japão foi a única a definir padrões primários para os poluentes tricloroetileno, tetracloroetileno, diclorometano, dioxinas e oxidantes fotoquímicos. Os padrões de qualidade do ar só encontrados na norma japonesa encontram-se sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 | Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma japonesa.

| <i>Environmental Quality Standards in Japan Air Quality</i> | | |
|---|---------------------------|---------------------|
| Poluente | Concentração máxima | Tempo de amostragem |
| Tricloroetileno | 0,2 mg/m ³ | 1 ano |
| Tetracloroetileno | 0,2 mg/m ³ | 1 ano |
| Diclorometano | 0,15 mg/m ³ | 1 ano |
| Dioxinas | 0.6 pg-TEQ/m ³ | 1 ano |
| Oxidantes fotoquímicos | 0,06 ppm | 1 hora |

Fonte: Ministério do Meio Ambiente japonês. Adaptada pelo autor. (Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>)

Segundo informações da embaixada japonesa no Brasil, em meados da década de 1960 até a década de 1970, o Japão vivenciou diversas formas graves de poluição ambiental. Além da doença de Minamata, uma série de outras doenças relacionadas à poluição foram descobertas, como a doença de itai-itai, transtornos respiratórios nos bolsões industriais de Tóquio-Yokohama, Nagoya e Osaka-Kobe e intoxicação crônica por arsênico na região de Toroku, na Província de Miyazaki. Essas formas de poluição ocorreram como resultado da priorização do rápido crescimento econômico em detrimento de padrões para proteger a saúde e a segurança das pessoas. Essas consequências levaram o Japão a estabelecer regulamentações rígidas para proteger o meio ambiente a partir da década de 1960.

Da mesma forma que ocorreu com a norma japonesa, alguns poluentes também só foram identificados na norma técnica colombiana. Trata-se do que a própria norma chamou de “contaminantes tóxicos do ar”: cádmio, mercúrio inorgânico, tolueno, níquel (e seus compostos) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPA. Os padrões de qualidade do ar só encontrados na norma colombiana encontram-se sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3 | Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma colombiana.

| Contaminantes tóxicos | | |
|-------------------------------|--|---------------------|
| Poluente | Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Tempo de amostragem |
| Cádmio | 0,005 | 1 ano |
| Mercúrio inorgânico (vapores) | 1 | 1 ano |
| Tolueno | 260 | 1 semana |
| | 1.000 | 30 minutos |
| Níquel (e seus compostos) | 0,18 | 1 hora |
| HPA | 0,001 | 1 ano |

Fonte: Colômbia. Ministério de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolución 2.254. Adaptada pelo autor.

Um estudo realizado pelo Programa Internacional sobre Segurança Química (IPCS) da OMS mostra que, além dos mais comuns ou “tradicionais” poluentes atmosféricos, um grande número de substâncias químicas tóxicas e carcinogênicas vem sendo cada vez mais encontrado na atmosfera urbana, embora em baixas concentrações. Exemplos incluem metais (berílio, cádmio e mercúrio), substâncias orgânicas em nível de traços (benzeno, dibenzo-dioxinas policloradas e dibenzo-furanos, formaldeído, cloreto de vinila e os HPAs) e fibras (asbesto). Tais substâncias são emitidas por diversas fontes, incluindo incineradores de resíduos, estações de tratamento de esgoto, processos industriais, uso de solventes, materiais de construção e veículos automotores (OMS, 2000).

Retirados os poluentes que só são mencionados nas normas técnicas do Japão e da Colômbia, foi montada a Tabela 4 com os padrões dos demais poluentes distribuídos por tempo de amostragem e referentes a cada norma.

Tabela 4 | Comparativo entre padrões de qualidade do ar encontrados no estudo.

| | Tempo de amostragem | Brasil | | OMS | | Europa | | América do Norte | | Ásia | | América do Sul | | África | | Oceania | |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|--|--|-----------------------------|--|--|-----|----------------|--|--------|--|---------|--|
| | | Resolução Conama 03/1990 | Resolução Conama 491/2018 | WHO Global Air Quality (2021) | Diretiva 2008/50/CE | Canadian Environmental Protection Act, 1999 (Canadá) | Environmental Quality Standards in Japan Air Quality (Japão) | Resolución 2.254 (Colômbia) | National Ambient Air Quality Standards (África do Sul) | National Clean Air Agreement (Austrália) | | | | | | | |
| | | (PI-1) | (PF) | (IT-1) | (AQG) | | | | | | | | | | | | |
| MP _{2,5} | 24 horas | - | 60 | 25 | 75 | 15 | - | 27 | 35 | 50 | - | 25 | | | | | |
| | 1 ano | - | 20 | 10 | 35 | 5 | 25 | 8,8 | 15 | 25 | - | 8 | | | | | |
| MP 10 | 1 hora | - | - | - | - | - | - | - | 200 | - | - | - | | | | | |
| | 24 horas | 150 | 120 | 50 | 150 | 45 | 50 | - | 100 | 100 | 75 | 50 | | | | | |
| | 1 ano | 50 | 40 | 20 | 70 | 15 | 40 | - | - | 50 | 40 | - | | | | | |
| Chumbo | 1 ano | - | 0,5 | 0,5 | - | - | 0,5 | - | - | - | 0,5 | 0,5 | | | | | |
| Partículas totais em suspensão | 24 horas | 240 | 240 | 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | 1 ano | 80 | 80 | 80 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| Fumaça | 24 horas | 150 | 120 | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | 1 ano | 60 | 40 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | |

| | | Brasil | | OMS | | Europa | América do Norte | Ásia | América do Sul | África | Oceania |
|---------------------|----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|--|--|-----------------------------|--|--|---------|
| | | Resolução Conama 03/1990 | Resolução Conama 491/2018 | WHO Global Air Quality (2021) | Diretiva 2008/50/CE | Canadian Environmental Protection Act, 1999 (Canadá) | Environmental Quality Standards in Japan Air Quality (Japão) | Resolución 2.254 (Colômbia) | National Ambient Air Quality Standards (África do Sul) | National Clean Air Agreement (Austrália) | |
| | | (PI-1) | (PF) | (IT-1) | (AQG) | | | | | | |
| Tempo de amostragem | | Concentração (µg/m³) | | | | | | | | | |
| Benzeno | 1 ano | - | - | - | - | 5 | - | 3 | - | 5 | - |
| | 10 min | - | - | - | - | - | - | - | - | 500 | - |
| SO ₂ | 1 hora | - | - | - | - | 350 | 180 | 260 | 100 | 350 | 520 |
| | 24 horas | 365 | 125 | 20 | 125 | 40 | 125 | 100 | 50 | 125 | 210 |
| | 1 ano | 80 | 40 | - | - | - | - | 13,09 | - | 50 | 52,35 |
| | 1 hora | 320 | 260 | 200 | - | - | 200 | 110 | 200 | 200 | 230 |
| NO ₂ | 24 horas | - | - | - | 120 | 25 | - | 75,26-110 | - | - | - |
| | 1 ano | 100 | 60 | 40 | 40 | 10 | 40 | 32 | 60 | 40 | 56,44 |
| CO | 1 hora | 40.000 | - | - | - | - | - | 22.900 | 35.000 | 30.000 | - |
| | 8 horas | 10.000 | 10.310 | 10.310 | - | - | - | - | 5.000 | 10.000 | 10.310 |
| | 24 horas | - | - | - | 7 | 4 | 10 | - | 11.450 | - | - |
| O ₃ | 1 hora | 160 | - | - | - | - | - | 120 | - | - | 200 |
| | 4 horas | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 160 |
| | 8 horas | - | 140 | 100 | 160 | 100 | 120 | 120 | 100 | 120 | - |

Fonte: Elaboração própria.

Como pode-se perceber, até 2018 o Brasil não definia padrões para o material particulado fino PM_{2,5}. De acordo com as diretrizes da OMS, as evidências sobre o impacto na saúde pública provocado por esse material são consistentes e mostram efeitos adversos à saúde em exposições que são atualmente experimentadas por populações urbanas em países desenvolvidos e em desenvolvimento (OMS, 2015).

Essas partículas, por possuírem um tamanho demasiadamente reduzido (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 micrômetros), atravessam as vias respiratórias superiores, depositando-se nos bronquíolos e alvéolos, sendo fonte de uma série de problemas cardiorrespiratórios aos seres humanos. Toda a população exposta é afetada, mas a suscetibilidade à poluição pode variar com o estado de saúde ou com a idade. Evidências epidemiológicas mostram efeitos adversos ao material particulado fino após exposições de curto e de longo prazo (Santos *et al.*, 2021).

Um estudo conduzido por Abe e Miraglia (2016) mostrou que, só no estado de São Paulo, uma redução dos níveis de poluição do MP_{2,5} aos níveis recomendados pela OMS de 10 µg/m³ (em média anual) acrescentaria 15,8 meses de expectativa de vida na população, correspondendo a um adiamento de 5.012 óbitos e um ganho anual de US\$ 15,1 bilhões, com economia de recursos despendidos com saúde (esse valor na verdade é ainda maior se considerássemos os gastos com absenteísmo e custos intangíveis, como qualidade de vida e expectativa de vida).

A instituição da Resolução Conama 491 em 2018, no entanto, inseriu padrões de qualidade do ar no Brasil para esse poluente, porém é preciso esclarecer que a referida resolução estabeleceu padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-1, PI-2 e PI-3) que vão anteceder os Padrões de Qualidade do Ar Final – PF. Assim, os padrões de qualidade do ar atualmente em vigência tratam-se dos PI-1. Dessa forma, o padrão adotado inicialmente para o MP_{2,5} é de 60 µg/m³, um valor ainda 140% maior que o recomendado pela OMS (2021).

De acordo com a norma, os padrões intermediários serão adotados, cada um, subsequentemente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas (“PCEA”) e os Relatórios de

Avaliação de Qualidade do Ar (“RAQA”), que deverão ser elaborados pelos órgãos de meio ambiente estaduais e do Distrito Federal. Cabe ainda destacar que a norma previu que caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalece o padrão já adotado.

A norma também estabelece que os PCEA serão definidos de acordo com regulamentação própria e elaborados em até três anos a partir da entrada em vigor do ato normativo, enquanto que os RAQA deverão ser elaborados anualmente e conter os dados de monitoramento e a evolução da qualidade do ar com um conteúdo mínimo que exige que os relatórios contenham informações tais como: descrição das características da região do estado (ou Distrito Federal) onde estiver sendo realizada a avaliação da qualidade ambiental; descrição da rede de monitoramento; determinação dos poluentes atmosféricos monitorados; tipos de rede utilizados (se automática ou manual) e parâmetros monitorados; além de outros aspectos relativos à metodologia do monitoramento e medidas de gestão que estão sendo aplicadas.

Assim, é possível perceber que nos termos da nova Resolução cabe a cada Unidade Federativa reportar à União se atingiu ou não os limites de concentração dos poluentes após o intervalo de tempo de alguns anos e, no caso do não atendimento, simplesmente prorroga-se o período para que o estado possa atingir os padrões (enquanto isso, a população continua sofrendo com altos níveis de poluição do ar).

Em que pese não haver sanções previstas no caso de incapacidade de progressão para o padrão subsequente, e conseqüentemente incorrer no risco de não se conseguir chegar aos Padrões de Qualidade do Ar Final, que são aqueles recomendados pela OMS, pode ser considerado um avanço a redução dos valores das concentrações aceitáveis dos poluentes, quando comparados com a Resolução Conama 03/90, e a inserção de padrões para poluentes importantes como o MP_{2,5} e chumbo. Mas o estabelecimento de padrões por si só não resolve o problema, é preciso se fazer cumprir um prazo, implementar mecanismos e estabelecer punições para quem não implementar os padrões mais rigorosos (Fernandes *et al.*, 2021).

Aliás, essa experiência de não evoluir para os padrões intermediários de qualidade do ar estabelecidos já é uma prática conhecida no Brasil. No estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb, que é a agência estadual do governo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, instituiu estrutura semelhante já em 2013, e não avançou em suas metas intermediárias, continuando estagnada nos padrões que haviam sido definidos como temporários, ainda hoje em dia, em 2022.

Dessa forma, temos um exemplo da dificuldade que é avançar nessa questão (partindo do estado de São Paulo, teoricamente o mais avançado na legislação de qualidade do ar), que é muito complexa ao envolver, de um lado, a proteção da saúde e do meio ambiente, e, de outro, interesses dos mais variados setores produtivos que também são necessários à economia dos estados e do país.

Assim, a legislação brasileira precisaria ter sido elaborada de forma intersetorial, com mecanismos que pudessem dar subsídios aos setores produtivos para que atingissem os novos padrões. Mesmo porque uma pluma de poluentes localizada em um estado pode facilmente ser transportada para um estado vizinho, a depender da direção do vento e das condições atmosféricas, assim, é fundamental que esse avanço seja realizado de forma integrada não só intersetorialmente, mas em escala regional, para que se obtenham resultados concretos nessa questão.

No caso do material particulado, com partículas de diâmetro aerodinâmico de até 10 micrômetros, o MP₁₀, pode-se perceber que o Brasil define padrões para os períodos de 24 horas e 1 ano. Apesar da instituição da nova resolução sobre qualidade do ar, quando comparado às demais legislações evidencia-se que atualmente para o período de 24 horas o padrão brasileiro se mostra superior, e, portanto, mais permissivo que todas as normas técnicas avaliadas, sendo o seu valor (120 µg/m³) 1,4

vezes superior ao limite recomendado pela OMS e o limite adotado pela norma Europeia ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para o período de amostragem de 1 ano, o padrão brasileiro, em vigência atual, se igualou ao valor definido pela norma da Europa e da África do Sul, sendo melhor até que o adotado pela Colômbia, mas se apresentava duas vezes mais permissivo que a recomendação da OMS.

Abe e Miraglia (2016) também avaliaram os impactos na morbidade devido à exposição de curto prazo ao MP_{10} , em São Paulo, no período compreendido entre 2009 e 2011, e verificaram que se o nível recomendado pela OMS (de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de MP_{10} tivesse sido atingido, São Paulo teria evitado mais de 1.500 internações cardiovasculares e respiratórias anualmente. Uma redução adicional de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ teria evitado mais de 500 internações.

A Resolução Conama Nº 003/1990 não definia padrões para o chumbo (Brasil, 1990; Brasil, 2018). Esse poluente pode ser liberado no meio ambiente por meio de processos industriais, principalmente das indústrias químicas, automotiva e atividades de construção e mineração, que pode ser transportado por quilômetros e, ao se sedimentar, pode contaminar o solo e a água (Reis *et al.*, 2019). Além disso, o chumbo já foi um componente da gasolina, a proibição parcial ou total da adição do chumbo tetraetil na gasolina de alguns países, diminuiu a concentração desse elemento no ar, sobretudo em zonas urbanas, mas não determinou o desaparecimento do problema da poluição por esse metal (Vanz *et al.*, 2003).

O chumbo afeta todos os órgãos e sistema do corpo humano, ele pode causar efeitos adversos neurológicos, hematológicos, endocrinológicos, sobre o crescimento, renais, sobre a reprodução e o desenvolvimento, carcinogênicos, cardiovasculares e gastrointestinais (Vargas *et al.*, 2019).

Atualmente, apesar de o padrão de qualidade do ar para o chumbo estar definido somente como padrão de qualidade do ar final, a legislação se preocupou em tornar imediata a instituição desse padrão a partir do momento da publicação do ato normativo, porém é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e do critério do órgão ambiental competente (Brasil, 2018).

Das normas avaliadas, somente o Brasil apresentou padrões para as Partículas Totais em Suspensão – PTS e para fumaça. De acordo com a Cetesb, as PTS podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 50 microgramas. Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade. A fumaça, por sua vez, está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão (Cetesb, 2016).

O benzeno, que é uma substância classificada no Grupo 1 pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC/OMS*), ou seja, como uma substância química com evidências suficientes de sua carcinogenicidade em seres humanos (IARC, 1987), não teve padrão definido na norma técnica brasileira. Das normas avaliadas, apenas as regulamentações da Europa, Japão e África do Sul apresentaram padrões para esse poluente, sendo que a norma japonesa foi a mais rigorosa, apresentando a menor concentração média anual máxima permitida com o valor de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Com relação à substância dióxido de enxofre (SO_2), a Resolução Conama Nº 491 define padrões para os períodos de amostragem de 24 horas e 1 ano. Novamente, apesar da redução do valor da concentração máxima aceitável, a norma brasileira, atualmente, ainda experimenta os piores resultados quando comparada às demais normas selecionadas, para o período de amostragem de 24 horas, se igualando apenas à norma da África do Sul. Chama atenção que para esse mesmo período de amostragem, atualmente, o padrão brasileiro é mais de seis vezes o valor do padrão recomendado pela OMS.

Para o poluente dióxido de nitrogênio (NO_2), a norma técnica do Brasil define padrões primários para os períodos de 1 hora e 1 ano. O valor máximo aceitável da média das concentrações anuais de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi igual ao da norma da Colômbia, porém superior, e, portanto, mais permissiva que as demais que definiram padrões para esse período. E para o período de 1 hora ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), foi mais permissiva que todas as demais.

Com relação ao monóxido de carbono (CO), a Resolução Conama 03/1990 definia padrões para os períodos de amostragem de 1 hora e 8 horas. A nova regulamentação retirou o padrão para o período de 1 hora, mantendo apenas para o período de amostragem de 8 horas. Esse poluente não tem padrão definido pela OMS, mas o padrão adotado pelo Brasil foi igual ao da Austrália e superior aos padrões adotados pela Colômbia e África do Sul.

Em relação ao ozônio (O_3), a norma brasileira definia padrão apenas para o período de amostragem de 1 hora, mudou para o período de 8 horas e possui valor máximo de concentração aceitável de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mais uma vez a normativa brasileira se mostrou pior que todas as outras normas que instituíram padrão para esse poluente no mesmo período de amostragem.

Um estudo realizado por Chiquetto *et al.* (2019), em 2017, na região metropolitana de São Paulo, mostrou que o número de pessoas afetadas pela superação dos níveis de atenção da OMS para o ozônio foi quase dez vezes maior do que quando em comparação com os níveis de atenção atualmente vigentes. Isso nos mostra que os níveis de atenção determinados pelo padrão de qualidade do ar atual claramente subestimam o número de pessoas vulneráveis em áreas suscetíveis a altos níveis de ozônio, assim como para outros poluentes.

Dessa forma, percebe-se que a Resolução Conama 491/18 não fornece um horizonte claro de atendimento sequer dos atrasados padrões nacionais, quanto mais os recomendados internacionalmente pela OMS ou outras agências.

Os atuais padrões de qualidade do ar utilizados pelo Brasil deturpam severamente a exposição potencial da população a níveis prejudiciais de poluição do ar, visto que eles minimizam o real impacto na saúde da população, contribuindo para a falta de planejamento adequado de custos de saúde pública e ocasionando um desperdício imenso de dinheiro público com internações evitáveis, mortes prematuras, além de outros custos intangíveis como a qualidade de vida da população.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente que a Resolução Conama 491/2018, que é a legislação brasileira atualmente vigente, ainda está defasada perante as legislações vigentes em outros países, no que se refere a valores limites aceitáveis de padrões de qualidade do ar.

O Brasil apresentou padrões para o $\text{MP}_{2,5}$, MP_{10} , chumbo, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ozônio com valores maiores do que outras normativas internacionais, além de não apresentar padrões para poluentes importantes como mercúrio, cádmio, níquel, tolueno e HPAs.

Até existem pontos que podem ser exaltados com a instituição da nova Resolução, como a redução dos valores limites dos padrões de qualidade dos poluentes MP_{10} , fumaça, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, por exemplo, e a inserção de padrões para alguns poluentes importantes, como o chumbo e o $\text{MP}_{2,5}$, que é um poluente mais perigoso para a saúde que o MP_{10} , além da previsão da evolução dos padrões dentro da própria norma.

Porém, é de extrema importância que se adotem prazos limites para as mudanças entre os padrões intermediários vigentes e que sejam os mais breves possíveis para que eles não permaneçam estagnados indefinidamente.

Ressalta-se o apelo pela inserção de alguns poluentes atmosféricos importantes que já têm padrões definidos em outras normativas, como o benzeno, os HPAs, mercúrio, cádmio, níquel, entre outros.

A legislação ambiental deve continuar evoluindo da mesma forma que os processos produtivos e os modos de vida modernos o fazem, pois a cada dia milhares de substâncias novas são criadas e lançadas na atmosfera, portanto é necessário manter-se vigilante. Tão importante quanto a existência e evolução da legislação ambiental é o cumprimento dela.

REFERÊNCIAS

ABE, K.; MIRAGLIA, S. Health impact assessment of air pollution in São Paulo, Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 7, p. 694, 11 jul. 2016. DOI: 10.3390/ijerph13070694.

ÁFRICA DO SUL. 2009. Disponível em: https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa_airquality_g32816gon1210_0.pdf. Acesso em: 05 fev. 2020.

AGUILERA, R. *et al.* Wildfire smoke impacts respiratory health more than fine particles from other sources: observational evidence from Southern California. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1493, 5 mar. 2021. DOI: 10.1038/s41467-021-21708-0.

AUSTRÁLIA. 2004. Disponível em: <https://webarchive.nla.gov.au/awa/20200609071618/> <https://www.environment.gov.au/resource/state-air-national-air-quality-status-and-trends-report-1991-2001>. Acesso em: 05 fev. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama nº. 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – Pronar. Ministério do Meio Ambiente: Conama. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama nº. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente: Conama, 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

BURNETT, R. *et al.* Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Estados Unidos, v. 115, n. 38, p. 9592-9597, 18 set. 2018. DOI: 10.1073/pnas.1803222115.

CANADÁ. 2012. Disponível em: <https://ccme.ca/en/air-quality-report>. Acesso em: 16 jan. 2020.

CHIQUETTO, J. B. *et al.* Air quality standards and extreme ozone events in the São Paulo megacity. **Sustainability**, v. 11, n. 13, p. 3725, 2019.

COLÔMBIA. 2017. Disponível em: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>. Acesso em: 16 jan. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**, São Paulo: Cetesb, p. 340, 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/relatorio-ar-2016.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2020.

EC. **Diretiva 2008/50/CE, de 21 de maio de 2008**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20080611&from=NL>. Acesso em: 10 jan. 2020.

EMBAIXADA DO JAPÃO NO BRASIL. **Questões ambientais**, 2012. Disponível em: <https://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html>. Acesso em: 02 jul. 2019.

FERNANDES, M. A. O. *et al.* Avoiding hospital admissions for respiratory system diseases by complying to the final Brazilian air quality standard: an estimate for Brazilian southeast capitals. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 29, p. 35889-35907, out. 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-07772-x.

GBD 2019. Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **Lancet**, Londres, v. 396, n. 10258, p. 1223–1249, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.

JAPÃO. 2009. Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>. Acesso em: 20 jan. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente**. Programa Internacional de Segurança Química. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2008. Disponível em: https://www2.unesp.br/Home/costsa_ses/20110610_084213.PDF. Acesso em: 02 out. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. World Health Organization, Geneva, 2005. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>. Acesso em: 02 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **WHO Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease**. World Health Organization, Geneva, 2016. Disponível em: <http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>. Acesso em: 02 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future**. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2017. Disponível em: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **WHO Air quality guidelines – Update 2021**. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe (2021). Disponível em: <https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>. Acesso em: 26 set. 2023.

RAJAGOPALAN, S.; AL-KINDI, S. G.; BROOK, R. D. Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. **Journals of the American College of Cardiology**, v. 72, n. 17, p. 2054-2070, 23 oct. 2018. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.07.099.

REIS, R. A. *et al.* **Poluição atmosférica relacionada às atividades portuárias em Paranaguá**: impactos nas áreas naturais protegidas da Mata Atlântica paranaense. 2019. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/projeto_39_2019.pdf. Acesso em: 19 maio 2021.

SANTOS, C. **Prevenção à poluição industrial**: identificação de oportunidades, análise dos benefícios e barreiras. 2005. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-08042008-150419/publico/TeseCarmenluciaSantos.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.

SANTOS, U. P. *et al.* Environmental air pollution: respiratory effects. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 47, n. 1, e20200267, 2021. DOI: 10.36416/1806-3756/e20200267.

SICILIANO, B. *et al.* The Updated Brazilian National Air Quality Standards: a critical review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 3, mar. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/PfgQRYrhznqJ6P7NHpjSkG/abstract/?lang=em>. Acesso em: 14 fev. 2022.

VALDAMBRINI, N. M.; RIBEIRO, F. N. D. Avaliação das Ultrapassagens dos Padrões de Ozônio Troposférico no Estado de São Paulo de 2014 a 2019. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 4, oct-dec 2021. DOI: 10.1590/0102-7786360046.

VANZ, A.; MIRLEAN, N.; BAISCH, P. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 25-29, jan. 2003. DOI: 10.1590/S0100-40422003000100006.

VARGAS, P. I. R.; HUSSEN, M.; BARBOSA, G. Intoxicação por Chumbo: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Ciências Médicas e da Saúde**, v. 7, 2019.

VORMITTAG, E. M. P. A. *et al.* Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Energia e Ambiente**, v. 35, n. 102, mai./ago. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/fbCFjRbBRhf4M5F6xQVrbfR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 fev. 2022.