

REFLEXOS DOS EFEITOS CLIMÁTICOS NA SAÚDE: A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO URBANA E POLUIÇÃO DO AR**IMPACTS OF CLIMATIC EFFECTS ON HEALTH: THE INFLUENCE OF URBAN EXPANSION AND AIR POLLUTION** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.068-001>**Heris Coutinho Vieira**Doutorando em Economia do Meio Ambiente e Agricultura
Universidade de BrasíliaORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7708-2547>**Jorge Madeira Nogueira**Professor Titular
Universidade de Brasília
E-mail: jmn0702@unb.br**Resumo**

As principais consequências dos efeitos climáticos e da poluição atmosférica para a saúde humana e a expansão da urbanização no Brasil, têm atraído a atenção dos estudos científicos acerca da sua interconexão. O desenho metodológico adotado foi estruturado com base em uma pesquisa exploratória qualitativa, orientada pela revisão da literatura pertinente ao tema. O objetivo principal foi identificar os resultados dos recentes estudos de investigação sobre a correlação do crescimento urbano e poluição atmosférica, além da busca por respostas se há influências da poluição do ar nas doenças respiratórias. Especificamente, a busca na literatura de trabalhos sobre a poluição do ar em cidades brasileiras e os reflexos na saúde humana entre os anos de 2014 e 2023. Os 21 artigos analisados revelam as dificuldades na gestão brasileira das mudanças climáticas são intrinsecamente relacionados com a poluição do ar que corrobora para uma maior incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares, pois o aumento das emissões de gases poluentes presentes nos veículos, assim como, o aumento da degradação ambiental e crescimento das indústrias regionais impactam na saúde populacional. Portanto, esses fatores climáticos, ações para reduções de emissões de gases e queimadas florestais que são nocivos à saúde humana e pioram a qualidade do ar deveriam ser melhor contemplados nas estruturas de governança, bem como, nas especificidades das políticas públicas regionais e nacional para que sejam implementadas de maneira eficiente e a maior punibilidade da legislação.

Palavras-chave: Doenças respiratórias; Mudanças climáticas; Qualidade do ar; Saúde humana.

Abstract

The main consequences of climate-related effects and air pollution for human health, together with the expansion of urbanization in Brazil, have attracted increasing scientific attention due to their interconnected nature. The methodological design adopted in this study was based on qualitative exploratory research, guided by a review of the literature relevant to the topic. The main objective was to identify the findings of recent studies investigating the relationship between urban growth and air pollution, as well as to examine whether air pollution influences the occurrence of respiratory diseases. Specifically, the literature search focused on studies addressing air pollution in Brazilian cities and its impacts on human health between 2014 and 2023. The 21 articles analyzed revealed that the challenges faced by Brazil in managing climate change are intrinsically related to air pollution, which contributes to a higher incidence of respiratory and cardiovascular diseases. Increased emissions of pollutants from motor vehicles, environmental degradation, and the expansion of regional industries have direct impacts on population health. Therefore, climate-related factors, actions aimed at reducing pollutant emissions, and the prevention of forest fires that are harmful to human health and worsen air quality should receive greater attention within governance structures. These issues should also be more effectively incorporated into regional and national public policies to ensure their efficient implementation and the stricter enforcement of existing legislation.

Keywords: Air quality; Climate change; Human health; Respiratory diseases.

1 INTRODUÇÃO

Os reflexos sociais das mudanças climáticas têm se agravado nos últimos anos, à medida que os eventos climáticos se tornam mais intensos. Consequentemente, a discussão sobre os efeitos na saúde humana das mudanças climáticas tem aumentado significativamente os estudos científicos. A avaliação desses impactos, em níveis global e regional, é fundamental para entender a magnitude do problema e para informar a criação de políticas públicas eficazes. A literatura mostra que a elevação da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera resultará em significativas alterações climáticas no planeta (Barbosa, 2011). Não obstante, essas alterações do clima causam prejuízos na qualidade do ar em diversas regiões no Brasil.

Na abordagem de Rodrigues (2017), as mudanças climáticas, juntamente com transformações sociais como o crescimento econômico, a expansão populacional e a urbanização, têm a tendência de intensificar a pressão sobre os recursos naturais básicos para a sobrevivência humana. Essas transformações estão associadas a um aumento na demanda por tais recursos, o que pode resultar em conflitos pelo seu acesso e nos reflexos na saúde, uma situação que já foi observada em diversas regiões ao redor do mundo.

Nesse sentido, a intensificação de novas fontes de poluentes, por exemplo, a queima de combustíveis

fósseis por motores, a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas, originou-se a partir da Revolução Industrial, em 1760. Subsequentemente, nas suas segunda e terceira fases, entre a segunda metade do século XIX e meados do século XX, respectivamente (Mario, 2012). Segundo Coelho (2007), esse aumento da poluição foi acompanhado de forma insuficiente em relação aos possíveis efeitos adversos desses poluentes sobre a saúde humana.

Na economia urbana, a qualidade e poluição do ar é bastante discutida pelo impacto que esses recursos possuem para a subsistência da população. Conforme Polezer et al., (2019), a dimensão espacial, distribuição e estratégias de urbanização das grandes cidades desempenham um papel crucial nos impactos ambientais que refletem na qualidade de vida dos indivíduos habitados nessas regiões de grande densidade populacional.

A densidade populacional, seja em metrópoles ou cidades geograficamente menores, contribuem para um excesso no tráfego de veículos nas vias e, sobretudo, a redução de áreas verdes disponíveis para que haja o filtro natural do ar, assim como, a oferta de solo rico de nutrientes ou disponibilidade de áreas de florestais para que tenha naturalmente a oferta de recursos hídricos (Polezer et al., 2019),

Adicionalmente, a poluição dos veículos com motor a diesel é uma das principais formas de poluição das cidades. O estudo demonstrou que grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Londrina, Salvador possuem uma imensa frota desse tipo de veículo, cujo os impactos no ar causam problemas respiratórios e cardiovasculares na população dessas regiões (Barbosa et al., 2022).

Nesse contexto, para contribuir com o debate da gestão das mudanças climáticas e impactos sobre as doenças respiratórias e cardiovasculares na saúde, esta pesquisa tem como objetivo central examinar os estudos científicos na literatura dos últimos anos sobre essa temática. De maneira específica, a busca na literatura de trabalhos que abordam a relação entre a poluição do ar em cidades brasileiras e na saúde humana entre os anos de 2014 e 2023, para impulsionar debates relativos aos estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde humana. A relevância desta pesquisa é justificada pelo contexto contemporâneo, que destaca a urgência dos desafios climáticos e medidas de saúde afim de minorar as consequências na pele, nas vias respiratórias e no sistema cardíaco.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado por meio de uma pesquisa exploratória qualitativa, fundamentada na revisão de literatura sobre o tema, com o objetivo de identificar questões de investigação que ainda não foram formuladas ou respondidas. Conforme Boccato (2006), estabelece que a pesquisa bibliográfica busca o levantamento e a análise dos documentos já existentes, sobre o tema a ser pesquisado com o objetivo de atualizar e desenvolver o conhecimento, sobretudo, de contribuir para a realização da pesquisa. Cordeiro et al., (2007) compreendem que a revisão bibliográfica sistemática objetiva compilar e avaliar criticamente os

resultados de estudos primários, garantindo a reprodutibilidade dos achados por outros pesquisadores.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram empregadas informações derivadas de artigos exploratórios, com o objetivo de promover a discussão sobre a temática em questão e propor soluções ambientais. Essas pesquisas são caracterizadas pela observação sistemática dos fenômenos e do ambiente, investigando os problemas específicos e compreendendo o tema abordado a partir dos resultados obtidos e observados, com a intenção de apresentar uma explicação clara e objetiva.

Para alcançar o objetivo desse trabalho, a seleção dos artigos para análise foi conduzida utilizando os descritores U.S National Library of Medicine (PubMed) e Scientific Electronic Library Online (SciELO), utilizando as palavras-chaves: (Air Quality OR Air pollution OR Air pollutants and health) AND (Climate Change OR Respiratory Diseases) AND (carbon taxes OR emission taxes effectiveness) AND (Exposure to air pollutants OR Consequences of pollution OR Brazil)

Na pesquisa, foram aplicados os operadores booleanos “OR” e “AND” entre as palavras-chave, além do uso de aspas para aprimorar a busca pelos 21 artigos acadêmicos encontrados. Adicionalmente, o período de coleta de dados abrangeu publicações entre 2014 e 2023, elaborados em português e/ou inglês, e que fossem inter-relacionados com as palavras-chaves como estratégia da pesquisa. Por exclusão, não foram considerados os trabalhos envolvendo cidades industriais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A poluição do ar é uma das externalidades negativas da extensa urbanização das cidades, cujas consequências para a saúde humana tem aumentado nos últimos anos. Há uma forte ligação entre a exposição a agentes poluidores do ar e o risco de eventos cardiovasculares, bem como a diversas causas de mortalidade, independentemente do nível dessa exposição. Devido a isso, observa-se um crescimento significativo de estudos sobre essa temática na literatura. (Al-Kindi et al., 2020).

A localização geográfica e a estratégia de urbanização das cidades possuem grande impacto nesse resultado na medida em que, entre outras coisas, aumentam o tráfego de veículos e diminuem a disponibilidade de áreas verdes (Polezer et al., 2019). As emissões de gases por veículos movidos a diesel são uma importante fonte de poluentes em grandes e médias cidades, como demonstram em São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Londrina no Paraná e Salvador entre agosto de 2017 e junho de 2018 (Da Rocha et., 2022).

De acordo com Andreão e Albuquerque (2021), os estudos sobre poluição do ar concentram-se basicamente em verificar a concentração atmosférica de material particulado (MP) fino, sabidamente prejudicial à saúde humana, em cidades de médio e grande porte do Brasil. A relação entre o MP, poluição e frota de veículos é conhecida de estudos empíricos na literatura. Como resultado desses estudos, a composição do MP verificada em, por exemplo, identificou que entre 9% e 20% da poluição do ar advém

de emissão de veículos, sendo a maior responsável pela poluição, a queima de biomassa no município (Santos et al., 2014).

Nesse sentido, conforme explorado por Santos et al. (2014), apesar do alto grau de urbanização recifense, devido a condições meteorológicas como a grande circulação de ventos e ser uma cidade litorânea na qual a dispersão da poluição do ar é favorecida, durante o período analisado entre junho de 2007 a julho de 2008, onde a concentração de material particulado (MP) ficou dentro do recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Ainda sobre a cidade de Recife, em Pernambuco, os dados extraídos em 2018, demonstraram que as emissões de veículos são a principal fonte de metais pesados encontrados na poeira da rua, respondendo por mais de 70% desses químicos que estão relacionados com uma série de doenças, incluindo câncer (Lima et al., 2023). Argumenta-se, como no caso Santos et al. (2014), o baixo peso ao nascer de crianças nascidas de mães residentes em São José do Rio Preto, São Paulo, entre 2005 e 2009, no qual a análise em relação à poluição atmosférica não verificou-se significância estatística, à exceção do risco aumentado de baixo peso em razão da exposição a dióxido de enxofre (SO₂) no último mês da gravidez.

Por sua vez, os autores sustentam que o resultado se deve ao baixo número de observações e que a média de concentração de MP foi baixa, apesar de que os valores máximos excedem as recomendações da OMS (Santos et al., 2014). Já em Uberlândia, Minas Gerais, no período entre 2004 e 2013, foi verificada uma associação entre aumento da frota de veículos, impulsionada por um benefício fiscal, o aumento do material particulado no ar e de uma alteração genética encontrada no câncer (Pereira et al., 2017).

Semelhante a essa alteração genética, foi identificada em trabalhadores de um túnel na cidade do Rio de Janeiro, altamente expostos a agentes poluentes do ar (Rainho et al., 2016). Outra cidade média estudada, Londrina no Paraná, apresenta resultados interessantes ao comparar o deslocamento urbano por ônibus, de bicicleta e a pé do ponto de vista da concentração de partículas de carbono negro (um marcador do processo de combustão) (Targino et al., 2018).

Compreende-se do estudo de Targino et al. (2018) que os achados mostram que as linhas de ônibus com muitas paradas e que percorrem vias de tráfego pesado, levam os passageiros a inalar altas quantidades de poluentes. Além disso, os pedestres que caminham próximos a essas vias também são impactados por essa densa fumaça, e os ciclistas, que utilizam as faixas dedicadas e mais afastadas do meio fio, aqueles que menos respiram o ar mais poluído.

A região metropolitana de São Paulo, entre os anos de 2000 e 2008, apresentou associação estatisticamente significativa entre o material particulado (MP) e as internações de crianças com menos de 5 anos por doenças respiratórias (Gouveia et al. 2017). Os resultados dessas estimativas sinalizam que a cada aumento de 10 µg/m³ nos níveis de MP, houve um acréscimo de 1,4% nas internações totais por doenças respiratórias. Especificamente para a cidade de São Paulo, no ano de 2014, demonstrou-se que a maior parte

do MP são provenientes de fontes locais como a emissão veicular (Pereira et al., 2017).

Nesse contexto, em Goiânia, foi observado que o regime de chuvas interfere na concentração de chumbo no MP, sendo a época de seca a que apresenta piores índices (Gemeiner et al., 2017). Além disso, as evidências, com base em dados coletados em 2014, apontam para o tráfego de veículos como sendo a principal fonte de chumbo no MP. Nessa mesma perspectiva, um regime de chuvas semelhante ao de Goiânia, a cidade de Cuiabá (Mato Grosso) apresenta padrão semelhante de piora da qualidade do ar no período da seca, sendo este período o de maior risco para internações por doenças respiratórias (Machin e Nascimento, 2018).

Na capital do Mato Grosso, como continuação desse estudo, também foi verificada a associação entre a poluição do ar e as internações por doenças respiratórias, com base em estimações por modelos matemáticos em virtude da ausência de dados observacionais dos poluentes. Os níveis de dióxido de nitrogênio (NO₂) em Manaus, excederam o limite recomendado pela OMS segundo o estudo de

Cartaxo et al., (2018). Os resultados apontam para os veículos leves movidos a gasolina como a principal fonte de emissão de monóxido de carbono, já os veículos movidos a etanol emitem mais óxidos de nitrogênio do que os movidos a gasolina. Em comparação à Curitiba, que possui um modelo de urbanização mais sustentável, a cidade de Manaus (Amazonas) cuja presença de um polo industrial é determinante para seus níveis de poluição, foi constatado que apesar de ambas as cidades apresentarem similar concentração de poluentes, o risco para a saúde em Manaus é muito maior dado o mais elevado nível de MP (Polezer et al., 2019).

Para Santos, Cardeal e Menezes (2020), a consonância de outra grande cidade brasileira cuja concentração de MP excede os limites recomendados pela OMS é Belo Horizonte. A investigação realizada durante um ano identificou que a combustão de derivados do petróleo e a combustão de biomassa são as principais fontes de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, medida de compostos tóxicos liberados no ar ambiente.

Os caminhos apresentados para a mitigação dos prejuízos da poluição do ar concentram-se basicamente em redução da concentração de poluentes no ar. De acordo com César, Carvalho e Nascimento (2015), por exemplo, em análise de Taubaté, São Paulo, encontraram em estudos de simulação que uma diminuição de 3 µg/m³ na concentração de óxidos de nitrogênio (NO_x, emitidos pela queima de combustíveis fósseis) implicaria uma queda do risco de morte por doenças respiratórias entre 11.5% e 17.9%. Somado a esse fator, a renovação da frota dos ônibus do transporte público da região metropolitana de São Paulo é a recomendação do estudo de Nogueira et al., (2019). Os autores avaliaram as emissões de veículos movidos a biodiesel e a diesel de petróleo nos terminais de ônibus e verificaram que os veículos mais novos emitem consideravelmente menos poluentes, os levando a afirmar que a total renovação da frota e a inclusão de veículos elétricos tem o potencial de redução de emissões de NO e CO₂.

Os ganhos de saúde com a redução das emissões foram estimados para as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória em termos de hospitalizações e mortalidade para o ano de 2015, por Andreão et al., (2020). A cidade de São Paulo corresponde nessa análise à maior parte das mortes evitáveis, mas as demais regiões também seriam beneficiadas com a redução do número de mortes por doenças respiratórias e cardiovasculares. Já em termos de internações, as crianças seriam as mais afetadas pela redução de MP no ar, à exceção de São Paulo onde todas as faixas etárias perceberiam a redução da morbidade (Andreão et al., 2020). Diante dessa realidade, as mesmas quatro regiões metropolitanas, dessa vez com dados de 2015 a 2018, e com foco nas internações de crianças e idosos em razão de doenças respiratórias, demonstraram que a adequação dos níveis de MP no ar, junto com demais poluentes preconizados pela OMS, geraria uma economia superior a 1 milhão de dólares ao serviço público de saúde (Fernandes et al., 2020).

Já uma estratégia que não aparenta trazer resultados satisfatórios foi investigada por Teixeira et al., (2020) que consiste na substituição do diesel para caminhões pesados por gás natural liquefeito. Os efeitos sobre a saúde da população de 12 cidades do estado de São Paulo foram estimados a partir dessa política com base na redução de MP que a intervenção propõe, sendo que foi identificada uma redução da mortalidade de idosos considerada insuficiente e, no caso de mortes de crianças, essa diminuição foi ínfima.

Adicionalmente, o estudo com imagens de satélite avaliou a concentração de MP para todos os municípios brasileiros entre 2014 e 2018, no qual chegou-se à conclusão de que caso a concentração de MP fosse mais restrita que o atual padrão brasileiro, quase 50 mil mortes de adultos por todas as causas seriam evitadas, outras 24 mil por doenças cardiopulmonares e quase 1800 por câncer de pulmão (Andreão e Albuquerque, 2021). A cidade de Recife foi objeto de uma projeção de mortes evitáveis em razão da poluição com base nos novos e mais restritos limites de MP recomendados pela OMS em 2021, em que se demonstrou mais 180 mortes evitadas e 84 internações por problemas respiratórios e cardíacos (Leão, Zhang e Júnior, 2022). No mesmo estudo, foi estimado que a expectativa de vida dos recifenses aumentaria em 15 meses e os custos de saúde associados a essa adequação de emissões seria \$150 milhões de dólares.

Quadro 01: Elementos Estruturais da Revisão da Literatura

Autor	Cidade/País	Ano	Periódico	Título
Santos et al.	Sao Paulo	2014	Journal Of The Air & Waste Management Association	The effect of air pollutants on birth weight in medium-sized towns in the state of São Paulo
Cesar, Carvalho e Nascimento	Brasil	2015	Brazilian Journal Of Medical And Biological Research	Association between NOx exposure and deaths caused by respiratory diseases in a medium-sized Brazilian city

REFLEXOS DOS EFEITOS CLIMÁTICOS NA SAÚDE: A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO URBANA E POLUIÇÃO DO AR

Rainho et al.	Rio de Janeiro	2016	<i>Air Quality, Atmosphere & Health</i>	Biomonitoring of tunnel workers exposed to heavy air pollution in Rio de Janeiro
Pereira et al.	Uberlândia	2017	Environmental Science And Pollution Research	Integrated monitoring for environmental health impact assessment related to the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil
Pereira et al.	São Paulo	2017	Atmospheric Chemistry and Physics	Particulate pollutants in the Brazilian city of São Paulo: 1-year investigation for the chemical composition and source apportionment
Gemeiner et al.	Goiânia	2017	Environmental Science and Pollution Research	Elemental and isotopic determination of lead (Pb) in particulate matter in the Brazilian city of Goiânia (GO) using ICP-MS technique
Gouveia et al.	São Paulo	2017	Revista de Saúde Pública	Poluição do ar e hospitalizações na maior metrópole brasileira
Targino et al.	Londrina	2018	Environmental Science And Pollution Research	Commuter exposure to black carbon particles on diesel buses, on bicycles and on foot: a case study in a Brazilian city.
Marchin e Nascimento	Cuiabá	2018	<i>Cadernos de Saude Publica</i>	Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
Cartaxo et al.	Taubaté	2018	Sustainability	Issuances of Automotive Vehicles and the Impacts on Air Quality in the Largest City in the Brazilian Amazon.
Polezer et al.	Brasil	2019	<i>Scientific Reports,</i>	The influence that different urban development models has on PM2.5 elemental and bioaccessible profiles.
Nogueira et al.	São Paulo	2019	Atmosphere	Evaluating Atmospheric Pollutants from Urban Buses under Real-World Conditions: implications of the main public transport mode in São Paulo, Brazil.
Santos, Cardeal e Menezes	Belo Horizonte	2020	Chemosphere	Phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and their oxygenated and nitrated derivatives in the ambient air of a Brazilian urban area.
Andreão et al.	São Paulo	2020	Journal Of Environmental Management	Quantifying the impact of particle matter on mortality and hospitalizations in four Brazilian metropolitan areas.

Fernandes et al.	São Paulo	2020	Environmental Science And Pollution Research	Avoiding hospital admissions for respiratory system diseases by complying to the final Brazilian air quality standard: an estimate for brazilian southeast capitals.
Teixeira et al.	São Paulo	2020	Atmospheric Environment	PM emissions from heavy-duty trucks and their impacts on human health.
Al-Kindi et al.	Global	2020	Nature Reviews Cardiology	Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution.
Andreão e Albuquerque	Brasil	2021	. Environmental Research	Avoidable mortality by implementing more restrictive fine particles standards in Brazil: an estimation using satellite surface data.
Da Rocha et al.	Brasil	2022	<i>Journal of the Brazilian Chemical Society</i>	Nitrogen Oxides Levels in the Atmosphere of Different Brazilian Urban Centers, by Passive Sampling
Leão, Zhang e Júnior	Recife	2022	Environmental Geochemistry And Health	Effect of particulate matter (PM2.5 and PM10) on health indicators: climate change scenarios in a brazilian metropolis.
Lima et al.	Recife	2023	Science Of The Total Environment	Baseline concentrations, source apportionment, and probabilistic risk assessment of heavy metals in urban street dust in Northeast Brazil.

Fonte: Elaboração própria

4 CONCLUSÃO

Observa-se, portanto, que este artigo analisa os principais estudos científicos sobre a interrelação e consequências das mudanças climáticas e os impactos sobre as doenças respiratórias e cardiovasculares na saúde. A proposta não foi explorar todos os aspectos temáticos das consequências da poluição do ar sobre o ser humano e, sim, a intenção de abordar o máximo de estudos que analisaram os efeitos das mudanças climáticas e saúde humana dentro do lapso temporal e restrito aos efeitos climáticos. Buscou-se também, estimular o debate para promover futuras pesquisas, estratégias e políticas públicas relacionadas a esse fenômeno natural e reflexos na população brasileira.

O foco foi examinar as conclusões de diferentes artigos sobre o tema, seguindo critérios de seleção definidos pela U.S. National Library of Medicine (PubMed) e pela Scientific Electronic Library Online (SciELO). É importante observar que a análise se baseou em 21 artigos científicos publicados entre 2014 e 2023, o que pode limitar a amplitude dos estudos. Essa revisão da literatura destaca a necessidade urgente de discutir os efeitos das mudanças climáticas, especialmente no que se refere ao agravamento ou à ocorrência de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Os estudos analisados mostram que os desafios relacionados à governança das mudanças climáticas no Brasil estão intrinsecamente ligados ao aumento das internações de crianças e adultos em hospitais devido a doenças pulmonares e cardiovasculares. Assim, é crucial que esses fatores sejam continuamente incorporados nas estruturas de governança tanto em nível regional quanto nacional. Somente com políticas públicas bem implementadas, voltadas para a redução das emissões de gases, combate às queimadas e ao desmatamento, é que se pode alcançar resultados efetivos.

A estratégia de ocupação do solo e o modelo de transporte individual e rodoviário adotados pelas cidades brasileiras acarretam uma série de problemas, entre eles as implicações para a saúde humana. Nesse ensaio, pôde-se notar tais prejuízos em cidades grandes e de médio porte, mas também que há alternativas para a melhoria desses indicadores de qualidade do ar. Há que se considerar, contudo, que os estudos compartilham da limitação de não acompanharem os habitantes das cidades ao longo do tempo e os prejuízos da exposição à poluição no longo prazo. Desse modo, é possível que os efeitos para a saúde e suas implicações econômicas sejam subestimados. Considerando os altos custos para os sistemas de saúde e que as iniciativas já adotadas, como a renovação das frotas de caminhões e ônibus, apresentam resultados interessantes, há um caminho promissor na direção do atingimento de metas ambientais mais ousadas.

REFERÊNCIAS

- AL-KINDI, Sadeer G.; BROOK, Robert D.; BISWAL, Shyam; RAJAGOPALAN, a. **Nature Reviews Cardiology**, [S.L.], v. 17, n. 10, p. 656-672, 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41569-020-0371-2>.
- ANDREÃO, Willian Lemker; ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida. Avoidable mortality by implementing more restrictive fine particles standards in Brazil: an estimation using satellite surface data. **Environmental Research**, [S.L.], v. 192, p. 110288, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2020.110288>
- ANDREÃO, Willian Lemker; PINTO, Janaina Antonino; PEDRUZZI, Rizzieri; KUMAR, Prashant; ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida. Quantifying the impact of particle matter on mortality and hospitalizations in four Brazilian metropolitan areas. **Journal Of Environmental Management, Atmospheric Chemistry and Physics**, [S.L.], v. 270, p. 110840, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110840>. doi: 10.5194/ acp-17-11943-2017
- CARTAXO, Elizabeth; VALOIS, Ilsa; MIRANDA, Vladimiro; COSTA, Marcia. Issuances of Automotive Vehicles and the Impacts on Air Quality in the Largest City in the Brazilian Amazon. **Sustainability**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 4091, 8 nov. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su10114091>.
- CÉSAR, A. C. G.; CARVALHO JUNIOR, J. A.; NASCIMENTO, L. F. C.. Association between NOx exposure and deaths caused by respiratory diseases in a medium-sized Brazilian city. **Brazilian Journal Of Medical And Biological Research**, [S.L.], v. 48, n. 12, p. 1130-1135, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1414-431x20154396>.

COELHO, S. Z. S. M. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

CORDEIRO, Alexander Magno; OLIVEIRA, Glória Maria de; RENTERÍA, Juan Miguel; GUIMARÃES, Carlos Alberto. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 428-431, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69912007000600012>.

DA ROCHA, F. O., BARBOSA, J. L., CAMPOS, V. P., e ALVES, R. S. (2022). Nitrogen Oxides Levels in the Atmosphere of Different Brazilian Urban Centers, by Passive Sampling. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 33(2), 143–156. doi: 10.21577/0103-5053.20210131.

DAPPER, Steffani Nikoli; SPOHR, Caroline; ZANINI, Roselaine Ruviano. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016.

FERNANDES, Matheus Augusto de Oliveira; ANDREÃO, Willian Lemker; MACIEL, Felipe Marinho; ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida. 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**, [S.L.], v. 27, n. 29, p. 35889-35907, 29 jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-07772-x>.

GEMEINER, Hendryk et al. Elemental and isotopic determination of lead (Pb) in particulate matter in the Brazilian city of Goiânia (GO) using ICP-MS technique. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 20616-20625, 2017.

GASTMANS, Didier; KIANG, Chang Hung. Elemental and isotopic determination of lead (Pb) in particulate matter in the Brazilian city of Goiânia (GO) using ICP-MS technique. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 24, n. 25, p. 20616-20625, 15 jul. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-9687-9>.

GOUVEIA, Nelson; CORRALLO, Flavia Prado; LEON, Antônio Carlos Ponce de; JUNGER, Washington; FREITAS, Clarice Umbelino de. Poluição do ar e hospitalizações na maior metrópole brasileira. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 51, p. 117, 4 dez. 2017. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2017051000223>.

LEÃO, Marcos Lorrain Paranhos; ZHANG, Linjie; SILVA JÚNIOR, Flavio Manoel Rodrigues da. Effect of particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) on health indicators: climate change scenarios in a brazilian metropolis. **Environmental Geochemistry And Health**, [S.L.], v. 45, n. 5, p. 2229-2240, 23 jul. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-022-01331-8>.

LIMA, Luiz Henrique Vieira; NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; SILVA, Fernando Bruno Vieira da; ARAÚJO, Paula Renata Muniz. Baseline concentrations, source apportionment, and probabilistic risk assessment of heavy metals in urban street dust in Northeast Brazil. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 858, p. 159750, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159750>.

MACHIN, Adrian. Blanco., e NASCIMENTO, L FERNANDO COSTA. (2018). Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, 34(3), 1–9. doi: 10.1590/0102-311X00006617

MARIO, M. P. J. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano**: Análise na cidade de Porto Alegre, RS. 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012

NOGUEIRA, Thiago; DOMINUTTI, Pamela A.; VIEIRA-FILHO, Marcelo; FORNARO, Adalgiza; ANDRADE, Maria de Fatima. Evaluating Atmospheric Pollutants from Urban Buses under Real-World Conditions: implications of the main public transport mode in são paulo, brazil. **Atmosphere**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 108, 1 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos10030108>.

PEREIRA, Boscolli Barbosa; CUNHA, Paolla Brandão da; SILVA, Guilherme Gomes; CAMPOS JÚNIOR, Edimar Olegário de; MORELLI, Sandra; VIEIRA FILHO, Cláudio Alves; LIMA, Euclides Antônio Pereira de; BARROZO, Marcos Antônio Souza. Integrated monitoring for environmental health impact assessment related to the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 2572-2577, 8 nov. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-8039-5>.

PEREIRA, Guilherme Martins., TEINILÃ, Kimmo, CUSTÓDIO, Danilo, SANTOS, Aldenor Gomes., XIAN, HUANG, HILLAMO, Risto; VASCONCELLOS Pérola de Castro. (2017). Particulate pollutants in the Brazilian city of São Paulo: 1-year investigation for the chemical composition and source apportionment. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 17, n. 19, p. 11943-11969, 2017

POLEZER, Gabriela, OLIVEIRA, Andrea, POTGIETER-VERMAAK, Sanja, GODOI, Ana Fl., DE SOUZA, Rodrigo Af, YAMAMMOTO, Carlos I., ... GODOI, Ricardo Hm. (2019). The influence that different urban development models has on PM2.5 elemental and bioaccessible profiles. **Scientific Reports**, 9(1), 1–12.

RAINHO, Claudia R.; CORRÊA, Sérgio M.; AIUB, Claudia A. F.; FELZENSZWALB, Israel. Biomonitoring of tunnel workers exposed to heavy air pollution in Rio de Janeiro, Brazil. **Air Quality, Atmosphere & Health**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 881-886, 1 fev. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-016-0391-6>.

RODRIGUES, Joana Celia Moraes et al. **O nexó água-energia-alimentos aplicado ao contexto da Amazônia Paraense**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Pará, 2017.

SANTOS, Luis H.M. dos; KERR, Américo A.F.s.; VERÍSSIMO, Thiago G.; ANDRADE, Maria de Fatima; MIRANDA, Regina Maura de; FORNARO, Adalgiza; SALDIVA, Paulo. Analysis of atmospheric aerosol (PM2.5) in Recife city, Brazil. **Journal Of The Air & Waste Management Association**, [S.L.], v. 64, n. 5, p. 519-528, 25 abr. 2014. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10962247.2013.854282>.

SANTOS, Rosimeire Resende dos; CARDEAL, Zenilda de Lourdes; MENEZES, Helvécio Costa. Phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and their oxygenated and nitrated derivatives in the ambient air of a Brazilian urban area☆. **Chemosphere**, [S.L.], v. 250, p. 126223, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126223>.

SANTOS, Veridiana de Paula; MEDEIROS, Andréa Paula Peneluppi de; LIMA, Thaiza Agostini Córdoba de; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. The effect of air pollutants on birth weight in medium-sized towns in the state of São Paulo. **Revista Paulista de Pediatria**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 306-312, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-05822014000400005>.

TARGINO, Admir Créso; RODRIGUES, Marcos Vinicius C.; KRECL, Patricia; CIPOLI, Yago Alonso; RIBEIRO, João Paulo M. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 1132-1146, 27 out. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-0517-x>.

TEIXEIRA, Ana Carolina Rodrigues; BORGES, Raquel Rocha; MACHADO, Pedro Gerber; MOUETTE, Dominique; RIBEIRO, Flavia Noronha Dutra. PM emissions from heavy-duty trucks and their impacts on human health. **Atmospheric Environment**, [S.L.], v. 241, p. 117814, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117814>.