



(Foto: Mavinho Acoroni. Reprodução)

As cidades enfrentam os maiores desafios das mudanças climáticas devido à densidade populacional e à infraestrutura inadequada

# A importância das cidades na crise climática

\* Maria de Fátima Andrade

## Resumo

As cidades são agentes determinantes nas mudanças climáticas por darem origem a maior parte da emissão de gases de efeito estufa, e são também as mais impactadas pelos eventos climáticos extremos, por abrigarem a maior parte da população humana. Globalmente já há mais pessoas vivendo em áreas urbanas que rurais e essa tendência à urbanização é crescente. Se não houver a preparação das cidades para os eventos extremos que estão ocorrendo de forma mais frequente, poderá haver muitas perdas humanas e materiais.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; Cidades; Urbanização; Eventos extremos; Infraestrutura verde

## Introdução

O reconhecimento do papel fundamental das cidades nas mudanças climáticas é um fenômeno relativamente recente. Até o início dos anos 2000, a atenção estava voltada para os impactos das emissões de poluentes em uma escala local, como problemas de saúde pública e degradação ambiental. No entanto, com o avanço das pesquisas e a intensificação dos eventos climáticos extremos, ficou evidente que as cidades desempenham um papel crucial no aquecimento global e na crise climática. Atualmente, sabemos que as áreas urbanas são responsáveis por mais de 75% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), particularmente devido à geração de energia, transporte e construção civil. Esse dado é alarmante, considerando que as cidades ocupam menos de 5% da superfície terrestre [1].

A produção de energia, especialmente para eletricidade e transporte, e a indústria de cimento são as principais fontes de emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) nas áreas urbanas. Além disso, a gestão inadequada de resíduos sólidos urbanos contribui significativamente para as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ), um dos GEE mais potentes. Assim, as cidades não apenas consomem recursos em uma escala desproporcional à sua área, mas também têm um impacto desmedido no equilíbrio climático do planeta [2].

Os poluentes emitidos pela queima de combustíveis fósseis, como monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COVs), óxidos de nitrogênio (NOx) e

material particulado (MP), não apenas prejudicam a saúde, mas também têm impactos climáticos substanciais. Esses compostos são classificados como “poluentes climáticos de vida curta”, porque, uma vez na atmosfera, sofrem reações químicas que produzem outros poluentes, como o ozônio ( $\text{O}_3$ ) e partículas finas, aquela com diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 micrometros. O ozônio é um poluente fotoquímico significativo e um potente GEE que contribui para o aquecimento global.

O material particulado desempenha um papel duplo na atmosfera: ele pode refletir ou absorver a radiação solar, sendo que a absorção é devido ao *black carbon*, que contribui para os aquecimentos local e global. Nas cidades, o *black carbon* é um dos principais componentes da poluição do ar e está associado a sérios problemas de saúde respiratória e cardiovascular [3].

## Impacto Urbano na Economia, Saúde e Clima

As cidades são o motor da economia global, gerando aproximadamente 80% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, segundo o Banco Mundial [1]. No entanto, essa concentração de atividades econômicas também resulta em uma produção maciça de resíduos e poluentes. Estima-se que as áreas urbanas produzam cerca de 50% do lixo mundial, e a gestão inadequada desses resíduos agrava problemas ambientais e de saúde (Figura 1).

Cerca de 40% do crescimento urbano ocorre em assentamentos informais ou favelas, onde o acesso a saneamento básico, água potável e serviços de saúde é precário [3]. Essas condições de vida insalubres tornam as populações urbanas mais vulneráveis a doenças e a impactos climáticos, como enchentes e ondas de calor. Além disso, com as novas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a qualidade do ar, sabe-se que 91% da população mundial respira ar poluído, excedendo os limites seguros recomendados para a concentração de poluentes [3].

## Desafios Climáticos e Sociais nas Áreas Urbanas

As cidades enfrentam os maiores desafios relacionados às mudanças climáticas devido à sua densidade populacional e à infraestrutura muitas vezes inadequada para lidar com eventos climáticos extremos. Enchentes, secas, ondas de calor e tempestades severas não apenas causam danos físicos, mas também têm impactos sociais e econômicos profundos. Cidades de países em desenvolvimento, onde o planejamento urbano é deficiente, são particularmente vulneráveis, mas mesmo as cidades em países desenvolvidos não estão imunes aos riscos climáticos (Figura 2).

Esses eventos climáticos extremos afetam diretamente indicadores de bem-estar, como a moradia adequada, o acesso à saúde e o suporte socioeconômico. Os mais vulneráveis — incluindo



**Figura 1.** Estima-se que as áreas urbanas produzam cerca de 50% do lixo mundial.

mulheres, crianças, minorias étnicas, comunidades pobres, migrantes, refugiados, idosos e pessoas com doenças crônicas — são os mais afetados, exacerbando as desigualdades sociais preexistentes. A vulnerabilidade urbana às mudanças climáticas está intrinsecamente ligada à pobreza e à falta de acesso a recursos essenciais, o que impede que essas populações se adaptem e respondam adequadamente aos desafios climáticos. Nos últimos anos, ocorreram vários eventos que levaram a perda de vidas, biodiversidade e de propriedades, incluindo o Brasil, que vivenciou as enchentes no Rio Grande do Sul e a seca no Norte e na região central do país. As secas no Pantanal têm sido responsáveis por grande perda de biodiversidade. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) reportam que o número de focos de queimadas de 2024 já superam os números de 2020, que havia sido o mais destrutivo da série histórica.

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em 2023, houve o maior número de ocorrências de desastres no Brasil, com grandes perdas de vidas e danos materiais [4].

Estima-se que cerca de 2 bilhões de pessoas vivam em áreas urbanas de alto risco para alagamentos. As cidades não apenas impactam diretamente as áreas onde estão localizadas, mas também exercem pressão sobre ecossistemas periurbanos e rurais distantes. Essa pressão resulta na degradação ambiental e na migração de populações, o que pode agravar ainda mais os problemas urbanos. Portanto, é essencial que os governos urbanos e as comunidades

*“Atualmente, sabemos que as áreas urbanas são responsáveis por mais de 75% das emissões globais de gases de efeito estufa.”*

locais adotem uma abordagem integrada para gerenciar essas ameaças interconectadas, considerando as consequências sociais, econômicas e de saúde das ocupações de áreas que deveriam ser preservadas para manutenção de vegetação e de recursos hídricos [5].

## Resiliência Urbana e Adaptação às Mudanças Climáticas

Para enfrentar os desafios climáticos nas áreas urbanas, é necessário adotar uma abordagem sistêmica e flexível, que inclua o desenvolvimento institucional, a capacitação, o planejamento financeiro e a avaliação de múltiplos riscos [6]. O planejamento urbano e o desenvolvimento baseados em riscos são essenciais para criar infraestruturas resilientes que possam suportar eventos climáticos extremos. Além disso, é importante integrar serviços ecossistêmicos, melhorar os sistemas de gestão de emergências e aumentar a conscientização dos residentes sobre os riscos climáticos.

Sistemas de alerta precoce são ferramentas cruciais para ajudar as comunidades, profissionais de saúde e administradores civis a se prepararem e responderem às crises climáticas. Esses sistemas, quando bem implementados, podem salvar vidas e minimizar danos. O mapeamento da ocorrência de eventos de altas temperaturas, por exemplo, permite que os governos identifiquem áreas e populações vulneráveis ao calor extremo, implementando medidas para protegê-las. Esses esforços são



(Foto: Flávio Dutra/UFRGS. Reprodução)

**Figura 2.** Enchentes, secas, ondas de calor e tempestades severas têm impactos sociais e econômicos profundos nas cidades.

particularmente importantes em um cenário em que se espera que eventos climáticos extremos, como ondas de calor, se tornem mais frequentes e intensos devido às mudanças climáticas.

A vulnerabilidade das cidades a desastres climáticos pode ser vista como uma limitação estrutural e social que impede comunidades de se adaptarem adequadamente a esses eventos. As populações mais pobres são frequentemente as mais afetadas, não apenas por sua localização em áreas de risco, mas também pela falta de acesso a recursos e serviços essenciais. Mulheres, crianças e idosos estão entre os grupos mais vulneráveis, pois enfrentam maiores riscos durante eventos climáticos extremos, como ondas de calor, que podem causar desidratação, insolação e agravar condições de saúde preexistentes.

## Impacto das ondas de calor e a poluição do ar na saúde urbana

As ondas de calor e a poluição do ar são dois dos maiores riscos à saúde nas áreas urbanas, e ambos tendem a se intensificar com as mudanças climáticas. Um estudo de Libonati et al. (2022) [7] avaliou eventos de ocorrência combinada de secas e ondas de calor no Brasil, analisando as condições de ocorrência e o aumento da mortalidade e de nascimentos pré-termo. O estudo de Leão et al. (2023) [8] avaliou o impacto dos poluentes combinados com aumento de temperatura em cidade do Nordeste, mostrando que haverá aumento da mortalidade e morbidade (Figura 3).

Esses resultados sublinham a necessidade urgente de estratégias integradas para lidar com os efeitos combinados do calor extremo e da poluição do ar nas cidades. Além disso, as mudanças climáticas exacerbam os perigos climáticos e os riscos à saúde, destacando a importância de construir sistemas de saúde resilientes ao clima. Para isso, é essencial desenvolver estratégias eficazes de adaptação, implementar tecnologias inovadoras e garantir financiamento sustentável para proteger populações vulneráveis e manter os serviços de saúde em operação durante crises climáticas.

## Resiliência dos sistemas de saúde ao clima

Um sistema de saúde resiliente ao clima depende de uma força de trabalho bem treinada e preparada para lidar com riscos climáticos, promover a conscientização pública e educar a população sobre os riscos à saúde associados às mudanças climáticas. Além disso, é crucial integrar dados climáticos em sistemas de informação de saúde e desenvolver sistemas de alerta precoce para eventos

*“As cidades não apenas impactam diretamente as áreas onde estão localizadas, mas também exercem pressão sobre ecossistemas periurbanos e rurais distantes.”*

climáticos extremos. Isso permitirá uma resposta mais eficaz e oportuna a emergências de saúde pública causadas por desastres climáticos.

Sistemas de alerta precoce têm sido testados e aprimorados em várias partes do mundo para ajudar comunidades e profissionais de saúde a se prepararem melhor para choques climáticos. Por exemplo, o mapeamento de calor tem se mostrado uma ferramenta eficaz para governos identificarem as populações mais vulneráveis ao calor extremo e desenvolverem medidas de proteção. Isso inclui a criação de abrigos contra o calor, campanhas de conscientização pública e a melhoria das capacidades adaptativas e de resiliência das comunidades.

Segundo o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR), 3,5 bilhões de pessoas em todo o mundo são altamente vulneráveis aos

impactos de eventos climáticos severos [6]. Projetar sistemas de alerta precoce centrados nas pessoas significa envolver diretamente as comunidades potencialmente afetadas e considerar as necessidades de toda a população, inclusive as mais vulneráveis. Isso requer implementar estratégias de mitigação e adaptação eficazes e inovadoras, em colaboração com as populações afetadas.

## Como o aquecimento global agrava os riscos climáticos nas cidades

Em um mundo que está ficando cada vez mais quente, o aumento das temperaturas do ar agrava o efeito de “ilha de calor urbano” nas cidades. Um dos maiores riscos associados a isso são as ondas de calor, que podem afetar metade da população

urbana global no futuro, trazendo impactos negativos tanto para a saúde humana quanto para a produtividade econômica (IPCC, 2022) [5]. O calor interage com as infraestruturas urbanas, como ruas e casas, aumentando os riscos. Por exemplo, temperaturas urbanas mais altas podem fazer com que a infraestrutura superaqueça e falhe, além de aumentar a concentração de poluentes do ar, como o ozônio, que são prejudiciais à saúde.

A alta densidade de estradas e edifícios nas áreas urbanas também aumenta a quantidade de superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, que não absorvem água. Isso, combinado com eventos de precipitação intensa cada vez mais frequentes, aumenta o risco de inundações urbanas. Esse risco é ainda maior para assentamentos costeiros, que são vulneráveis ao aumento do nível do mar e às ondas de tempestade causadas por ciclones tropicais [5].

Nas cidades, diferentes grupos de pessoas enfrentam diferentes níveis de risco. Muitos moradores de baixa renda vivem em assentamentos informais, frequentemente localizados ao longo de costas ou rios, aumentando muito sua exposição e vulnerabilidade a perigos causados pelas mudanças climáticas. Nas áreas urbanas de Gana, por exemplo, os riscos de inundações urbanas podem agravar os problemas de saúde, resultando em surtos de doenças como malária, tifoide e cólera. Esses surtos tendem a afetar desproporcionalmente as comunidades mais pobres.



(Foto: Fernando Frazão/Agência Brasil. Reprodução)

Figura 3. Ondas de calor e poluição do ar são dois dos maiores riscos à saúde nas áreas urbanas.

*“Mulheres, crianças e idosos estão entre os grupos mais vulneráveis, pois enfrentam maiores riscos durante eventos climáticos extremos, como ondas de calor, que podem causar desidratação, insolação e agravar condições de saúde preexistentes.”*

Outro risco severo nas cidades e assentamentos urbanos é a redução da disponibilidade de água. À medida que as áreas urbanas crescem, aumenta a quantidade de água necessária para atender às necessidades básicas das pessoas e das indústrias. Quando a demanda crescente é combinada com a escassez de água devido à redução das chuvas causada pelas mudanças climáticas, a gestão dos recursos hídricos torna-se uma questão crítica. Grupos de baixa renda já enfrentam grandes desafios para acessar água, e a situação tende a piorar devido ao aumento dos conflitos por recursos escassos, aumento dos preços da água e diminuição da infraestrutura em assentamentos informais em constante expansão.

## Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para mitigação e adaptação climática

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) emergem como uma abordagem promissora para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover

a resiliência urbana. Essas soluções utilizam processos naturais e ecossistêmicos para enfrentar desafios urbanos, como a poluição do ar, o gerenciamento de águas pluviais e a proteção contra inundações.

*Benefícios das SBN nas Cidades:*

### 1. Sequestro de Carbono e Mitigação Climática:

A restauração e preservação de ecossistemas naturais, como florestas urbanas e áreas úmidas, contribuem significativamente para o sequestro de carbono. Essas áreas absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera, ajudando a mitigar as emissões de GEE. Além disso, as cidades podem implementar iniciativas como a criação de telhados verdes e a arborização urbana para aumentar o sequestro de carbono em áreas densamente povoadas.

### 2. Redução de Emissões de Poluentes:

As SBN também são eficazes na redução de poluentes atmosféricos. A implantação de corredores verdes, parques e jardins urbanos auxilia na filtragem de partículas e poluentes presentes no ar, melhorando a qualidade do ar e, conseqüentemente, a saúde pública. A vegetação urbana atua como um filtro

natural, capturando material particulado e absorvendo gases tóxicos, como o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).

### 3. Mitigação do Efeito de Ilha de Calor Urbano:

Áreas verdes nas cidades desempenham um papel crucial na mitigação do efeito de ilha de calor urbano. A vegetação fornece sombra e evapotranspiração, que ajudam a reduzir as temperaturas locais. Isso é particularmente importante em áreas densamente construídas, onde o calor retido pelo asfalto e concreto pode elevar as temperaturas locais em vários graus, exacerbando o desconforto térmico e os riscos à saúde.

### 4. Promoção da Resiliência Urbana:

SBN, como a restauração de rios urbanos, a criação de telhados verdes e a implementação de sistemas de bio-retenção, aumentam a resiliência das cidades a eventos climáticos extremos. Essas soluções ajudam a gerenciar o escoamento de águas pluviais, reduzindo o risco de inundações e erosão, além de melhorar a gestão de recursos hídricos em áreas urbanas.

### 5. Incentivo à Mobilidade Sustentável:

O planejamento urbano

que integra SBN pode promover a mobilidade ativa e sustentável. Corredores verdes e ciclovias conectadas a espaços naturais incentivam o uso de bicicletas e caminhadas, reduzindo a dependência de veículos motorizados e, por conseguinte, as emissões de GEE. Além disso, a presença de áreas verdes pode melhorar a qualidade de vida dos residentes, promovendo um estilo de vida mais saudável e ativo.

## 6. Conservação da Biodiversidade Urbana:

A restauração de *habitats* naturais e a criação de áreas protegidas dentro das cidades são essenciais para a conservação da biodiversidade. Esses espaços fornecem refúgio para a fauna e a flora urbanas, contribuindo para a saúde dos ecossistemas locais e a provisão de serviços ecossistêmicos, como polinização e controle biológico de pragas.

## Conclusão

O fortalecimento da saúde urbana e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas dependem de estratégias integradas que promovam a resiliência, a sustentabilidade e o bem-estar das populações urbanas. As

cidades têm o potencial de liderar a luta contra as mudanças climáticas, implementando políticas e medidas que promovam uma urbanização sustentável e equitativa, considerando as disparidades de acesso às construções seguras, aos serviços de saúde e sistemas de alertas e de mitigação dos impactos climáticos. A adoção de Soluções Baseadas na Natureza, juntamente com o fortalecimento dos sistemas de saúde e a promoção da conscientização pública, são passos essenciais para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e garantir um futuro resiliente e saudável para as gerações futuras.

\* **Maria de Fátima Andrade é professora do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP). É membro da Academia Brasileira de Ciências e da Academia de Ciências do Estado de São Paulo.**

## Referências

1. THE WORLD BANK. Urban Development. World Bank Group, Washington, 2024. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>. Acesso em: 17 ago. 2024.
2. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN). Cities and nature. IUCN, Gland, out. 2023. Disponível em: <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/cities-and-nature>. Acesso em: 17 ago. 2024.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Urban health. WHO, Geneva, 2024.

Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/urban-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/urban-health#tab=tab_1). Acesso em: 18 ago. 2024.

4. [CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). Boletim de Impactos. Cemaden, São José dos Campos, 2024. Disponível: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/boletim-de-impactos>. Acesso em: 18 ago. 2024.
5. DODMAN, D.; HAYWARD, B.; PELLING, M.; CASTAN BROTO, V.; CHOW, W.; CHU, E.; DAWSON, R.; KHIRFAN, L.; MCPHEARSON, T.; PRAKASH, A. et al. 2022: Cities, settlements and key infrastructure. In: Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
6. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Nações Unidas no Brasil, Brasília, 2024. Disponível em: [www.brasil.un.org](http://www.brasil.un.org). Acesso em: 18 ago. 2024.
7. LIBONATI, R.; GEIRINHAS, J. L.; SILVA, P. S.; SANTOS, D. M.; RODRIGUES, J. A.; RUSSO, A.; TRIGO, R. M. Drought-heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, v. 1517, n. 1, p. 44-62, 2022.
8. LEÃO, M. L. P.; ZHANG, L.; SILVA JÚNIOR, F. M. R. Effect of particulate matter (PM2.5 and PM10) on health indicators: climate change scenarios in a Brazilian metropolis. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 45, p. 2229-2240, 2023.