

RIO DE JANEIRO  
GLOBAL CENTER  
CLIMATE HUB

+Thinking  
Doing  
Columbia  
Global



# Desafios Urbanos em Tempos de Calor Extremo

## **Autores**

Beatriz Triani

Guilherme Campbell

## **Revisão**

Camila Pontual

Laryssa Nunes

Thomas Trebat

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>4</b>
----------	-------------------	----------

---

<b>2</b>	<b>Eventos extremos e mudanças climáticas: o fenômeno das ondas de calor e a formação de ilhas de calor urbanas</b>	<b>6</b>
----------	---	----------

---

<b>3</b>	<b>Políticas Públicas para enfrentar os riscos: o caso do Rio de Janeiro</b>	<b>14</b>
----------	--	-----------

---

<b>4</b>	<b>Casos globais</b>	<b>27</b>
----------	----------------------	-----------

---

<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>31</b>
----------	------------------	-----------

---

<b>6</b>	<b>Referências</b>	<b>35</b>
----------	--------------------	-----------

---

# Introdução





**A cidade do Rio de Janeiro possui condições geográficas e meteorológicas específicas que o fazem naturalmente sensível a eventos climáticos como alagamentos, deslizamentos de terra e ondas de calor.**

Apesar da familiaridade com altas temperaturas, principalmente nos dias de verão, o cenário atual tem ultrapassado os níveis de normalidade da cidade e da segurança à saúde, exigindo mudanças estruturais para aumentar sua resiliência frente ao novo desafio.

Dessa maneira, este artigo analisa o impacto das mudanças climáticas na ocorrência das ondas de calor e na formação das ilhas de calor urbanas, com ênfase no caso do Rio de Janeiro, mas também dialogando com outros exemplos ao redor do globo.

O objetivo é destacar as estratégias que têm sido desenvolvidas pela comunidade científica e pelos tomadores de decisão na formulação e implementação de políticas municipais de adaptação.



# Eventos extremos e mudanças climáticas: o fenômeno das ondas de calor e a formação de ilhas de calor urbanas





De acordo com o sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), as evidências científicas são inequívocas em mostrar que a atividade humana, principalmente através da emissão de gases de efeito estufa (GEE), foi responsável por causar um aumento na temperatura terrestre em relação aos níveis pré-industriais. No período entre 2011 e 2020, a Terra apresentou médias de temperatura 1,09°C mais altas que no período de 1850 a 1900, criando novas configurações de vulnerabilidade e provocando prejuízos sociais e financeiros sem precedentes (IPCC, 2023).

**Como consequência desse aquecimento atmosférico, temos observado uma maior ocorrência e intensidade de fenômenos climáticos extremos que colocam as cidades em risco, como ondas de calor, precipitação intensa, secas e ciclones tropicais.**

Além dos gastos financeiros que esse novo cenário representa, já que, por exemplo, a maior parte dos danos monetários às cidades é causado por enchentes<sup>1</sup>, a mudança do clima causada pela atividade humana também tem impactado diretamente a vida de suas populações.



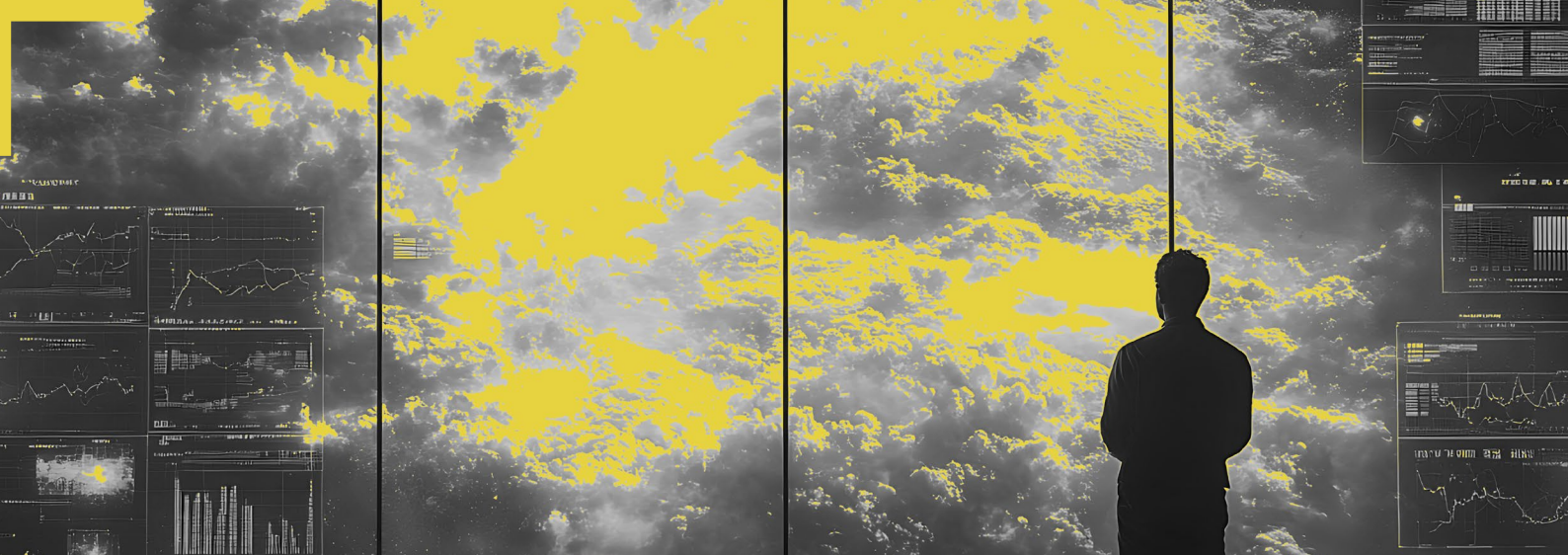
O IPCC (2023) estima que até o final do século XXI, a maior parte das regiões da América do Sul serão submetidas a estresse térmico extremo mais frequente do que no passado recente e que as áreas urbanas brasileiras irão enfrentar um aumento nos índices de mortalidade relacionado às ondas de calor. O calor extremo pode gerar impactos na saúde da população, afetando principalmente locais que não possuem áreas arborizadas e que concentram ilhas de calor. Esses efeitos podem significar a longo prazo uma sobrecarga nos serviços públicos de saúde e a sobreposição de vulnerabilidades em parcelas da população que já são as mais afetadas por condições socioeconômicas.

A ocorrência de fenômenos meteorológicos é parte natural dos ciclos climáticos, mas sua frequência, intensidade e duração têm sido alteradas significativamente. A partir do período da Revolução Industrial, a atividade humana com propósito de gerar lucro, promoveu a queima de combustíveis fósseis e a exploração desenfreada de recursos naturais, provocando alterações nos ecossistemas, na camada de ozônio e nos padrões climáticos.

**Parte da comunidade científica acredita que essas alterações foram tão significativas que marcam o início de uma nova era geológica, chamada Antropoceno, onde a espécie humana figura entre os principais determinantes do meio ambiente (Chakrabarty, 2009; Artaxo, 2014).**

De acordo com Chernilo (2017), o Antropoceno atingiu um ponto de inflexão, de modo que sua continuidade coloca em risco as condições de manutenção da vida humana.





O Relatório de Riscos Globais do Fórum Econômico Mundial demonstra que 66% dos riscos mais prováveis de gerarem uma crise em escala global em 2024 eram ambientais e que em um período de dez anos, os quatro tipos de risco que gerarão impactos mais severos serão os ambientais, sendo o primeiro tipo eventos climáticos extremos (World Economic Forum, 2024).

Nas áreas urbanas, os principais efeitos do aumento da temperatura terrestre serão sentidos na saúde humana, nos meios de subsistência, como acesso à água e à alimentos, e nas infraestruturas como sistemas de transporte, saneamento e energia, além de ondas de calor e secas cada vez mais frequentes (IPCC, 2023). Dentre os eventos agravados pelas mudanças climáticas, o calor extremo se destaca não apenas pelo impacto direto sobre a saúde humana, mas também por ser um fenômeno relativamente recente em termos de sua intensidade e frequência.

As ondas de calor e a formação de ilhas de calor são eventos relacionados que afetam principalmente áreas urbanas com alta densidade populacional e baixa vegetação, desafiando as cidades, que ainda enfrentam desafios para desenvolver protocolos eficazes para esses casos.



Dessa maneira, verificamos a importância de compreender os fenômenos relacionados à intensificação do estresse térmico em contextos urbanos, destrinchando os conceitos de ondas de calor e ilhas de calor urbanas e os diferenciando, pois apesar de possuírem efeitos semelhantes sobre os ambientes urbanos e suas populações, apresentam origens, características e implicações distintas. Perkins e Alexander (2012) destacam que apesar da existência de diversas definições para as ondas de calor, de uma maneira geral todas essas definições convergem em estabelecer dias consecutivos com temperaturas mais elevadas que o habitual.

**A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define as ondas de calor como um período de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura máxima diária é 5°C superior ao valor médio das temperaturas máximas do período de referência (Mendes et al, 2022).**



O fenômeno ocorre quando grandes massas de ar quente ficam presas em uma região por vários dias ou semanas, sendo favorecido por uma alta pressão atmosférica (Mostafa et al, 2024). A pouca movimentação do vento e a elevação dos pontos de orvalho aumentam o calor, especialmente em dias ensolarados ou parcial-

mente nublados, permitindo que a energia solar aqueça ainda mais o solo e o ar. Além disso, as ondas de calor são mais comuns no verão, pois há uma mudança mais lenta nos padrões meteorológicos, gerando períodos prolongados de calor extremo.

As ilhas de calor urbanas, por sua vez, estão associadas à mudança antropogênica no nível local, onde materiais impermeáveis como concreto e asfalto impedem a absorção da água da chuva pelo solo, prejudicando sua evaporação e convertendo a radiação em calor que aquece a superfície e o ar (Peres et al, 2018). Em contrapartida, a evaporação da água em superfícies úmidas como lagos e vegetação ajudam a reduzir o aquecimento local, evidenciando um contraste entre as áreas rurais e urbanas. Gartland (2010), por exemplo, ilustra as ilhas de calor como um “oásis inverso”, pois são regiões que apresentam temperaturas do ar e da superfície mais altas se comparadas com seu entorno não-urbano.

Apesar da diferenciação entre os dois fenômenos, Voogt e Oke (2003) afirmam que a forma, intensidade e localização das ilhas de calor são elementos que podem influenciar na ocorrência das ondas de calor, o que é corroborado por Wilby (2003), ao afirmar que essa influência exacerba o aquecimento e resulta em ondas de calor mais intensas.

As ondas de calor, assim como outros eventos climáticos extremos, se tornarão mais intensas e frequentes nos próximos anos. Estudos recentes demonstram que as ondas de calor (como a registrada em março de 2024 no Brasil) tem estado em média 1°C mais quentes que as observadas em períodos anteriores, além de ocorrerem de forma mais tardia em comparação com os padrões climáticos históricos, ou seja, fora de seu período comum de ocorrência que é durante o verão (Faranda; Alberti, 2023).

Conforme discorremos na seção anterior, as cidades são especialmente vulneráveis ao aumento da temperatura devido às ilhas de calor, justamente porque nos centros urbanos a temperatura local é mais alta que nas áreas ao redor, o que intensifica ainda mais as ondas de calor. Somada às condições específicas dos solos concretados e com baixa permeabilidade, a geometria das construções urbanas contribui para o aprisionamento de radiação solar, além de alterar fluxos de ar e dispersão de calor (Imhoff et al., 2010; Peres, 2018).

Esse aumento de temperatura nas cidades tem impactos diretos na saúde e no bem-estar da população, com aumento da mortalidade e da morbidade associada ao calor extremo, sendo capaz de agravar até mesmo problemas de saúde mental (IPCC, 2023). Além disso, doenças transmitidas por vetores têm se tornado mais frequentes em áreas afetadas por temperaturas mais altas, indicando uma relação

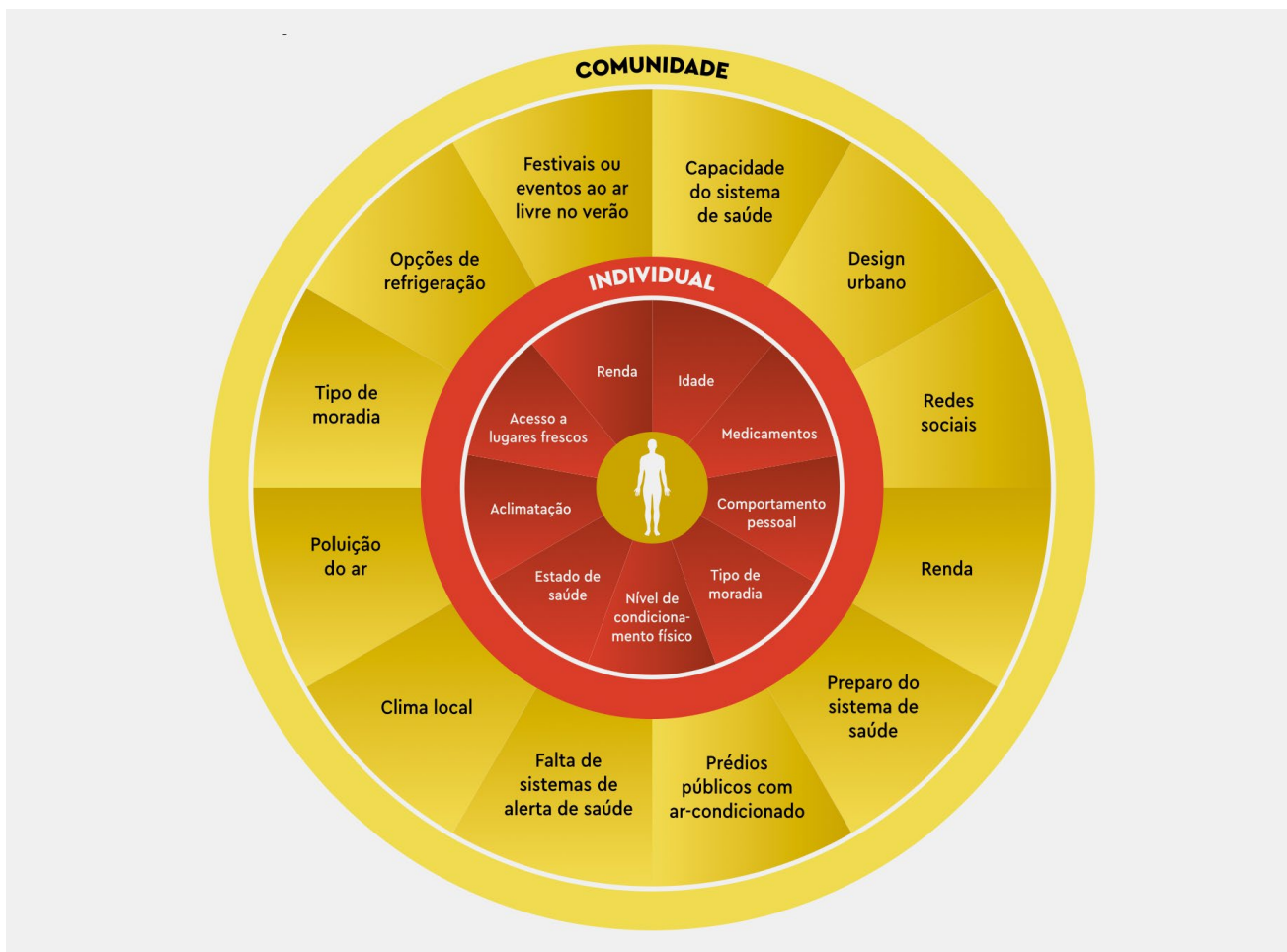
**De acordo com a Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (2024), o aumento das ondas de calor pode levar diretamente à desidratação, exacerbação de doenças crônicas, insolação e até mesmo à morte.**

Indiretamente, as mudanças nos padrões de temperatura e precipitação podem causar um aumento na incidência de doenças transmitidas por vetores, como a dengue, além de agravar a insegurança alimentar e hídrica, gerando possíveis desidratações e outras doenças relacionadas.

Além disso, as condições clínicas que podem ser geradas ou agravadas pelo calor e seus respectivos Códigos Internacionais de Doença são: câibras pelo calor (T627); edema por calor (T677); exaustão pelo calor (T673); golpe de calor (T670); erupção cutânea pelo calor (L740); e queimadura solar (L55).

Esses impactos são sentidos principalmente por grupos da população considerados como mais vulneráveis, como crianças, idosos, gestantes, pessoas com doenças crônicas, deficiências, transtornos mentais, trabalhadores ao ar livre, população em situação de rua, migrantes, refugiados e comunidades rurais e indígenas (Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, 2024).

Figura 1 - Fatores que influenciam a vulnerabilidade individual e comunitária a eventos de calor extremo.



Fonte: *Protocolo de Enfrentamento ao Calor Extremo, Secretaria Municipal de Saúde Rio de Janeiro, 2024*<sup>2</sup>.

Essas condições demandam um monitoramento contínuo de toda extensão da cidade e dos diferentes grupos populacionais, de modo que seja possível compreender as diferentes realidades locais (dentro e fora das ilhas de calor) e formular políticas de planejamento urbano adequadas e efetivas.

1 - DISPONÍVEL EM: [HTTPS://GLOBALCENTERS.COLUMBIA.EDU/SITES/DEFAULT/FILES/CONTENT/RIO/CLIMATE%20HUB%20RIO/PUBLICATIONS/AMPLIA%C3%A7%C3%A3o%20e%20acelera%C3%A7%C3%A3o%20novas%20recomenda%C3%A7%C3%B5es%20para%20a%C3%A7%C3%A3o%20clim%C3%A1tica%20nas%20cidades.pdf](https://globalcenters.columbia.edu/sites/default/files/content/rio/climate%20hub%20rio/publications/amplia%C3%A7%C3%A3o%20e%20acelera%C3%A7%C3%A3o%20novas%20recomenda%C3%A7%C3%B5es%20para%20a%C3%A7%C3%A3o%20clim%C3%A1tica%20nas%20cidades.pdf)  
2 - DISPONÍVEL EM: [HTTPS://EPIRIO.SVS.RIO.BR/WP-CONTENT/UPLOADS/2024/10/LIVRO\\_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO\\_PDFDIGITAL\\_20241024.PDF](https://epirio.svs.rio.br/wp-content/uploads/2024/10/LIVRO_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO_PDFDIGITAL_20241024.PDF)



# Políticas Públicas para enfrentar os riscos: o caso do Rio de Janeiro





Conhecida como “Rio 40°C”, a cidade do Rio de Janeiro está habituada a enfrentar altas temperaturas, principalmente durante o período do verão. Entretanto, a gradual substituição das áreas verdes por construções urbanas, que retém e absorvem mais calor, somadas à mudança do clima agravam ainda mais a situação.

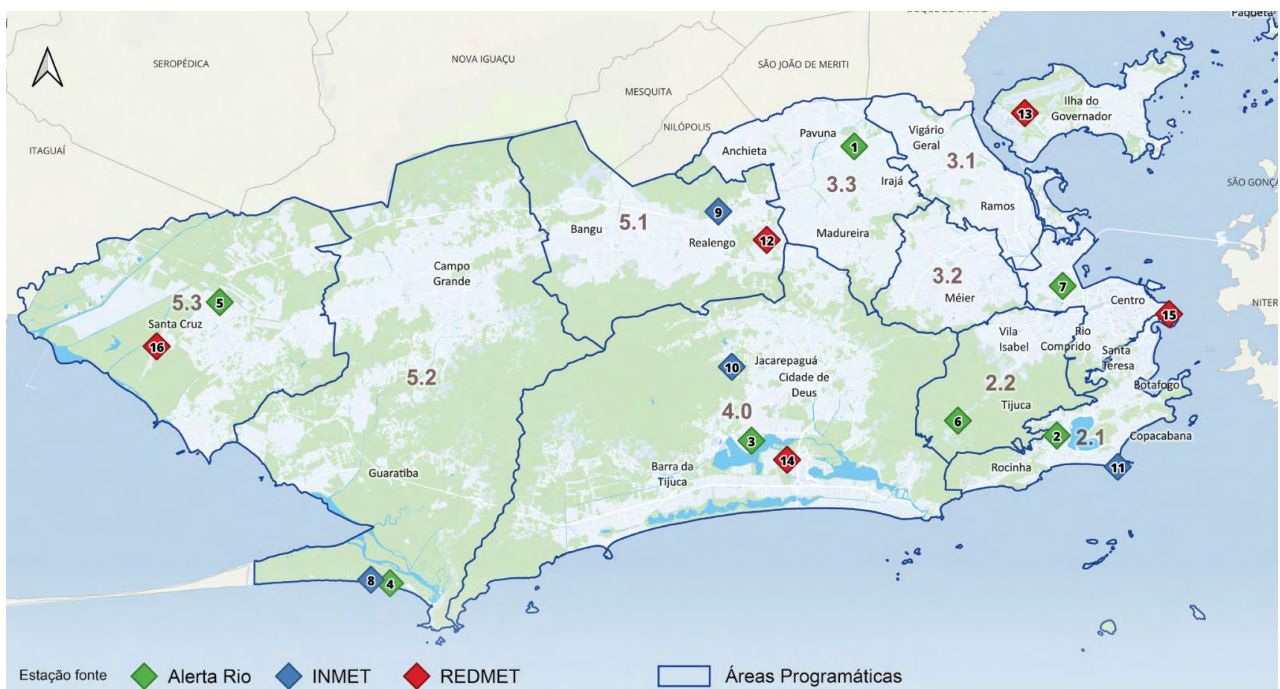
## **A cidade do Rio de Janeiro destaca-se como pioneira no monitoramento e na implementação de protocolos para enfrentar situações de estresse térmico, sendo a primeira do Brasil a adotar esse tipo de política pública.**

Apesar de ainda enfrentar desafios relacionados ao tema, as experiências acumuladas pela cidade podem servir como referência para outras grandes metrópoles. Essas lições reforçam a importância de investir na criação de áreas verdes em ambientes urbanos, no planejamento integrado e no desenvolvimento de soluções que promovam cidades mais resilientes e adaptadas às mudanças climáticas.

Meireles et al (2014) afirmam que a topografia acidentada da cidade, combinada com uma alta densidade populacional e um elevado percentual de áreas cobertas por asfalto e concreto favorecem a ocorrência das ilhas de calor. No mesmo estudo, os autores demonstram o impacto do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) nessa dinâmica. As áreas urbanizadas tendem a apresentar baixos valores de NDVI, que indicam a existência de pouca ou nenhuma vegetação dentro dos seus limites geográficos.

No caso do Rio de Janeiro, as regiões com NDVI abaixo de 0,15 são marcadas por altas temperaturas, frequentemente ultrapassando 54°C durante a primavera e o verão, com picos que podem chegar a 63°C, enquanto no outono e no inverno as temperaturas variam entre 39°C e 42°C (Meireles et al, 2014). Em contrapartida, áreas da cidade que possuem maior vegetação, como o Alto da Boa Vista, apresentam valores de NDVI mais altos e temperaturas mais baixas, com 14°C de temperatura superficial mínima no seu entorno no verão, e 8,8°C no inverno (Meireles et al, 2014).

**Figura 2: Mapa com a localização das estações meteorológicas na cidade do Rio de Janeiro**



Fonte: Protocolo de Enfrentamento ao Calor Extremo, Secretaria Municipal de Saúde Rio de Janeiro, 2024<sup>3</sup>.

Por essa razão, as áreas verdes da cidade, atuam como zonas de frescor, reduzindo a temperatura superficial do seu entorno. As regiões do Jardim Botânico e da Lagoa Rodrigo de Freitas, por exemplo, apresentam médias de temperaturas mais baixas que o comum para a cidade por serem localizadas próximo ao maciço da Tijuca. Todavia, o fator não é determinante: outras regiões que também apresentam características com potencial de produzir temperaturas mais baixas podem se tornar ilhas de calor devido ao processo de urbanização, como é o caso de Guaratiba e Barra da Tijuca (Mendes et al, 2022).

Em contrapartida, regiões como São Cristóvão e Irajá, que são marcadas pela alta densidade de construções, avenidas de alta circulação e intensa impermeabilização, apresentam registros de altas temperaturas em suas estações de medição, sendo caracterizadas como parte das ilhas de calor superficiais do Rio de Janeiro.

## **As ondas de calor no Rio de Janeiro estão se tornando mais frequentes e intensas, representando impactos significativos na saúde humana e na rotina da população como um todo.**

Ivanovich e demais (2024) abordam com precisão como o aumento do fluxo de calor sensível na superfície representa uma anomalia tanto de pressão quanto de precipitação suprimida. As análises dos autores, baseadas em distribuições de valores extremos (Generalized Extreme Value, GEV) mostram que as temperaturas máximas de primavera na cidade têm aumentado de forma consistente ao longo das últimas quatro décadas. Entre os períodos históricos de 1979-1988 e 2014-2023, o parâmetro de localização da distribuição de temperaturas extremas subiu 1,7°C, indicando um deslocamento significativo para valores mais altos (Ivanovich, et.al 2024, p.20).

**Quadro 1: Temperaturas de superfície das áreas de entorno das estações meteorológicas**

<b>Estações</b>	<b>Verão</b>	<b>Amplitude</b>	<b>Inverno</b>	<b>Amplitude</b>
Santa Cruz	26,0°C – 47,1°C	21,1°C	16,9°C – 32,9°C	16,0°C
Guaratiba	14,0°C – 47,1°C	33,1°C	14,8°C – 23,2°C	8,4°C
RioCentro	14,0°C – 47,1°C	33,1°C	16,9°C – 23,2°C	6,3°C
Alto da Boa Vista	14,0°C – 32,1°C	18,1°C	8,8°C – 21,9°C	13,1°C
Jardim Botânico	14,0°C – 35,0°C	21,0°C	18,4°C – 21,9°C	3,5°C
São Cristóvão	33,4°C – 47,1°C	13,7°C	21,9°C – 32,9°C	11,0°C
Irajá	31,8°C – 47,1°C	15,3°C	21,9°C – 32,9°C	11,0°C

*Fonte: Mendes et al (2022)*

As projeções futuras não sugerem que os cenários devam mudar para melhor, mas sugerem justamente que a frequência e intensidade desses eventos continuarão a crescer, dependendo fortemente do cenário de emissões. eventos extremos de temperatura máxima, como o registrado em 18 de novembro de 2023 (40,6°C), ocorrerão em média a cada 19 anos até o final do século. Em contrapartida, no cenário<sup>4</sup> que indica altas emissões, a frequência desses eventos extremos aumentará significativamente, podendo ocorrer a cada 4 anos (altas emissões), esse mesmo evento poderá ocorrer a cada 4 anos.

Diante dessa nova realidade, a cidade do Rio de Janeiro vem adotando nos últimos anos protocolos para mitigar os impactos das ondas de calor e das ilhas de calor urbanas.





**O Centro de Operações Rio (COR), em parceria com a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima (SMAC) têm desenvolvido estratégias específicas para gerenciar eventos de calor extremo, como o decreto N° 54.740<sup>5</sup>, de 28 de junho de 2024, que criou uma classificação dos “Níveis de Calor” em cenários de risco relacionados a calor extremo para definição de protocolos de ação no âmbito do município.**



Os Níveis de Calor definem as diretrizes de ação para diferentes órgãos governamentais, concessionárias de serviço público e empresas que prestam serviço na cidade do Rio de Janeiro e para a comunicação com os cidadãos em caso de risco climático de calor extremo.

Além disso, o decreto criou o Comitê de Desenvolvimento de Protocolos para Enfrentamento de Calor Extremo (CDPECE), responsável pela definição do plano de ação. O CDPECE é presidido pelo COR, com coordenação técnica da SMS e participação da SMAC, mas outras instituições e secretarias também podem ser convidadas para participar de reuniões específicas, de acordo com as necessidades. Como base para o protocolo, o Centro de Inteligência Epidemiológica (Superintendência de Vigilância em Saúde da Subsecretaria de Promoção, Atenção Primária e Vigilância em Saúde) realizou um levantamento bibliográfico de modo a identificar os principais impactos do calor extremo para a saúde humana, além de utilizar os dados históricos das estações meteorológicas da cidade para realizar uma modelagem estatística que fizesse o cálculo dos quantis históricos das altas temperaturas no Rio (Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, 2024).

A definição dos quantis permitiu que efeitos de cada nível de calor na saúde humana fossem analisados a partir dos atendimentos na Rede de Urgência e Emergência (RUE), na Atenção Primária à Saúde (APS) e nos dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM). Os resultados encontrados demonstraram um aumento nas ocorrências por condições relacionadas ao calor tanto no dia do evento quanto até três dias depois (Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, 2024).

**Figura 3 - Níveis de calor da cidade do Rio de Janeiro: critério baseado em Índice de Calor (IC)**

NÍVEIS DE CALOR	CRITÉRIO
NC 1	Nível em que se registra IC menor ou igual a 36°C (trinta e seis graus <i>Celsius</i> ), ou quando maior que 36°C por período menor que 4 (quatro) horas por dia.
NC 2	Nível em que há registro de IC acima de 36°C por, pelo menos, 4 (quatro) horas por dia por até 2 (dois) dias consecutivos.
NC 3	Nível em que há registro de IC entre 36°C e até 40°C em, pelo menos, 4 (quatro) horas por dia por, no mínimo, 3 (três) dias consecutivos.
NC 4	Nível em que há registro de IC entre 40°C e até 44°C por, pelo menos, 4 (quatro) horas por dia. Além disso, há previsão ou registro de mais 2 (dois) dias com IC maior que 36°C por 4 (quatro) horas por dia. O período deverá totalizar, no mínimo, 3 (três) dias consecutivos.
NC 5	Nível em que há registro de IC acima de 44°C por, pelo menos, 2 (duas) horas por dia. Além disso, há previsão ou registros de mais 2 (dois) dias com IC maior que 36°C por 4 (quatro) horas por dia. O período deverá totalizar, no mínimo, 3 (três) dias consecutivos.

*Fonte: Protocolo de Enfrentamento ao Calor Extremo, Secretaria Municipal de Saúde Rio de Janeiro, 2024<sup>6</sup>.*

Os níveis de calor possuem um grau de risco associado e, por isso, foram estabelecidos protocolos e objetivos específicos para cada um deles. Durante o NC1, que apresenta o menor grau de risco, o objetivo é a prevenção básica e conscientização, com manutenção da rotina de atividades e orientação de cuidados para exposição ao calor. Já no NC2, a meta é aumentar as medidas preventivas e monitorar as previsões de maneira regular, orientando a população sobre as principais manifestações clínicas relacionadas às altas temperaturas e intensificar o cuidado com os grupos mais vulneráveis.

Durante o NC3, o objetivo dos órgãos municipais é a redução da exposição e a preparação para intervenções mais intensas, a partir de protocolos de triagem e manejo e do monitoramento mais intenso dos grupos mais vulneráveis. O NC4 representa a necessidade de implementação de medidas de adaptação e resposta rápida, com a ativação de centros de hidratação nas unidades de atenção primária e a intensificação do diálogo entre os órgãos municipais para coordenar o cuidado. Por fim, o nível mais perigoso, NC5, demanda resposta emergencial completa e mitigação dos riscos extremos para reduzir o risco de estresse térmico dos grupos prioritários.

**De maneira a embasar suas políticas públicas e as decisões tomadas no momento da emergência, o Centro de Inteligência Epidemiológica da cidade desenvolveu o Painel do Calor, que integra dados meteorológicos do Alerta Rio<sup>7</sup>, INMET<sup>8</sup> e REDEMET<sup>9</sup> com modelos globais de previsão e informações sobre internações e atendimentos vindas do sistema público de saúde.**

Atualizado em tempo real, o painel monitora as altas temperaturas ao redor de toda cidade e calcula automaticamente o Índice de Calor da cidade, sendo uma ferramenta de extrema importância para os órgãos da saúde pública e de gestão urbana e resiliência, como o Centro de Operações Rio.

Dessa forma, o Painel do Calor, demonstrado na Figura 4, se revela como uma ferramenta essencial para monitorar e classificar as ondas de calor, garantindo a manutenção do bem-estar da população e a mitigação dos riscos que o calor extremo pode ocasionar à saúde.

Ao integrar dados meteorológicos em tempo real e correlacioná-los com informações sobre atendimentos hospitalares, o Painel possibilita a identificação de áreas e grupos populacionais mais vulneráveis, permitindo a alocação estratégica dos recursos, como a ativação dos centros de resfriamento e a comunicação de alertas preventivos.

Figura 4 - Painel de Calor



Fonte: Protocolo de Enfrentamento ao Calor Extremo, Secretaria Municipal de Saúde Rio de Janeiro, 2024.

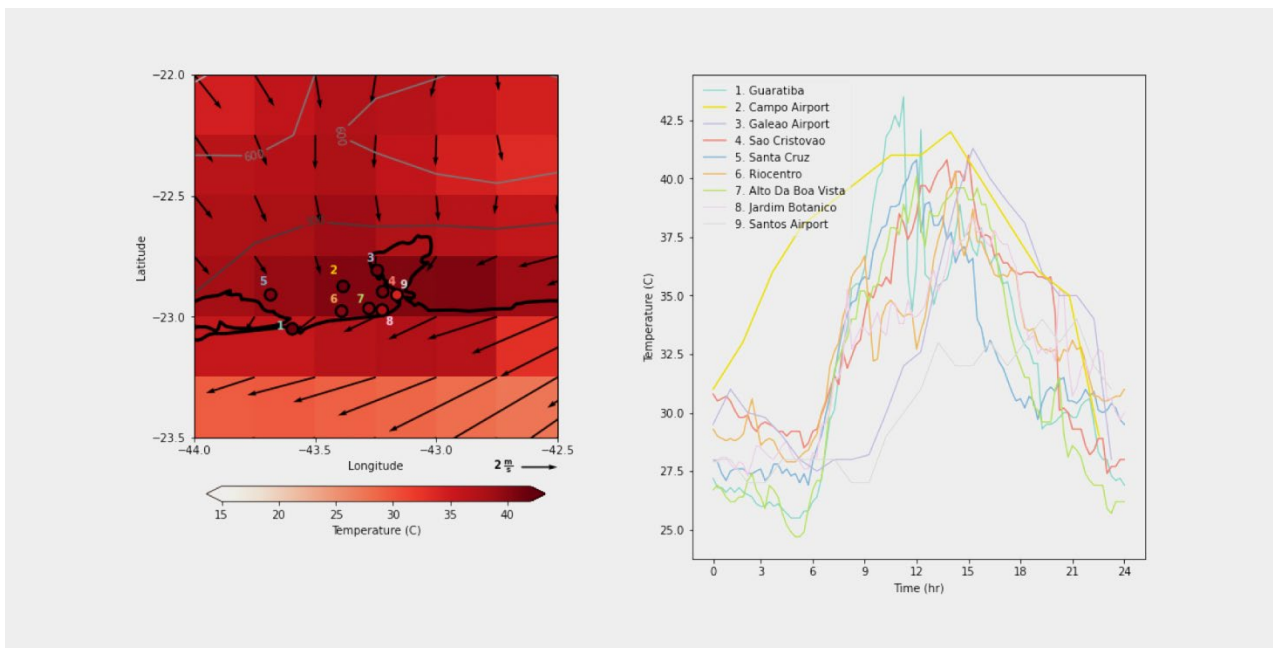
**A compreensão da dinâmica e dos impactos das ondas de calor, no entanto, não depende apenas de sistemas de monitoramento em tempo real. Estudos científicos que analisam eventos extremos passados são fundamentais para aprimorar tanto a capacidade preditiva quanto o planejamento de políticas públicas voltadas à adaptação climática.**

Em um estudo realizado pela Dra. Casey Ivanovich, pesquisadora da Universidade de Columbia, sobre os desdobramentos da onda de calor ocorrida em novembro de 2023 no Rio de Janeiro, a importância de prever de forma mais precisa os eventos climáticos extremos e seus impactos na saúde humana é reforçada. Essa abordagem é ilustrada pelo mapeamento espacial e a variabilidade temporal das temperaturas extremas observadas no dia 18 de novembro de 2023 (Ivanovich, 2024), conforme mostrado na Figura 5.

No mapa criado, observa-se como as estações meteorológicas distribuídas pela cidade registraram máximas distintas. As tonalidades em vermelho indicam diferentes intervalos de temperatura, com gradientes mais escuros representando as médias mais elevadas. Uma variável que foi adicionada à visualização do painel destaca os vetores de indicação da velocidade e direção do vento no dia em questão, permitindo a análise da influência das anomalias atmosféricas na modulação dos padrões térmicos. A nível de didático, os círculos numerados no painel da esquerda correspondem à localização das nove estações meteorológicas analisadas, distribuídas em diferentes zonas da cidade, possibilitando a identificação de variações microclimáticas associadas a fatores geográficos e urbanos.



O painel à direita ajuda a visualizar justamente tal variabilidade temporal da temperatura do ar ao longo do dia 18 de novembro, os dados e horários são provenientes das mesmas estações meteorológicas distribuídas na cidade do Rio de Janeiro. As diferentes curvas representam a evolução térmica em cada local, destacando o comportamento diurno típico das ondas de calor, com picos acentuados de temperatura durante o período vespertino. As estações estão organizadas na legenda em ordem decrescente de temperatura máxima



Fonte: Ivanovich et al (2023)

**Figura 5 - Variabilidade espacial e temporal do calor extremo em 18 de novembro de 2023, medida por nove estações meteorológicas no Rio de Janeiro. À esquerda: Mapa espacial das localizações das estações, colorido pela temperatura máxima registrada em 18 de novembro, em comparação com os dados de reanálise ERA5. À direita: Série temporal da temperatura do ar medida a cada hora em cada estação no dia 18 de novembro. As estações estão listadas em ordem, da maior para a menor temperatura máxima registrada.**

## Outro exemplo de iniciativa da Prefeitura do Rio de Janeiro é a criação do Observatório do Calor, sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima (SMAC).



O projeto, ainda em fase de concepção, se propõe a monitorar as temperaturas e condições climáticas em áreas que ainda não possuem estações meteorológicas, de modo a aprimorar a construção de políticas de resiliência.

Dessa maneira, observamos que a resposta da cidade do Rio de Janeiro ao risco de calor extremo combina monitoramento avançado, planejamento institucional e ações emergenciais voltadas para a população mais vulnerável. Na prática, essas ferramentas são utilizadas para orientar desde a triagem hospitalar até a definição de locais estratégicos para centros de resfriamento. Durante dias de Nível de Calor 5, por exemplo, o Painel do Calor pode auxiliar na identificação dos bairros mais vulneráveis e a maior incidência de atendimentos decorridos do calor extremo, possibilitando a rápida implementação de medidas de mitigação, como a distribuição de água em unidades de saúde, fortalecimento das equipes profissionais e intensificação da comunicação preventiva com a população. O sucesso de tais iniciativas depende justamente de um sistema integrado de resposta que não só reduz os riscos, mas também lida com seus impactos, como tem sido o caso do Rio de Janeiro.

3 - DISPONÍVEL EM: [HTTPS://EPIRIO.SVS.RIO.BR/WP-CONTENT/UPLOADS/2024/10/LIVRO\\_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO\\_PDFDIGITAL\\_20241024.PDF](https://epiрио.svs.rio.br/wp-content/uploads/2024/10/LIVRO_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO_PDFDIGITAL_20241024.PDF)

4 - SSP5-8.5 É UM CENÁRIO DE ALTAS EMISSÕES, CARACTERIZADO POR UM CRESCIMENTO ECONÔMICO RÁPIDO E DEPENDÊNCIA CONTÍNUA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.

5 - DISPONÍVEL EM: [HTTPS://DOWEB.RIO.RJ.GOV.BR/APIFRONT/PORTAL/EDICOES/IMPRIMIR\\_MATERIA/1070470/6662](https://doweb.rio.rj.gov.br/apifront/portal/edicoes/imprimir_materia/1070470/6662)

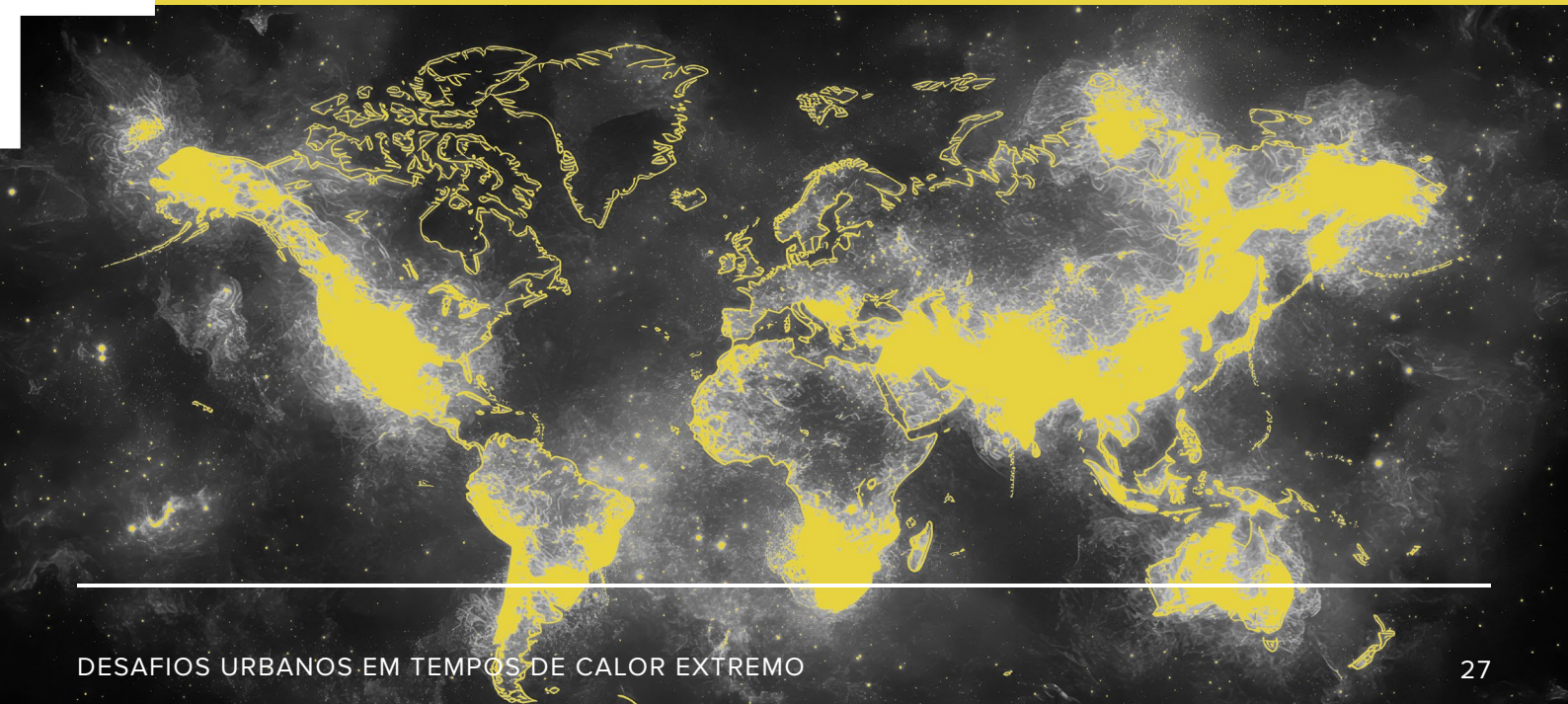
6 - DISPONÍVEL EM: [HTTPS://EPIRIO.SVS.RIO.BR/WP-CONTENT/UPLOADS/2024/10/LIVRO\\_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO\\_PDFDIGITAL\\_20241024.PDF](https://epiрио.svs.rio.br/wp-content/uploads/2024/10/LIVRO_PLANOCONTINGENCIAENFRENTAMENTOCALOREXTREMO_PDFDIGITAL_20241024.PDF)

7 - O ALERTA RIO É O SISTEMA DE ALERTA DE CHUVAS DA PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, CRIADO EM 1996 E GERENCIADO PELA FUNDAÇÃO GEO-RIO, RESPONSÁVEL POR EMITIR BOLETINS DE ALERTA À POPULAÇÃO QUANDO HÁ PREVISÃO DE CHUVAS INTENSAS QUE POSSAM GERAR INUNDAÇÕES DE VIAS PÚBLICAS E/OU ACIDENTES GEOTÉCNICOS EM ENCOSTAS (DESLIZAMENTOS).

8 - O INMET É O INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, ÓRGÃO DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA RESPONSÁVEL PELA PREVISÃO DO TEMPO, COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS E ALERTA AO PÚBLICO SOBRE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS EXTREMAS.

9 - O REDEMÉT É A REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA E TEM COMO OBJETIVO INTEGRAR DADOS METEOROLÓGICOS VOLTADOS À AVIAÇÃO CIVIL E MILITAR.

# Casos globais



**O impacto das temperaturas extremas nas dinâmicas da cidade do Rio de Janeiro não é distinto do que tem ocorrido ao redor do mundo. Seus impactos têm sido sentidos em diferentes regiões com diferentes padrões climáticos, prejudicando a saúde de milhares de cidadãos e consequentemente pressionando os sistemas de saúde e sobrecarregando a infraestrutura urbana.**

Em 2003, por exemplo, diversos países da Europa foram atingidos por uma forte onda de calor que ocasionou a morte de cerca de 70.000 pessoas, com maior incidência em áreas urbanas como Paris e West Midlands, no Reino Unido. De acordo com Wong et al (2021), o fenômeno foi potencializado pela existência das ilhas de calor urbanas em cidades como Hong Kong, Ho Chi Minh, Atenas e Londres, provocando um aumento nas taxas de mortalidade desses locais.

Diante desses desafios, muitos desses locais implementaram políticas públicas e protocolos de ação para lidar com o calor extremo. O Plan National Canicule<sup>10</sup> (2017), por exemplo, foi criado pela França para antecipar ondas de calor, coordenar ações preventivas e minimizar os impactos desses eventos a partir de quatro eixos estratégicos: a prevenção dos efeitos; a proteção das populações vulneráveis; a informação e comunicação entre a população e os profissionais da saúde; e o aprendizado com experiências passadas.



**Em Tóquio, o governo metropolitano tem trabalhado na construção de pavimentos frios, com o revestimento de uma barreira térmica e a instalação de retentores de água nas estradas próximas à cidade com o objetivo de reduzir a temperatura térmica das superfícies em cerca de 8°C a 10°C<sup>11</sup>.**



Já em Toronto, a estratégia utilizada pelos gestores públicos foi o Programa de Incentivo Eco-Roof<sup>12</sup>, que oferece benefícios financeiros que vão até US\$100 por metro quadrado para a instalação de telhados verdes e telhados frios em edifícios. Outro caso bem-sucedido é o Growing Green Guide, lançado em 2014 pela cidade de Melbourne com o objetivo de promover o uso de superfícies verdes e contribuir com insumos técnicos para projetos de telhados, paredes e fachadas verdes<sup>13</sup>.

Na cidade de Nova York, a prefeitura lançou em 2009 uma iniciativa chamada New York City Panel on Climate Change (NPCC) para ser uma fonte de informação científica capaz de monitorar e promover ações que reduzam os impactos futuros das mudanças climáticas. Institucionalizado através da Local Law 42 de 2012, o NPCC funciona como um órgão consultivo independente que publica relatórios periódicos de avaliação e revisão científica com o objetivo de aconselhar no processo de formulação de políticas públicas sobre mudanças climáticas da cidade, principalmente na construção de resiliência em um cenário de ondas de calor e enchentes.

Assim como no Rio de Janeiro, a densidade urbana de Nova York provoca ilhas de calor que agravam ainda mais o aumento das temperaturas causado pela mudança do clima. De acordo com o órgão, anualmente ocorrem cerca de 350 casos de morte relacionadas ao calor extremo que poderiam ser evitados na cidade (NPCC, 2025). Uma das políticas desenvolvidas pelo NPCC é o Heat Vulnerability Index, que mostra os bairros cujos residentes correm maior risco de morrer durante e imediatamente após um episódio de calor extremo.

A partir de um modelo estatístico que resume os fatores sociais e ambientais mais importantes no agravamento do calor nos bairros (como temperatura da superfície, espaços verdes, acesso a ar condicionado e porcentagem de residentes de baixa renda), os tomadores de decisão podem identificar os locais em maior risco e atuar de forma mais precisa no momento da emergência. Além disso, a própria população local também tem acesso às informações sobre o nível de vulnerabilidade do seu local de moradia, podendo minimizar seus riscos de exposição quando possível.

Outros protocolos também são implementados pela cidade em dias de calor extremo, como os Centros de Resfriamento<sup>14</sup>, que ficam espalhados pelos cinco distritos e podem ser localizados através do site ou telefone para auxiliar moradores que não possuam aparelhos de ar condicionado ou estejam em situações de risco.

Para além das iniciativas nacionais e locais, também existem programas globais desenvolvidos por organizações intergovernamentais e outros atores, como a Heat Action Platform, que foi construída pela Arsht-Rockefeller Foundation Resilience Center e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e oferece ferramentas para funcionários municipais gerenciarem os impactos das ondas de calor nas cidades.

10 - PLANO NACIONAL CANICULE DE 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://SANTE.GOUV.FR/IMG/PDF/PNC\\_ACTUALISE\\_2017.PDF](https://sante.gouv.fr/img/pdf/pnc_actualise_2017.pdf)

11 - C40 GUIAS DE BOAS PRÁTICAS: TÓQUIO - REVESTIMENTO COM BARREIRA TÉRMICA E PAVIMENTO COM RETENÇÃO DE ÁGUA. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.C40.ORG/PT/CASE-STUDIES/C40-GOOD-PRACTICE-GUIDES-TOKYO-THERMAL-BARRIER-COATING-AND-WATER-RETENTIVE-PAVEMENT/](https://www.c40.org/pt/case-studies/c40-good-practice-guides-tokyo-thermal-barrier-coating-and-water-retentive-pavement/)

12 - PROGRAMA DE INCENTIVO DE TELHADO ECOLÓGICO DA CIDADE DE TORONTO E ESTATUTO DE TELHADO VERDE. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.C40.ORG/PT/CASE-STUDIES/CITY-OF-TORONTO-S-ECO-ROOF-INCENTIVE-PROGRAM-AND-GREEN-ROOF-BY-LAW/#:~:text=O%20PROGRAMA%20DE%20INCENTIVO%20ECO%20DROOF%20DE%20TORONTO%20INCENTIVA%20A,PARA%20TELHADO%20LEGAL%20PROJETOS.](https://www.c40.org/pt/case-studies/city-of-toronto-s-eco-roof-incentive-program-and-green-roof-by-law/#:~:text=O%20PROGRAMA%20DE%20INCENTIVO%20ECO%20DROOF%20DE%20TORONTO%20INCENTIVA%20A,PARA%20TELHADO%20LEGAL%20PROJETOS.)

13 - GUIA DE CULTIVO VERDE DE MELBOURNE. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.C40.ORG/PT/CASE-STUDIES/MELBOURNE-S-GROWING-GREEN-GUIDE/](https://www.c40.org/pt/case-studies/melbourne-s-growing-green-guide/)

14 - SAIBA MAIS SOBRE A CAMPANHA "EXTREME HEAT: BEAT THE HEAT!" ATRAVÉS DO SITE: [HTTPS://WWW.NYC.GOV/SITE/EM/READY/EXTREME-HEAT.PAGE](https://www.nyc.gov/site/em/ready/extreme-heat.page)

# Conclusão



**No Rio de Janeiro, assim como em outras grandes cidades espalhadas nos diferentes continentes, a qualidade de vida e a eficiência dos serviços e estruturas urbanas são colocadas em risco quando se encontram sob situação de estresse térmico. Para isso, soluções arquitetônicas e de planejamento urbano aliadas ao conhecimento científico são ferramentas essenciais para o enfrentamento desses desafios.**

A utilização de telhados verdes, materiais adaptados e paredes vegetadas, por exemplo, podem auxiliar na redução da retenção de calor nas áreas urbanas. Da mesma maneira, a construção de parques verdes em diferentes zonas das cidades auxilia no resfriamento e na mitigação do efeito das ilhas de calor, proporcionando uma melhor qualidade de vida para os moradores do entorno, além de também funcionarem como espaços de acesso à cultura e ao lazer.

Como exemplo da utilização da expertise do corpo científico da Columbia University em projetos que fortalecem a resiliência climática do Rio de Janeiro, citamos a realização dos Urban Design Climate Workshops (UDCWs) com o objetivo de integrar soluções científicas no planejamento urbano da cidade. Nesse modelo, especialistas de diversas áreas - incluindo urbanistas, climatologistas e tomadores de decisão - trabalharam em conjunto para desenvolver soluções para o bairro de São Cristóvão, um dos distritos mais densos e vulneráveis ao calor extremo. Dentre as estratégias discutidas, destacou-se a implementação de corredores verdes, responsáveis por conectar áreas de vegetação urbana, promovendo a circulação do ar e reduzindo a retenção do calor.





Essa iniciativa faz parte do projeto, ainda em andamento, “Enhancing Urban Climate Resilience Leadership in Rio de Janeiro”, conduzido pelo Columbia Global Center Rio/Climate Hub Rio, em parceria com o Centro de Operações do Rio (COR), o Instituto Pereira Passos (IPP) e o Escritório de Planejamento da cidade com o objetivo de fortalecer a capacidade de resposta do Rio de Janeiro às mudanças climáticas. Além dos workshops, serão desenvolvidos indicadores mensuráveis de resiliência climática, permitindo a avaliação de eventos extremos, vulnerabilidades e a eficácia de intervenções realizadas.

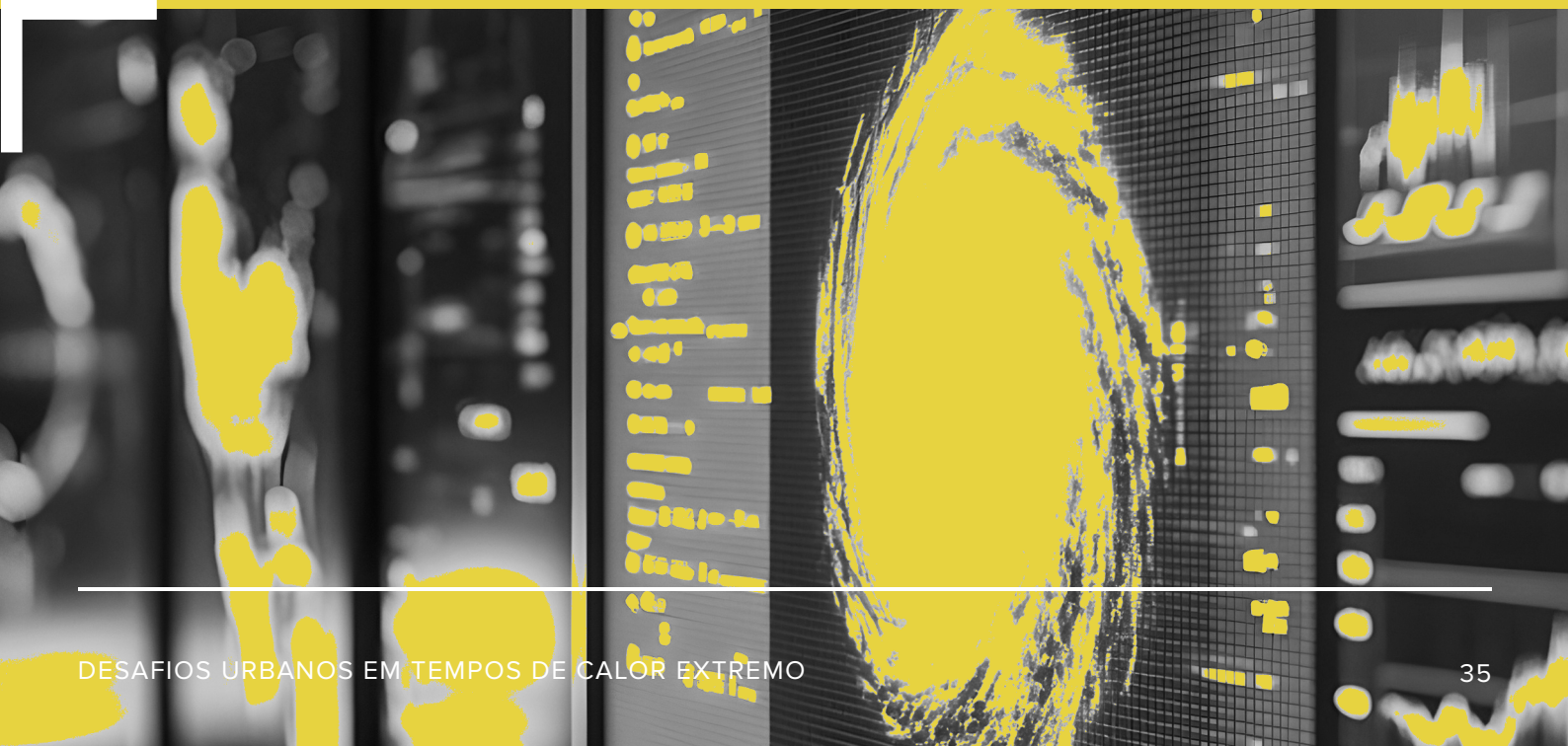
Quando analisamos modelos de tomada de decisão, os eventos climáticos compostos – caracterizados pela ocorrência simultânea ou sequencial de múltiplos extremos climáticos, como chuvas extremas – representam uma ameaça crescente e destacam a complexidade dos desafios climáticos. A onda de calor de novembro de 2023 no Rio de Janeiro ilustra a gravidade desses eventos. Precedida por semanas de precipitação suprimida, resultou em uma significativa diminuição da umidade do solo, que, combinada com anomalias de alta pressão e subsidência atmosférica, intensificou o calor e agravou a severidade do evento. Essa combinação de calor extremo, seca e baixa umidade do solo exemplifica um evento composto com impactos potencialmente devastadores para a agricultura, os recursos hídricos e a saúde humana.

Além disso, o padrão de circulação atmosférica associado a essa onda de calor evidenciou “interconexões” entre eventos extremos em diferentes regiões (Ivanovich, et.al 2024, p.21). O mesmo bloqueio atmosférico que intensificou o calor no Rio de Janeiro também esteve associado a eventos de precipitação intensa no Sul do Brasil, como as enchentes de maio de 2024 no centro-norte do Rio Grande do Sul, que resultaram em perdas humanas e deslocamentos em larga escala. Esses exemplos ressaltam a necessidade de considerar a natureza composta dos riscos climáticos para evitar subestimação e medidas de adaptação.

Diante desse cenário, é crucial que as avaliações de risco integrem a ocorrência simultânea ou sequencial de múltiplos eventos extremos, reconhecendo os impactos em cascata que podem surgir dessas interações. Estratégias de adaptação precisam ser multifacetadas, abordando as interconexões entre diferentes eventos climáticos e considerando seus impactos cumulativos em setores como agricultura, saúde e recursos hídricos. Além disso, investimentos em pesquisa são fundamentais para aprofundar a compreensão dos mecanismos que impulsionam os eventos compostos e aprimorar a capacidade de previsão e mitigação.

No caso do Rio de Janeiro, ferramentas como o Painel do Calor demonstram como políticas públicas podem integrar dados científicos em tempo real para embasar decisões e mitigar os impactos desses eventos, tornando-se exemplos de inovação para outras cidades enfrentarem os desafios impostos pelas mudanças climáticas. A experiência da cidade reforça a importância do planejamento urbano resiliente e do desenvolvimento de soluções adaptativas baseadas em ciência para construir cidades mais preparadas para o futuro.

# Referências



ANDERSON, Brooke G.; BELL, Michelle L. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, v. 20, n. 2, p. 205-213, mar. 2009. DOI: 10.1097/EDE.0b013e318190ee08.

CLIMATE HUB RIO. Ampliação e aceleração: novas recomendações para ação climática nas cidades. 2023. Disponível em: <https://globalcenters.columbia.edu/sites/default/files/content/Rio/Climate%20Hub%20Rio/Publications/Amplia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Acelera%C3%A7%C3%A3o%20-%20Novas%20Recomenda%C3%A7%C3%B5es%20para%20A%C3%A7%C3%A3o%20Clim%C3%A1tica%20nas%20Cidades.pdf>. Acesso em: 19 out. 2024.

FARANDA, D.; ALBERTI, T. High temperature in March 2024 Brazil heatwave intensified by both human-driven climate change and natural variability. *ClimaMeter*, Institut Pierre Simon Laplace, CNRS, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14163626.

GLOBAL RISKS REPORT. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf). Acesso em: 19 out. 2024.

IPCC. Summary for policymakers. In: *Climate change 2023: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. Geneva: IPCC, 2023. p. 1-34. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

IVANOVICH, Catherine C.; SOBEL, Adam H.; HORTON, Radley M.; et al. Physical drivers of the November 2023 heatwave in Rio de Janeiro. Preprint (Version 1). Research Square, 02 dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5355924/v1>.

MEIRELES, Victor Hugo Pezzini; FRANÇA, José Ricardo de Almeida; PERES, Leonardo F. Um estudo do fenômeno da ilha de calor urbana na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 37, n. 2, p. 180-194, 2014. ISSN 0101-9759. e-ISSN 1982-3908.

MENDES, Juliana; ARMOND, Núbia; SILVA, Leonardo. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro – RJ (2015 - 2019). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 30, p. 133-155, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v30i18.14908.

PERES, Leonardo de Faria; LUCENA, Andrews José de; ROTUNNO FILHO, Otto Corrêa; DE ALMEIDA FRANÇA, José Ricardo. The urban heat island in Rio de Janeiro, Brazil, in the last 30 years using remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 64, p. 104-116, 2018. ISSN 1569-8432. DOI: 10.1016/j.jag.2017.08.012.

RIO DE JANEIRO (Município). Decreto Rio nº 54740, de 28 de junho de 2024. Dispõe sobre a classificação dos níveis de calor em cenários de risco relacionados a calor extremo para definição de protocolos de ação no âmbito do município, e dá outras providências. Protocolo: 996199, 01 jul. 2024. Disponível em: [https://doweb.rio.rj.gov.br/apifront/portal/edicoes/imprimir\\_materia/1070470/6662](https://doweb.rio.rj.gov.br/apifront/portal/edicoes/imprimir_materia/1070470/6662).

SAÚDE, Rio de Janeiro (Prefeitura). Secretaria Municipal de Protocolo de enfrentamento ao calor extremo [livro eletrônico] / Prefeitura do município do Rio de Janeiro. -- 1. ed. -- Rio de Janeiro: Ed. dos Autores, 2024.





RIO DE JANEIRO  
GLOBAL CENTER  
CLIMATE HUB

+ Thinking  
Doing  
Columbia  
Global