

# O calor extremo afeta o desenvolvimento e a saúde na primeira infância

---

WORKING PAPER 1



# EARLY CHILDHOOD SCIENTIFIC COUNCIL ON EQUITY AND THE ENVIRONMENT

## APOIADORES

Anônimo

The Ballmer Group

Buffett Early  
Childhood Fund

Conrad N. Hilton  
Foundation

The Dayton Foundation/  
Scarlett Feather Fund

Esther A. and Joseph  
Klingenstein Fund, Inc.

Genentech Philanthropies

George B. Storer  
Foundation

Imaginable Futures

J.B. and M.K. Pritzker  
Family Foundation

LEGO Foundation

Tikun Olam Foundation

William S. Benjamin  
and Kerri Benjamin

## MEMBROS

**Lindsey C. Burghardt, MD, MPH, FAAP, Diretora**  
Diretora Científica, Center on the Developing Child,  
Universidade Harvard

**Nathaniel Harnett, PhD**  
Diretor do Laboratório de Neurobiologia de Experiências  
Afetivas e Traumáticas, McLean Hospital; Professor  
Assistente de Psiquiatria, Escola de Medicina de Harvard

**Nat Kendall-Taylor, PhD**  
Diretor-Presidente, Instituto FrameWorks

**Alison G. Lee, MD, MS**  
Professora Associada de Medicina, Chefe Associada da  
Divisão de Pneumologia, Cuidados Críticos e Medicina  
do Sono no Departamento de Medicina da Faculdade  
de Medicina de Icahn; Vice-Presidente e Presidente em  
exercício do Comitê de Políticas de Saúde Ambiental da  
American Thoracic Society (ATS)

**Kari Nadeau, MD, PhD**  
Presidente do Departamento de Saúde Ambiental da Escola  
de Saúde Pública T.H. Chan de Harvard e Professora de  
Estudos Climáticos e Popacionais da John Rock

**Devon Payne-Sturges, DrPH**  
Professora Associada do Instituto de Saúde Ambiental  
Aplicada da Universidade Maryland, Escola de Saúde Pública

**Natalie Slopen, ScD**  
Professora Assistente do Departamento de Ciências  
Sociais e Comportamentais, Escola de Saúde Pública T.H.  
Chan de Harvard

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos seguintes membros da equipe do Center on the Developing Child, que apoiam o trabalho do Early Childhood Scientific Council on Equity and the Environment de várias maneiras e foram fundamentais para a produção e publicação deste artigo e dos materiais relacionados:

**Russell Apotheker**, Diretor Assistente de Serviços Web

**Rebecca Hansen, MFA**, Diretora de Comunicações

**Amelia Johnson**, Especialista em Comunicações

**Dominique Lightsey-Joseph, EdD, MEd**, Diretora de Estratégia de Equidade, Diversidade, Inclusão e Pertencimento

**Theresa Kennelly Mooney**, Diretora Assistente de Comunicações

**Lauren Osgood**, Coordenadora Sênior de Projetos

**Al Race**, Pesquisador Sênior

**Cameron Seymour-Hawkins**, Coordenador de Comunicações

Também somos gratos pelas contribuições significativas para este artigo feitas por:

**Joseph Wilson, Jr., MHS**, Escola de Saúde Pública T.H. Chan de Harvard

### Sobre os autores

O Early Childhood Scientific Council on Equity and the Environment (Conselho Científico sobre Equidade e Meio Ambiente na Primeira Infância), sediado no Center on the Developing Child da Universidade de Harvard, é uma colaboração multidisciplinar e interorganizacional comprometida a aprimorar nossa compreensão de como as influências do ambiente mais amplo afetam o desenvolvimento da primeira infância. Estabelecido em 2023, o Conselho visa alavancar as perspectivas científicas e informadas pela comunidade para ajudar os formuladores de políticas e líderes de diversos setores a entender e se mobilizar em torno de um enfoque no pré-natal e primeira infância fundamentada na busca pela equidade de oportunidades para todas as crianças, com atenção especial às comunidades de cor e às pessoas que vivem na pobreza. Para obter mais informações, acesse [www.developingchild.harvard.edu](http://www.developingchild.harvard.edu).

**Observação:** o conteúdo deste artigo é de responsabilidade exclusiva dos autores e não representa necessariamente as opiniões dos patrocinadores.

### Declaração sobre Linguagem Inclusiva

O Center on the Developing Child da Universidade de Harvard (incluindo professores, funcionários e afiliados) avaliou cuidadosamente todos os termos relacionados à identidade usados nesta publicação da forma mais abrangente possível no momento de sua produção. Entendemos que a expressão da identidade e a linguagem evoluem com o tempo e que diferentes perspectivas e culturas podem resultar em diferentes entendimentos desses termos. Não buscamos negar a validade de outras definições por meio do uso de termos específicos. Conforme nosso conhecimento, todos os termos relacionados à identidade usados são a interpretação mais inclusiva dessas palavras. Respeitamos o direito de todos de nomear e expressar suas identidades por si mesmos.

Ao citar e referenciar fontes diretamente, a terminologia da fonte permanece inalterada para maior clareza, embora reconheçamos a existência de termos mais inclusivos na contemporaneidade. Apesar das diferenças terminológicas, as informações da fonte permanecem pertinentes e aplicáveis.

**Citação sugerida:** Early Childhood Scientific Council on Equity and the Environment. (2023). *Extreme Heat Affects Early Childhood Development and Health: Working Paper No. 1*. Retirado de [www.developingchild.harvard.edu](http://www.developingchild.harvard.edu)

## A QUESTÃO:

# O calor extremo afeta o desenvolvimento e a saúde na primeira infância

---

Este artigo é o primeiro de uma série que tem como foco as formas como as condições ambientais moldam o desenvolvimento das crianças pequenas. O calor é apenas um componente de um conjunto de condições inter-relacionadas que afetam o desenvolvimento do corpo e do cérebro das crianças. Este documento apresenta um resumo do conhecimento atual sobre o impacto do calor nos sistemas biológicos em desenvolvimento.

Experiências pessoais, o senso comum e a ciência confirmam que as temperaturas estão subindo nos Estados Unidos e em todo o mundo. As ondas de calor recordes estão ocorrendo com maior frequência e durando mais do que nunca.<sup>1</sup> As temperaturas médias em todo o mundo continuam a subir.<sup>2</sup> Os perigos do calor excessivo para idosos e pessoas com problemas cardíacos e pulmonares são bem conhecidos, mas os efeitos do calor durante a gravidez, os primeiros anos de vida e a infância recebem menos atenção. Esses efeitos são significativos, incluindo baixo peso ao nascer e prematuridade, redução do aprendizado durante os anos de escolarização, doenças relacionadas ao calor e morte.<sup>3</sup> O calor excessivo pode afetar o desenvolvimento e a saúde das crianças pequenas tanto no

momento em que é experienciado quanto ao longo da vida, portanto a implementação de estratégias eficazes para reduzir a exposição ao calor extremo beneficia as crianças, as famílias e as comunidades agora e no futuro.

O calor extremo afeta mais bebês e crianças pequenas do que a maioria dos adultos porque seus corpos menores se aquecem mais rapidamente e têm menos capacidade de liberar calor por meio da transpiração.<sup>4-6</sup> Os sistemas biológicos que regulam a temperatura corporal em bebês e crianças pequenas são menos desenvolvidos e, portanto, menos eficientes.<sup>7</sup> Os bebês e as crianças pequenas também não conseguem procurar ambientes mais frescos ou obter água para beber sem depender de adultos.<sup>5,6</sup> Crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde, como asma, obesidade ou diabetes, são ainda mais suscetíveis a doenças relacionadas ao calor.<sup>3,4</sup>

Existem soluções práticas e acionáveis para prevenir ou minimizar esses impactos, e muitas comunidades, organizações e nações já começaram a implementá-las com sucesso.<sup>8</sup> Como todas as crianças devem ter a oportunidade de prosperar, primeiro precisamos entender como o calor extremo afeta as crianças e depois determinar a melhor forma de agir.

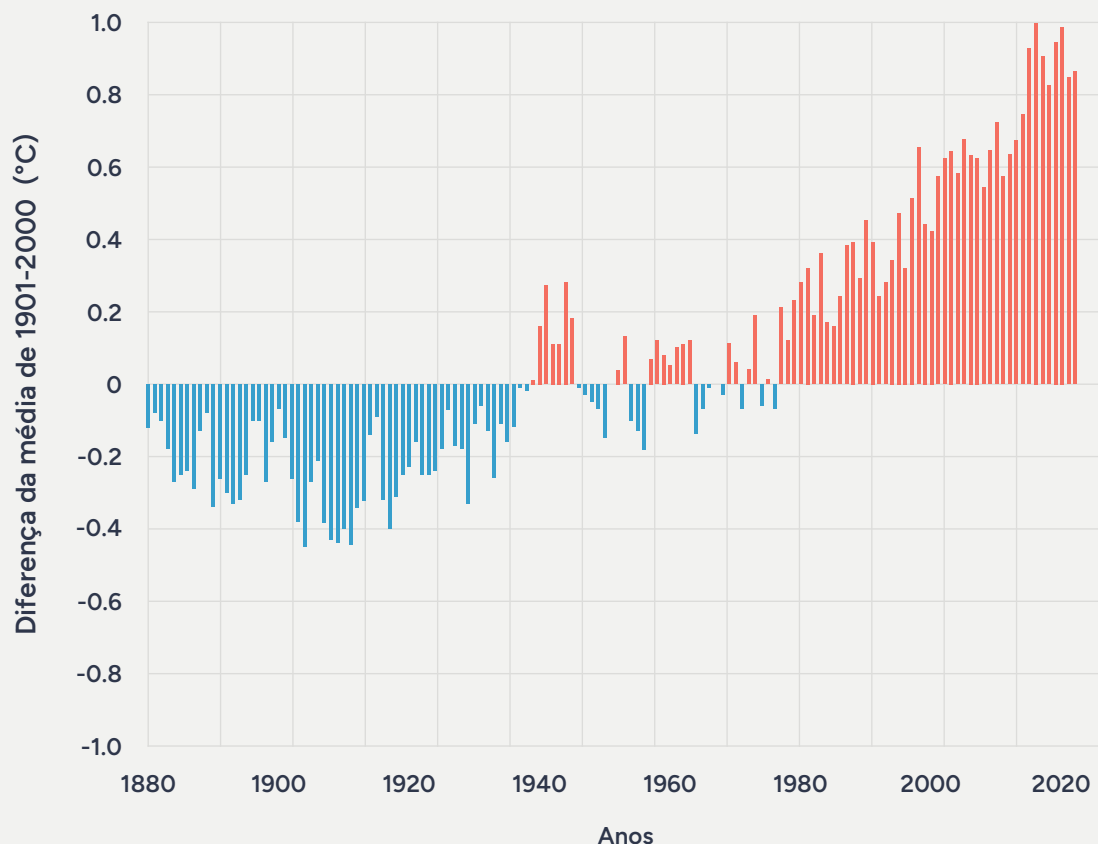
## O calor extremo afeta a todos nós

---

O aumento das temperaturas e as ondas de calor afetam todas as regiões da Terra assim como afetam todas as células e sistemas de órgãos do corpo. Calor excessivo é quando as temperaturas são significativamente mais altas do que o normal para um determinado local, de modo que as pessoas que vivem em áreas tipicamente frias e secas são afetadas tanto quanto aquelas que vivem em ambientes tipicamente quentes

e úmidos. Os seres humanos se adaptaram com sucesso a uma variedade de climas, e os limites de temperaturas que podemos suportar variam de acordo com o que estamos acostumados — mas há limites para nossa tolerância.<sup>9</sup> O corpo humano está regulado para manter uma temperatura central em um nível quase constante, independente da temperatura externa, mas nossos sistemas biológicos de controle de

## Temperatura média global da superfície



Com base em dados dos Centros Nacionais de Informações Ambientais, esta figura da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica mostra a temperatura anual da superfície comparada à média do século 20, de 1880 a 2022. As barras azuis indicam anos mais frios que a média, e as barras vermelhas mostram anos mais quentes que a média.<sup>90</sup>

temperatura podem ficar sobrecarregados.

<sup>10</sup> Embora varie de acordo com o indivíduo e a região, há condições climáticas em que nossos corpos simplesmente não conseguem se resfriar o suficiente.<sup>9</sup>

O corpo humano reage ao calor excessivo principalmente (1) redistribuindo o fluxo sanguíneo em direção à pele para que o calor possa ser transferido para fora do corpo e para o ambiente e (2) com a transpiração, onde o suor evapora da pele, reduzindo o calor do corpo. O método de resfriamento através do fluxo sanguíneo é especialmente importante em crianças pequenas. Contudo que a temperatura do ar esteja mais fria do que a temperatura do corpo, o calor se dissipa

através da pele para o ambiente externo.

Quando as temperaturas aumentam, o cérebro regula essas respostas fisiológicas, com a contribuição adicional de células nervosas sensíveis à temperatura na pele e em todo o corpo.<sup>4</sup> As células também produzem proteínas de choque térmico, que atuam como “acompanhantes” que estabilizam a estrutura de outras proteínas que poderiam ser danificadas pelas altas temperaturas. Cada célula do nosso corpo contém proteínas de choque térmico. Elas protegem várias outras proteínas que são essenciais para a vida, incluindo a hemoglobina, que transporta oxigênio para nossas células.<sup>11</sup> Em períodos curtos, as

proteínas de choque térmico são eficazes e úteis, mas quando as temperaturas seguem elevadas por muito tempo, elas perdem sua capacidade de funcionar e as proteínas que elas protegem começam a se degradar.<sup>9,11,12</sup> Isso pode causar diversos impactos a longo prazo na saúde, incluindo ativação e o desvio do sistema imunológico contra as proteínas que se degradaram, levando ao aumento da suscetibilidade a infecções e à diminuição da resposta às vacinas.<sup>13</sup> Há uma cascata de reações e consequências nos principais sistemas biológicos conectados a essas respostas de resfriamento:

**Cérebro**—Dentro do cérebro, o hipotálamo atua como um termostato para todo o corpo, detectando temperaturas e reagindo para manter as temperaturas centrais em uma faixa saudável. Quando a temperatura aumenta, o hipotálamo envia sinais por todo o corpo para desencadear mecanismos de resfriamento, como o aumento da transpiração e do fluxo sanguíneo para a superfície da pele. Caso as temperaturas elevadas contínuas impeçam o hipotálamo de desligar esses mecanismos de resfriamento — ou se as altas temperaturas combinadas com a alta umidade os tornarem ineficazes — a transpiração excessiva pode levar à desidratação, que afeta o funcionamento do cérebro e de outros sistemas de órgãos.<sup>14</sup> Além disso, o cérebro “esquenta” — as reações neuroquímicas envolvidas no funcionamento cognitivo geram calor. Como o cérebro não pode transpirar, ele depende do aumento do fluxo sanguíneo para se resfriar. Em condições normais, o sangue circulante é mais frio do que o cérebro, permitindo que o cérebro se esfrie e o calor seja transferido para fora. No entanto, quando a temperatura externa está muito alta e o corpo não consegue liberar calor com a mesma eficácia, o cérebro não consegue se resfriar até sua faixa normal.<sup>15</sup> Em um cérebro superaquecido, o revestimento das membranas das células nervosas pode ser afetado, o que pode resultar em uma diminuição na velocidade de disparo dos neurônios ou, no caso de temperaturas muito altas, fazer com que se silenciem.<sup>16-18</sup> Isso pode provocar uma

lentidão no funcionamento cognitivo e emocional — principalmente na atenção, memória e processamento de informações.

**Sistema Imunológico**—Quando as proteínas de choque térmico se degradam devido à exposição prolongada a altas temperaturas, o corpo as identifica como invasoras externas e envia células imunológicas para combatê-las.<sup>12</sup> Isso desvia o sistema imunológico de sua função principal — produzir anticorpos para combater uma infecção ou um vírus. A redução no número de anticorpos também diminui a capacidade do sistema imunológico de repelir muitas doenças transmitidas por insetos, como a doença do Nilo Ocidental e a doença de Lyme, que agora estão atingindo áreas maiores dos Estados Unidos devido ao aumento das temperaturas.<sup>19</sup> Outra parte importante da resposta imunológica é a inflamação, que prepara o corpo para curar possíveis ferimentos. Um estado prolongado de alerta dos sistemas de cura pode expor os órgãos do corpo a essas substâncias inflamatórias poderosas, o que pode causar um aumento no risco a diversos problemas de saúde, desde asma até doenças cardíacas e diabetes.<sup>20</sup>

**Em períodos curtos, as proteínas de choque térmico são eficazes e úteis, mas quando as temperaturas seguem elevadas por muito tempo, elas perdem a capacidade de funcionar e as proteínas que elas protegem começam a se degradar.**

**Pele e Intestino**—Em resposta ao calor, os poros da pele se abrem para permitir a passagem e a evaporação de mais suor, aumentando a capacidade do corpo de se resfriar. Nosso intestino, que contém uma grande variedade de bactérias, também é poroso, mas tem um revestimento que retém essas bactérias em seu interior. Em resposta ao calor extremo, esse revestimento pode se tornar permeável, permitindo que as bactérias saiam do intestino e entrem em outras partes do corpo. Quando essas alterações acontecem por longos períodos, aumenta a probabilidade de que bactérias e toxinas prejudiciais

cheguem a órgãos vitais do corpo através do sistema circulatório. Essa “invasão”, por sua vez, ativa ainda mais o sistema imunológico e a inflamação sistêmica.<sup>21</sup>

**Coração e Outros Músculos**—Em resposta ao excesso de calor, a frequência cardíaca aumenta para enviar mais sangue para a pele, dissipando o calor central do corpo para o ambiente. Consequentemente, menos sangue é enviado para os músculos, o que pode limitar o crescimento muscular, causar ruptura das fibras musculares e contribuir para a disfunção renal. O próprio coração é um músculo que pode sofrer fadiga por excesso de esforço em condições de temperaturas altas prolongadas, contribuindo para o aumento da incidência de insuficiência cardíaca durante as ondas de calor.<sup>22</sup> Quando ocorre essa ruptura devido ao calor excessivo, o tecido muscular pode morrer, liberando proteínas na corrente sanguínea que podem causar batimentos cardíacos irregulares, danos aos rins e convulsões.<sup>23</sup>

**Desidratação**—A água é essencial para o funcionamento adequado de todos os sistemas do corpo e, em momentos de calor e exercícios, é preciso repor a água perdida pelo suor. Embora os danos graves causados pelo calor extremo, incluindo insolação, possam ocorrer sem desidratação, o fato de não haver água suficiente no sistema torna o sangue mais espesso, o que pode levar ao aumento da coagulação e à insuficiência cardíaca decorrente de bloqueios arteriais. A insuficiência de água também pode causar disfunção renal, câibras musculares, desorientação mental e baixos níveis de oxigênio no sangue. Os bebês estão particularmente em risco, pois não conseguem repor os fluidos sozinhos.<sup>22</sup>

Quando mantidas por um período prolongado, todas essas respostas podem levar ao que é conhecido como “estresse térmico”. Quando isso acontece, o corpo começa a falhar e as funções críticas são interrompidas, aumentando a probabilidade de danos ao coração, aos pulmões e aos rins, bem como risco de morte relacionada ao calor.<sup>22</sup> O estresse térmico pode ocorrer quando as temperaturas do ar estão muito

acima das médias locais por vários dias.<sup>24</sup> O estresse térmico pode levar à insolação (a incapacidade do corpo de se resfriar, o que pode ser fatal), exaustão por calor (com sintomas que incluem dor de cabeça, náusea e fadiga) e a ruptura do tecido muscular (que pode causar falência de órgãos e morte).<sup>3</sup> Embora alguns efeitos do estresse causado pelo calor possam ser imediatamente perceptíveis, há também impactos — como disfunção cognitiva e orgânica — que podem persistir por anos, elevando o risco de mortalidade de duas a três vezes por décadas para pessoas expostas ao calor extremo.<sup>4</sup>

Os efeitos do calor são influenciados por uma série de fatores que, quando combinados, influenciam a forma como as crianças são afetadas.<sup>22</sup> O principal desses fatores são as desigualdades socioeconômicas, que afetam de forma desproporcional os grupos raciais e étnicos marginalizados. Essas comunidades frequentemente enfrentam um espectro de barreiras estruturais, políticas, sociais e econômicas que têm restringido sistematicamente o acesso a recursos essenciais. Apesar da ampla variedade de condições e experiências de vida, interseções entre culturas e status socioeconômicos dentro dos grupos, em geral, nos EUA, os riscos à saúde são significativamente maiores para aqueles mais diretamente afetados pelo legado de políticas discriminatórias que moldam os ambientes em que as pessoas vivem.<sup>25</sup>

Viver em lugares com menos recursos e oportunidades dificulta o alívio do calor. Há menos ar-condicionado, menos espaços públicos de resfriamento, falta de água potável e maior probabilidade de moradias e bairros que retêm o calor em vez de atenuá-lo (por exemplo, com muito asfalto e poucos espaços verdes).<sup>26</sup> Isso contribui para o aumento significativo do risco de doenças físicas e mentais, parto prematuro e morte de pessoas descendentes de indígenas americanos, nativos do Alasca, negros e latinos nos EUA, como resultado da exposição ao calor extremo.<sup>27</sup> Os esforços liderados por grupos marginalizados para ampliar o acesso a oportunidades, desenvolver infraestrutura e mobilizar respostas locais ao calor extremo estão ganhando força na reversão dessas desigualdades.<sup>28</sup>



## Soluções conduzidas pela comunidade

Em julho de 2017, 15 equipes de voluntários da comunidade e estudantes se espalharam por Richmond, Virgínia, com dispositivos simples feitos à mão, projetados para medir a temperatura do ar e marcar a hora e a localização. A iniciativa coletou mais de 60 mil temperaturas, e foi o início do projeto de mapeamento de calor conduzido pela comunidade, que mostrou diferenças de até 9°C entre os bairros — uma área poderia registrar 30°C, enquanto outro bairro do outro lado da cidade registrava 39°C. Os pesquisadores então compararam os dados e notaram que os bairros mais quentes da cidade tinham os maiores níveis de pavimentação, os menores níveis de cobertura de árvores, as rendas mais baixas e o maior número de emergências de saúde que exigiam intervenção de primeiros socorros.<sup>29</sup> Essas percepções levaram à ação da comunidade: Em 2020, Richmond desenvolveu um Índice de Equidade Climática para identificar os bairros de maior risco e ajudar os tomadores de decisão a se concentrarem nos principais fatores a serem abordados.<sup>30</sup> Os dados do índice embasaram o “RVAgreen 2050”, um plano de ação ambiental orientado para a equidade que exige estratégias de resfriamento, como o aumento da copa das árvores, a instalação de sombreadores nos pontos de ônibus, a despavimentação (substituição de superfícies pavimentadas por vegetação ou pavimentos mais permeáveis ou asfalto), a instalação de pavimentos frios (materiais de pavimentação que foram modificados para permanecerem mais frios do que os pavimentos convencionais) e auxílio para pagamento de contas de serviços essenciais.<sup>31</sup> O índice que o grupo de Richmond criou também fornece ferramentas para mapear os locais onde os centros de resfriamento e locais de assistência alimentar são mais necessários. As autoridades municipais adotaram um processo de envolvimento da comunidade que identificou as prioridades locais, centrada na equidade; por exemplo, o lado sul da cidade, de baixa renda, conseguiu converter 36 acres não utilizados em espaços verdes.<sup>32</sup>

## O calor impacta de forma particularmente intensa bebês e crianças pequenas

Em épocas de calor extremo, as mudanças fisiológicas normais que ocorrem durante a gravidez podem gerar riscos extras. O corpo já produz mais calor durante a gestação devido ao aumento do metabolismo necessário para dar suporte ao desenvolvimento fetal e à tensão causada pelo aumento de massa corporal.<sup>33</sup> Existem adaptações protetoras durante a gestação para compensar essas mudanças, como um limiar mais baixo para a transpiração e um aumento no fluxo sanguíneo para a pele. Entretanto, o calor extremo pode sobrecarregar essas adaptações, e pode levar ao nascimento prematuro por meio de diversos mecanismos. As altas temperaturas podem causar a redução do fluxo sanguíneo na placenta, bem como desidratação e inflamação, o que pode desencadear um parto prematuro.<sup>34</sup> Há evidências de que, durante períodos de calor intenso, há um aumento na incidência de natimortos<sup>35,36</sup>, bem como um maior número de bebês prematuros e com baixo peso ao

nascer, todos conectados a um risco maior de uma série de consequências adversas mais tarde na vida, incluindo cognição prejudicada, crescimento reduzido e problemas crônicos de saúde, como doenças cardiovasculares e diabetes na idade adulta.<sup>37-43</sup>

O estresse térmico também pode afetar crianças pequenas de várias maneiras, em parte porque seus corpos respondem ao calor extremo de forma diferente dos adultos. Por exemplo, as crianças não transpiram tanto quanto os adultos, especialmente no calor extremo, o que restringe um dos principais métodos que o corpo utiliza para se refrescar.<sup>6</sup> Isso se aplica especialmente a bebês e crianças pequenas. Se o corpo não conseguir se resfriar adequadamente, o excesso de calor pode levar à ruptura muscular, insuficiência renal, convulsão, coma ou até mesmo à morte em casos extremos.<sup>3</sup> Além desses efeitos imediatos, o calor pode prejudicar o desenvolvimento por meio de três vias distintas:

**Perda de aprendizagem**—O calor está associado à lentidão da função cognitiva e à redução da capacidade de concentração.<sup>41</sup> Uma análise de crianças em idade escolar nos EUA, Inglaterra, Suécia e Dinamarca calculou que a temperatura ideal para manter um bom nível de atenção é de 22°C ou menos. Espera-se que o desempenho dos alunos em testes psicológicos e tarefas escolares aumente em média 20% se a temperatura da sala de aula for reduzida de 30°C para 20°C.<sup>44</sup> Por outro lado, estudos mostram que o desempenho escolar diminui à medida que as temperaturas aumentam. Na cidade de Nova York, por exemplo, as perdas de aprendizagem aumentaram em até 50% quando as temperaturas em dias letivos ficavam acima de 38°C, em comparação com dias acima de 32°C. Além disso, a perda de aprendizagem causada por eventos extremos de calor pode ser duradoura: dias letivos mais quentes, dois, três e até quatro anos antes de um teste têm correlação com notas mais baixas.<sup>45</sup> A perda de aprendizagem pode ocorrer porque os impactos do calor no cérebro podem ocasionar tempos de reação mais lentos e incapacidade de concentração.

**O cérebro detecta o calor extremo como uma ameaça ao bem-estar, o que ativa o sistema de resposta ao estresse. Durante a gestação e a primeira infância, a ativação excessiva desse sistema pode prejudicar o desenvolvimento de circuitos de regulação emocional.**

Os efeitos do calor sobre o sono (veja abaixo) também podem levar a perturbações cognitivas e dificuldades de aprendizagem na primeira infância.<sup>46</sup> Aprender em uma sala de aula quente pode fazer com que alunos e professores se sintam desmotivados, distraídos ou irritados. E, se as escolas forem desconfortavelmente quentes, alunos ou professores podem intencionalmente faltar ou evitar a escola.<sup>3</sup> Felizmente, o uso de ar-condicionado e de outros métodos de resfriamento, como bombas de calor, parecem compensar a maior parte dos impactos prejudiciais dos eventos de calor sobre o aprendizado,<sup>47</sup> apontando para a eficácia do resfriamento como uma solução prática e econômica que já está amplamente disponível

em muitos estados, mas injustamente distribuída por renda, etnia e localização.<sup>47,48</sup>

**Qualidade do sono**—Dormir o suficiente e com qualidade é essencial para o crescimento e desenvolvimento saudáveis. Um corpo de evidências cada vez maior indica uma correlação entre sono inadequado na infância e obesidade infantil, e que os hábitos de sono na infância podem afetar o peso até a idade adulta.<sup>49-52</sup> Isso provavelmente está relacionado a déficits e distúrbios de sono que afetam os hormônios que são importantes para a sensação de fome.<sup>53</sup> Os déficits de sono na infância também aumentam a probabilidade de enfrentar desafios emocionais e comportamentais na primeira infância, prejudicam o desenvolvimento da linguagem e reduzem as habilidades de resolução de problemas.<sup>54,55</sup> A temperatura desempenha um papel fundamental na qualidade do sono. À medida que o corpo se prepara para dormir, a temperatura corporal central normalmente diminui, facilitando o início do sono. O calor externo pode interferir nesse processo, causando um sono de má qualidade e resultados potencialmente negativos para as crianças, conforme descrito acima. Durante a onda de calor de 2022 no Reino Unido, os pesquisadores estudaram o impacto das temperaturas excepcionalmente altas no sono dos bebês. Eles descobriram que, quando as temperaturas variavam entre 35°C e 39°C, os bebês demoravam mais para adormecer, tinham menos sono total, sono menos eficiente e sono mais fragmentado, e as visitas dos pais eram mais frequentes durante a noite. Após a onda de calor, os padrões de sono dos bebês voltaram ao normal, demonstrando que os impactos negativos de uma onda de calor não são permanentes e podem ser rapidamente corrigidos com a redução da exposição dos bebês ao calor no futuro.<sup>46</sup>

**Saúde mental e comportamento**—Como o cérebro e o corpo das crianças estão se desenvolvendo rapidamente e são altamente sensíveis às suas experiências, a primeira infância é um período em que as ameaças ao bem-estar podem ter efeitos duradouros sobre a saúde mental.<sup>56</sup> Por causa disso, os esforços de tratamento e prevenção nos



primeiros anos podem ter consequências mais significativas na saúde psicológica e no bem-estar das crianças a longo prazo quando comparados aos esforços iniciados mais tarde.<sup>57</sup> O cérebro detecta o calor extremo como uma ameaça ao bem-estar, o que ativa o sistema de resposta ao estresse.<sup>58,59</sup> A ativação excessiva do sistema de resposta ao estresse durante a gravidez e em crianças pequenas pode prejudicar o desenvolvimento de circuitos de regulação no cérebro em desenvolvimento de uma criança ou feto.<sup>60</sup> O calor excessivo também provoca o aumento de crimes violentos, conflitos e suicídios, por meio de uma combinação de fatores ambientais — mais pessoas ficam ao ar livre — e mudanças biológicas — o calor desregula os hormônios e neurotransmissores que estabilizam o humor, levando ao aumento

da irritabilidade e da agressividade.<sup>61-63</sup> As experiências de violência são ativadores potentes da resposta ao estresse durante a gestação e em crianças pequenas e podem causar traumas duradouros e uma diminuição da sensação de segurança física e psicológica.<sup>57</sup> Como as crianças pequenas são tão fortemente afetadas pelos ambientes e relacionamentos ao seu redor, os esforços para reduzir ou melhorar os efeitos do calor em uma comunidade também podem mitigar fatores que contribuem para o desenvolvimento de problemas de saúde mental e comportamental em crianças.<sup>64-66</sup> Por exemplo, a diminuição das ilhas de calor nas cidades pode permitir que mais pessoas se exercitem ao ar livre em suas comunidades, afetando positivamente a saúde física e mental das crianças e de seus cuidadores.

## O calor não age sozinho

Muitos fatores, incluindo situação econômica, nutrição e dieta, condições de vida, localização geográfica e estágio de desenvolvimento, influenciam o impacto que o calor excessivo tem sobre a saúde e o desenvolvimento de uma criança.<sup>19</sup> Por exemplo, um bebê ou criança pequena cuja família viva em um bairro com poucas opções de resfriamento, má qualidade do ar, pouco acesso a alimentos saudáveis e poucos recursos e oportunidades econômicas provavelmente será mais afetada pelo calor extremo do que uma criança em uma comunidade com mais recursos e oportunidades. Embora o calor afete a todos, ele também amplifica os efeitos das desigualdades sistêmicas na habitação, na densidade da vizinhança, na infraestrutura comunitária e nas oportunidades econômicas, contribuindo para uma carga desigual de condições perigosas para famílias de grupos marginalizados e com renda mais baixa.<sup>26</sup> O calor também afeta a frequência e a gravidade dos desastres naturais que alteram a vida, incluindo incêndios florestais, enchentes e furacões, a capacidade de trabalhar e brincar ao ar livre, a qualidade do ar, a disponibilidade de água potável e os níveis nutricionais das principais culturas — tudo isso também

afeta a saúde e o desenvolvimento das crianças. No entanto, é possível modificar todas essas condições para aumentar a resiliência de uma comunidade ao calor excessivo e assim oferecer às crianças maior proteção contra seus efeitos nocivos:

**Embora o calor afete a todos, ele também amplifica os efeitos das desigualdades sistêmicas na habitação, na densidade da vizinhança, na infraestrutura comunitária e nas oportunidades econômicas, contribuindo para uma carga desigual de condições perigosas para famílias de grupos marginalizados e com renda mais baixa.**

**Qualidade do ar**—Como vimos nos últimos anos, a fumaça dos incêndios florestais — e a má qualidade do ar que pode durar semanas ou até meses após um incêndio — ameaça crianças e adultos, mesmo a uma distância considerável do local da queimada.<sup>3</sup> Como observado acima, esses eventos se tornam mais frequentes e perigosos com o aumento do calor e podem ter efeitos de curto e longo prazo na saúde das crianças. A conexão imediata entre a fumaça dos incêndios florestais e o aumento das visitas

hospitalares por doenças respiratórias como a asma é clara e direta, mas a fumaça também pode ter efeitos permanentes e prejudiciais nos resultados da gestação. O aumento da poluição do ar, decorrente do crescimento previsto da atividade de queimadas, pode resultar em mais consequências adversas no nascimento. Por exemplo, prevê-se que um aumento de apenas 4°C nas temperaturas globais causará um aumento de 92% nos nascimentos prematuros, o que significa um adicional de 13.600 nascimentos prematuros a cada ano devido à exposição à fumaça de incêndios florestais.<sup>3,67</sup> E o calor não afeta a qualidade do ar apenas por meio da fumaça. Em períodos de calor intenso, o calor e a luz do sol essencialmente cozinham o ar, liberando compostos químicos<sup>68</sup> como o ozônio (causa de problemas respiratórios que ameaçam a vida) que ficam presos no ar em temperaturas normais.<sup>69</sup> O ar quente e parado também impede que partículas provenientes da fumaça e emissões de combustíveis fósseis se dissipem, o que está associado ao aumento da gravidade e da frequência de asma, outras doenças respiratórias, câncer e erupções cutâneas em crianças, bem como ao nascimento prematuro, baixo peso ao nascer e defeitos congênitos após a exposição durante a gravidez.<sup>3</sup> Não é coincidência que os bairros com as temperaturas mais altas também tenham o ar mais poluído e maior incidência de asma infantil.<sup>70-72</sup> Essas descobertas reforçam a importância crucial da redução das emissões de combustíveis fósseis e da redução da exposição ao calor, a fim de proporcionar a todas as crianças a oportunidade de prosperar.

**Nutrição**—Como os fetos, bebês e crianças pequenas passam por mudanças rápidas no desenvolvimento, suas necessidades nutricionais e de fluídos são maiores que a dos adultos e, portanto, são mais sensíveis a interrupções no fornecimento de alimentos e água.<sup>7</sup> Não apenas as crianças pequenas têm pouco controle sobre o que, quando e quanta nutrição e água estão disponíveis para elas, mas os suprimentos locais e globais de alimentos nutritivos e água também são altamente afetados pelo calor extremo. A escassez da disponibilidade de água potável fresca e limpa em todo o mundo decorrente da seca causada pelo calor tem sido bem relatada,

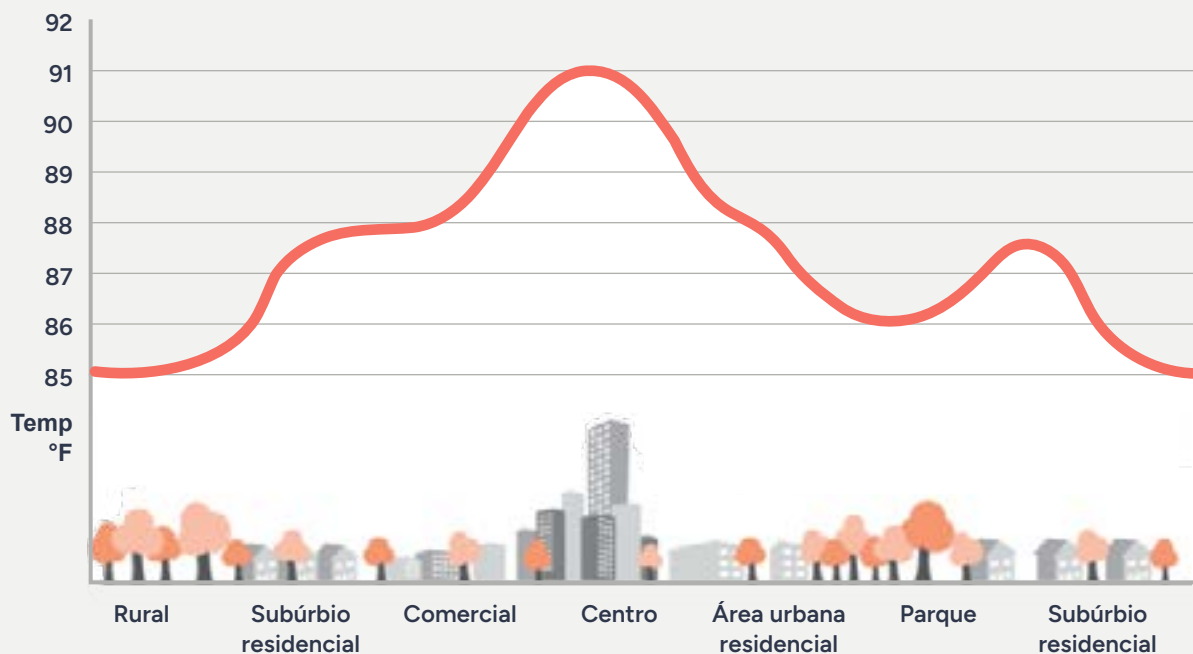
mas o impacto do calor na agricultura e no abastecimento de alimentos é muitas vezes ignorado. A capacidade de cultivar plantações é prejudicada pelo calor escaldante, reservatórios secos e tempestades severas, incluindo furacões, que estão se tornando mais frequentes e mais intensos devido ao aumento da temperatura dos oceanos.<sup>73</sup> Mas o estresse térmico também tem efeitos biológicos negativos sobre as próprias plantas, afetando a fotossíntese, o crescimento, a reprodução e a suscetibilidade a bactérias, parasitas e vírus. O calor excessivo diminui o valor nutricional dos grãos de cereais e o tamanho das colheitas de soja e trigo, e afeta o gado de inúmeras maneiras. O estresse térmico diminui as taxas de crescimento e reprodução animal, bem como a produção de leite e ovos. A onda de calor de 2003 na Europa causou um aumento de 24% nas mortes de gado.<sup>22</sup> Essas interrupções na cadeia alimentar global afetam diretamente o custo e a disponibilidade de alimentos nutritivos, com maiores impactos sobre aqueles que já têm menos acesso. Por exemplo, nos EUA, a disponibilidade de alimentos saudáveis a preços acessíveis é mais limitada nos bairros predominantemente habitados por negros e hispânicos, e são locais com taxas mais altas de insegurança alimentar.<sup>74-76</sup> Além disso, a insegurança alimentar é duas vezes mais comum entre os indígenas americanos e os nativos do Alasca, em comparação com pessoas brancas.<sup>77</sup> Como o acesso a alimentos nutritivos já é mais difícil nessas comunidades do que em outros lugares, os impactos adversos do calor na cadeia alimentar afetam essas comunidades de forma mais severa.

**Desvantagens estruturais**—Todas as crianças enfrentam riscos do calor excessivo, mas esses riscos e seus impactos não são distribuídos uniformemente. Os países de baixa renda têm maior probabilidade de experimentar os efeitos potencialmente fatais de um clima superaquecido, e as atuais estruturas de poder global dificultam que esses países possam influenciar e promover mudanças em nível internacional.<sup>78</sup> Nos EUA, algumas comunidades — mesmo dentro da mesma região — não apenas são mais frias do que outras, mas têm mais (e mais fácil) acesso a métodos de resfriamento, como

ar-condicionado, espaços verdes e piscinas. O impacto do calor é maior em comunidades negras e de baixa renda,<sup>25</sup> onde décadas de práticas discriminatórias de zoneamento e crédito conhecidas como “redlining” — em que mapas elaborados pelo governo federal restringiam investimentos imobiliários em bairros delineados em vermelho, em grande parte devido à sua composição racial e étnica — levaram à criação de ilhas de calor urbanas dominadas por asfalto que retém o calor, edifícios densamente concentrados, trânsito, instalações industriais e rodovias.<sup>7,72,79</sup> Vários estudos mostram que quase todos os bairros dos EUA que foram colocados dentro da linha vermelha são mais quentes hoje do que os bairros que estão fora dessa área<sup>72</sup> e têm níveis mais altos de poluição do ar.<sup>80</sup> Esses bairros também tendem a ter menos acesso a formas de reduzir a exposição das crianças ao calor excessivo devido ao subinvestimento sistemático em infraestrutura e oportunidades econômicas. Por exemplo, os estudantes de baixa renda têm maior probabilidade

de frequentar escolas sem ar-condicionado adequado do que os estudantes de renda mais alta. Além disso, as famílias hispânicas e negras têm menos probabilidade de ter acesso a ar-condicionado em comparação com famílias brancas.<sup>81</sup> As áreas rurais não estão imunes às desigualdades: mais da metade dos condados rurais dos EUA não têm serviços obstétricos hospitalares, e a chance de não haver serviços de saúde locais de assistência à gestação e ao parto é maior em condados rurais de baixa renda, onde há mais mulheres negras em idade reprodutiva.<sup>82</sup> A necessidade de percorrer longas distâncias para conseguir atendimento obstétrico para complicações relacionadas ao calor durante a gravidez provavelmente é um fator que contribui para taxas elevadas de morte materna, mortalidade infantil e dificuldades no parto em áreas rurais.<sup>83</sup> Iniquidades documentadas como essas oferecem orientação para a priorização de medidas de redução de calor em locais onde elas terão mais influência sobre aqueles com maior necessidade.

## Perfil de ilhas de calor urbano



Esta ilustração demonstra como as temperaturas podem se tornar altas em ilhas de calor urbano, em comparação com áreas com mais espaço verde e menor densidade de edifícios e superfícies que retêm calor.<sup>84</sup>

# Estratégias eficazes podem criar um efeito multiplicativo

Em várias partes do mundo estão sendo implementadas soluções práticas para mitigar as mudanças climáticas, desacelerar o aquecimento do nosso ambiente e fornecer novos métodos para resfriar nossas comunidades. Essas estratégias incluem uma gama ampla de políticas e ações do setor privado que facilitam a transição de combustíveis fósseis para fontes de energia renováveis, aumentam a eficiência energética, impulsionam o sequestro natural de carbono, melhoram o acesso à água potável e ao suprimento de alimentos, protegem contra eventos climáticos extremos, expandem o uso de novas tecnologias de resfriamento e abordam as desigualdades crônicas no acesso a recursos e oportunidades.<sup>7</sup>

**Como os efeitos das mudanças climáticas são tão inter-relacionados, todos os esforços para enfrentar suas causas fundamentais — e a desigualdade de forma mais ampla — irão intensificar o resultado dos esforços para mitigar os impactos do calor extremo e contribuirão para melhorar a saúde e o bem-estar das crianças.**

Como os efeitos das mudanças climáticas são tão inter-relacionados, todos os esforços para enfrentar suas causas fundamentais — e a desigualdade de forma mais ampla — irão intensificar o resultado dos esforços para mitigar os impactos do calor extremo e contribuirão para melhorar a saúde e o bem-estar das crianças. Toda contribuição faz diferença. As políticas que visam as emissões, por exemplo, podem, ao mesmo tempo, beneficiar a saúde das crianças e reduzir custos. Apenas como um exemplo, estima-se que a Iniciativa Regional de Gases de Efeito Estufa — um esforço cooperativo entre doze estados do nordeste dos Estados Unidos para reduzir as emissões de dióxido de carbono das usinas de energia — tenha evitado mais de 16 mil casos de doenças respiratórias, 537 novos casos de asma e outras doenças em crianças, com substancial economia de

custos em cinco anos.<sup>85</sup> Em suma, estratégias que abordam as altas temperaturas e outros aspectos da mudança climática também são estratégias que promovem o desenvolvimento saudável das crianças.

Os efeitos nocivos do calor excessivo devem ser abordados por meio de estratégias direcionadas em três níveis:

1. Ações imediatas para reduzir os danos causados por eventos extremos de calor;
2. Adaptação de nossos serviços, sistemas e infraestrutura para que estejam melhor preparados para suportar o aumento do calor; e
3. Enfrentamento das causas fundamentais por trás do aquecimento acelerado de nosso planeta.

As soluções em cada nível podem ser implementadas por meio de políticas locais, municipais, estaduais e federais, além de serviços sociais, educação e assistência médica. Isso deve ser feito em consulta com as comunidades e líderes locais, a fim de garantir que as necessidades da população local sejam atendidas da maneira mais eficaz. A liderança local é essencial: embora os esforços para abordar as causas fundamentais das mudanças climáticas possam e devam ser realizados em nível nacional e global, os residentes e líderes de uma comunidade conhecem melhor suas maiores necessidades e desafios. Levar aparelhos de ar-condicionado para uma comunidade sem acesso confiável à rede elétrica, por exemplo, ou o plantio de árvores sem considerar os custos futuros para uma comunidade, quando outras formas de sombra e resfriamento possam ser mais adequadas, são apenas dois exemplos de intervenções bem-intencionadas, mas mal orientadas, impostas de fora em vez de conduzidas pela comunidade.

Para enfrentar o impacto do calor excessivo sobre as crianças, os formuladores de políticas e líderes comunitários podem aprender com uma série de estratégias e

abordagens práticas que já demonstram efeitos positivos em comunidades de todo o país e no mundo (consulte *Recursos para entrar em ação* para obter exemplos específicos):

### **Considerar onde as pessoas passam o tempo durante a gravidez e a infância.**

Programas de creche e pré-escola, escolas de ensino fundamental e médio, programas de verão e pós-escola, esportes recreativos e lares com crianças pequenas (ou à espera de um bebê) devem ser avaliados para determinar sua capacidade de proteger as pessoas da exposição ao calor excessivo durante a gestação e a infância e de fornecer o que elas precisam para enfrentar altas temperaturas, como água potável, alimentos nutritivos e sombra. Deve ser considerado parte integrante dos cuidados de pré-natal a garantia da disponibilidade de opções para refrescar o ambiente durante a gestação.

### **Melhorar as opções de resfriamento estrutural.**

A arquitetura de novos edifícios, a modernização de edifícios antigos e o planejamento urbano podem ser feitos de forma a reduzir o calor e fazer uso mais eficiente da energia. Muitos novos materiais de construção e fontes de energia, como “pavimentos frios” e “telhados frios” com superfícies brancas, reflexivas ou permeáveis, podem ajudar a economizar dinheiro e salvar vidas.<sup>86</sup> Campanhas de ecologização urbana que aumentam as copas das árvores e superfícies cobertas com vegetação podem diminuir a temperatura do ar e fornecer sombra. O acesso público a água potável e a centros de resfriamento nas comunidades (amplamente divulgados, inclusive em clínicas e hospitais) podem oferecer maior proteção à população contra os efeitos do calor extremo.<sup>22</sup>

### **Instalar ar-condicionado e outros mecanismos de resfriamento.**

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA, mais de US\$ 13 bilhões são perdidos todo ano com a redução na renda futura ocasionada pela perda de aprendizado em dias letivos com temperaturas apenas 4°C acima da média atual. No entanto, o custo anual de instalação e manutenção de sistemas AVAC em todas

as escolas públicas dos EUA custaria menos de um terço desse valor.<sup>3</sup> Alguns estados oferecem subsídios para ar-condicionado por meio do Programa Federal de Assistência Energética Residencial de Baixa Renda (LIHEAP, na sigla em inglês).<sup>87</sup> E também há várias soluções mais econômicas e que consomem menos energia, desde dissipadores de calor (que bombeiam calor para o subsolo) até “climatizadores evaporativos” (que usam a evaporação para resfriar o ar).

### **Fornecer suporte para acesso econômico e confiável à rede elétrica,**

com ênfase na energia de fontes sustentáveis. Durante a onda de calor de junho de 2023 no Texas, onde as temperaturas atingiram 48°C, os investimentos recentes em energia solar supriram até 15% das necessidades de energia do estado nos períodos críticos do dia, prevenindo apagões de emergência em larga escala.<sup>88</sup> Um ar-condicionado não resolve o problema se ele não puder ser ligado ou se a energia for inacessível. Em algumas áreas, os pediatras estão ajudando as famílias a registrarem a necessidade médica de manter o acesso a serviços de utilidade pública; o seguro de saúde pode até pagar as contas deles em alguns estados.<sup>89</sup> O programa federal de assistência ao resfriamento do LIHEAP também está disponível para ajudar as pessoas de baixa renda a pagar as contas de energia.<sup>87</sup>

### **Desenvolver planos de ação antic calor.**

As comunidades e os sistemas de saúde podem se unir para construir sua resiliência. Os planos de ação contra o calor coordenam a resposta do governo local com outros órgãos, instalações de saúde e organizações comunitárias.<sup>73</sup> Por exemplo, os sistemas de saúde podem estabelecer parcerias colaborativas para desenvolver planos locais de resposta ao calor que mapeiem as áreas de maior exposição e incorporem o conhecimento derivado da comunidade sobre atitudes e práticas entre seus membros em maior risco. Por exemplo, as parcerias comunitárias podem identificar os “combatentes do calor” — indivíduos respeitados na comunidade que podem compartilhar informações sobre riscos e recursos durante as ondas de calor.<sup>28</sup>



# Recursos para entrar em ação

---

## **Index de risco climático para as crianças, Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef)**

Dados geográficos globais sobre a natureza e o escopo do risco dos efeitos das mudanças climáticas para as crianças do mundo..

[unicef.org/reports/  
climate-crisis-child-rights-crisis](https://www.unicef.org/reports/climate-crisis-child-rights-crisis)

## **Ondas de calor: riscos e respostas**

O relatório da Organização Mundial da Saúde analisa o conhecimento sobre os efeitos das ondas de calor e faz recomendações para ações preventivas, incluindo sistemas de alerta de saúde contra o calor, planejamento urbano e projeto habitacional.

[who.int/publications/i/item/9789289010948](https://www.who.int/publications/i/item/9789289010948)

## **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**

“Mudanças Climáticas 2023: Resumo para Formuladores de Políticas” fornece uma série de ações de adaptação, mitigação e medidas de curto prazo para reduzir os efeitos das mudanças climáticas em todo o mundo.

[ipcc.ch/srccl/chapter/  
summary-for-policymakers/](https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/)

## **National Center for Medical-Legal Partnerships**

(Centro Nacional de Parcerias Médico-Legais)

Ajuda os profissionais da medicina a lidarem com questões legais, incluindo a documentação da necessidade médica de acesso a serviços de utilidade pública relacionados ao calor

[medical-legalpartnership.org/](https://www.medical-legalpartnership.org/)

## **National Institute of Environmental Health Sciences**

(Instituto Nacional de Ciências Ambientais e de Saúde dos EUA) Coordena pesquisas com foco em soluções para reduzir os efeitos da mudança climática sobre a saúde e oferece aos educadores planos de aula sobre mudanças climáticas e saúde humana. <https://niehs.nih.gov>

## **Smart Surfaces Coalition**

Informações, ferramentas e iniciativas para ajudar as cidades a incorporarem telhados e pavimentos refletivos (frios), pavimentos porosos, telhados verdes e muito mais “para permitir que as cidades prosperem apesar das ameaças climáticas, economizem bilhões de dólares, criem empregos, diminuam o calor, reduzam o risco de inundações, desacelerem o aquecimento global e melhorem a habitabilidade, a saúde e a equidade das cidades.” [smartsurfacescoalition.org](https://smartsurfacescoalition.org)

## **Guia de resiliência climática dos EUA**

Compila ferramentas, informações, estudos de caso e expertise técnica do governo federal dos EUA para ajudar os tomadores de decisão a identificarem ameaças e vulnerabilidades climáticas locais e reduzir os riscos.

[toolkit.climate.gov](https://www.toolkit.climate.gov)

## **Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos**

- “Mudanças climáticas e saúde e bem-estar das crianças nos Estados Unidos” oferece uma variedade de informações, pesquisas e soluções. [epa.gov/cira/  
climate-change-and-childrens-health-and-well-being-united-states-report](https://www.epa.gov/cira/climate-change-and-childrens-health-and-well-being-united-states-report)
- “Estratégias de resfriamento de ilhas de calor” fornece informações sobre como as comunidades estão agindo para reduzir o calor excessivo através da vegetação, instalação de telhados verdes e frios, pavimentos frios e crescimento inteligente. [https://www.epa.gov/  
heatislands/heat-island-cooling-strategies](https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-cooling-strategies)

## **Programa de Pesquisa de Mudanças Globais dos EUA**

Colaboração entre 14 órgãos federais para fornecer um portal para ciência autorizada, ferramentas e recursos para ajudar pessoas e organizações em todo o país a gerenciar riscos e responder às mudanças nas condições ambientais. [globalchange.gov](https://www.globalchange.gov)



# Referências

1. US EPA. Climate Change Indicators: Heat Waves. US Environmental Protection Agency. Updated July 2022. Accessed October 30, 2023. [epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-waves](https://epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-waves)
2. US EPA. Climate Change Indicators: U.S. and Global Temperature. US Environmental Protection Agency. Updated July 2022. Accessed August 23, 2023. [epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-us-and-global-temperature](https://epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-us-and-global-temperature)
3. US EPA. Climate Change and Children's Health and Well-Being in the United States. US Environmental Protection Agency. EPA 430-R-23-001. April 2023.
4. Ebi KL, Capon A, Berry P, et al. Hot weather and heat extremes: health risks. *Lancet*. Aug 21 2021;398(10301):698-708. doi:10.1016/S0140-6736(21)01208-3
5. Tsuzuki-Hayakawa K, Tochiwara Y, Ohnaka T. Thermoregulation during heat exposure of young children compared to their mothers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;72(1-2):12-7. doi:10.1007/BF00964108
6. Smith CJ. Pediatric Thermoregulation: Considerations in the Face of Global Climate Change. *Nutrients*. Aug 26 2019;11(9)doi:10.3390/nu11092010
7. Perera F, Nadeau K. Climate Change, Fossil-Fuel Pollution, and Children's Health. *N Engl J Med*. Jun 16 2022;386(24):2303-2314. doi:10.1056/NEJMra2117706
8. US EPA. US Climate Resilience Toolkit. US Environmental Protection Agency. Accessed August 23, 2023. [toolkit.climate.gov](https://toolkit.climate.gov)
9. Hanna EG, Tait PW. Limitations to Thermoregulation and Acclimatization Challenge Human Adaptation to Global Warming. *Int J Environ Res Public Health*. Jul 15 2015;12(7):8034-74. doi:10.3390/ijerph120708034
10. Lohmus M. Possible Biological Mechanisms Linking Mental Health and Heat-A Contemplative Review. *Int J Environ Res Public Health*. Jul 18 2018;15(7)doi:10.3390/ijerph15071515
11. Ponomarenko M, Stepanenko I, Kolchanov N. Heat Shock Proteins. In: Maloy S, Hughes K, editors. *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*: Academic Press; 2013. p. 402-405.
12. Hu C, Yang J, Qi Z, et al. Heat shock proteins: Biological functions, pathological roles, and therapeutic opportunities. *MedComm (2020)*. Sep 2022;3(3):e161. doi:10.1002/mco2.161
13. Dubrez L, Causse S, Borges Bonan N, Dumetier B, Garrido C. Heat-shock proteins: chaperoning DNA repair. *Oncogene*. Jan 2020;39(3):516-529. doi:10.1038/s41388-019-1016-y
14. Sorensen C, Hess J. Treatment and Prevention of Heat-Related Illness. *N Engl J Med*. Oct 13 2022;387(15):1404-1413. doi:10.1056/NEJMcp2210623
15. Kiyatkin EA. Brain temperature and its role in physiology and pathophysiology: Lessons from 20 years of thermorecording. *Temperature (Austin)*. 2019;6(4):271-333. doi:10.1080/23328940.2019.1691896
16. Yan Z, Liu YM, Wu WD, Jiang Y, Zhuo LB. Combined exposure of heat stress and ozone enhanced cognitive impairment via neuroinflammation and blood brain barrier disruption in male rats. *Sci Total Environ*. Jan 20 2023;857(Pt 3):159599. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.159599
17. Walter EJ, Carraretto M. The neurological and cognitive consequences of hyperthermia. *Crit Care*. Jul 14 2016;20(1):199. doi:10.1186/s13054-016-1376-4
18. White MG, Luca LE, Nonner D, et al. Cellular mechanisms of neuronal damage from hyperthermia. *Prog Brain Res*. 2007;162:347-71. doi:10.1016/S0079-6123(06)62017-7
19. NIH. Climate Change and Human Health. National Institute of Environmental Health Sciences. June 2022. [niehs.nih.gov/health/materials/climate\\_and\\_human\\_health\\_508.pdf](https://niehs.nih.gov/health/materials/climate_and_human_health_508.pdf)
20. National Scientific Council on the Developing Child. Connecting the Brain to the Rest of the Body: Early Childhood Development and Lifelong Health Are Deeply Intertwined: Working Paper No. 15. 2020. [developingchild.harvard.edu](https://developingchild.harvard.edu)
21. Koch F, Thom U, Albrecht E, et al. Heat stress directly impairs gut integrity and recruits distinct immune cell populations into the bovine intestine. *Proc Natl Acad Sci U S A*. May 21 2019;116(21):10333-10338. doi:10.1073/pnas.1820130116
22. Sampath V, Shalakhti O, Veidis E, et al. Acute and chronic impacts of heat stress on planetary health. *Allergy*. Aug 2023;78(8):2109-2120. doi:10.1111/all.15702
23. Torres PA, Helmstetter JA, Kaye AM, Kaye AD. Rhabdomyolysis: pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Ochsner J*. Spring 2015;15(1):58-69.
24. Koppe C, Kovats S, Jendritzky G, et al. Heat waves : risks and responses. Health and global environmental change series no 2. Regional Office for Europe, World Health Organization; 2004.
25. National Scientific Council on the Developing Child. Place Matters: The Environment We Create Shapes the Foundations of Healthy Development: Working Paper No. 16. 2023. [developingchild.harvard.edu](https://developingchild.harvard.edu)
26. Gronlund CJ. Racial and socioeconomic disparities in heat-related health effects and their mechanisms: a review. *Curr Epidemiol Rep*. Sep 1 2014;1(3):165-173. doi:10.1007/s40471-014-0014-4
27. Berberian AG, Gonzalez DJX, Cushing LJ. Racial Disparities in Climate Change-Related Health Effects in the United States. *Curr Environ Health Rep*. Sep 2022;9(3):451-464. doi:10.1007/s40572-022-00360-w
28. Patel L, Conlon KC, Sorensen C, et al. Climate Change and Extreme Heat Events: How Health Systems Should Prepare. *NEJM Catal Innov Care Deliv*. June 15, 2022 2022;3(7)doi:10.1056
29. Hoffman J, Dunn R. Where Do We Need Shade? Mapping Urban Heat Islands in Richmond, Virginia. US Climate Resilience Toolkit. 2021.
30. Porter T, Osso A. Mapping Social Vulnerabilities to Enhance Resilience in Richmond. Updated June 1, 2021. Accessed October 23, 2023. [climate.gov/case-studies/mapping-social-vulnerabilities-enhance-resilience-richmond](https://climate.gov/case-studies/mapping-social-vulnerabilities-enhance-resilience-richmond)

31. Climate Equity Action Plan 2030. City of Richmond RVA Green 2050. Accessed August 22, 2023. [rvagreen2050.com](http://rvagreen2050.com)
32. Woolf S, Morina J, French E, et al. The Health Care Costs of Extreme Heat. American Progress. June 27, 2023. [americanprogress.org/article/the-health-care-costs-of-extreme-heat](http://americanprogress.org/article/the-health-care-costs-of-extreme-heat)
33. Chersich MF, Pham MD, Areal A, et al. Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. Nov 4 2020;371:m3811. doi:10.1136/bmj.m3811
34. Samuels L, Nakstad B, Roos N, et al. Physiological mechanisms of the impact of heat during pregnancy and the clinical implications: review of the evidence from an expert group meeting. *Int J Biometeorol*. Aug 2022;66(8):1505-1513. doi:10.1007/s00484-022-02301-6
35. Yang HY, Lee JKW, Chio CP. Extreme temperature increases the risk of stillbirth in the third trimester of pregnancy. *Sci Rep*. Nov 2 2022;12(1):18474. doi:10.1038/s41598-022-23155-3
36. Bonell A, Part C, Okomo U, et al. An expert review of environmental heat exposure and stillbirth in the face of climate change: Clinical implications and priority issues. *BJOG*. Jul 28 2023;doi:10.1111/1471-0528.17622
37. Harder T, Rodekamp E, Schellong K, Dudenhausen JW, Plagemann A. Birth weight and subsequent risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *Am J Epidemiol*. Apr 15 2007;165(8):849-57. doi:10.1093/aje/kwk071
38. Ferrie JE, Langenberg C, Shipley MJ, Marmot MG. Birth weight, components of height and coronary heart disease: evidence from the Whitehall II study. *Int J Epidemiol*. Dec 2006;35(6):1532-42. doi:10.1093/ije/dyl184
39. Palatianou ME, Simos YV, Andronikou SK, Kiortsis DN. Long-term metabolic effects of high birth weight: a critical review of the literature. *Horm Metab Res*. Dec 2014;46(13):911-20. doi:10.1055/s-0034-1395561
40. Svandova L, Ptacek R, Vnukova M, et al. Cognitive and Socioemotional Development at 5 and 9 Years of Age of Children Born with Very Low Birth Weight and Extremely Low Birth Weight in the Czech Republic. *Med Sci Monit*. Mar 29 2022;28:e935784. doi:10.12659/MSM.935784
41. Jarjour IT. Neurodevelopmental outcome after extreme prematurity: a review of the literature. *Pediatr Neurol*. Feb 2015;52(2):143-52. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2014.10.027
42. UNICEF-WHO. UNICEF-WHO Low birthweight estimates: Levels and trends 2000–2015. Updated May 2019. Accessed September 23, 2023. [unicef.org/reports/UNICEF-WHO-low-birthweight-estimates-2019](http://unicef.org/reports/UNICEF-WHO-low-birthweight-estimates-2019)
43. Konkel L. Taking the Heat: Potential Fetal Health Effects of Hot Temperatures. *Environ Health Perspect*. Oct 2019;127(10):102002. doi:10.1289/EHP6221
44. Wargocki P, Porras-Salazar J, Contreras-Espinoza S. The relationship between classroom temperature and children's performance in school. *Building and Environment*. June 15, 2019 157:197-204. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.046
45. Park R. Hot temperature and high-stakes performance. *Journal of Human Resources*. March 9, 2020 2020;57(2):400-434. doi:https://doi.org/10.3368/jhr.57.2.0618-9535R3
46. Berger SE, Ordway MR, Schoneveld E, et al. The impact of extreme summer temperatures in the United Kingdom on infant sleep: Implications for learning and development. *Sci Rep*. Jun 21 2023;13(1):10061. doi:10.1038/s41598-023-37111-2
47. Park R, Goodman J, Hurwitz M, Smith J. Heat and Learning. *American Economic Journal: Economic Policy*. May 2020 12(2):306-339. doi:10.1257/pol.20180612
48. Romitti Y, Sue Wing I, Spangler KR, Wellenius GA. Inequality in the availability of residential air conditioning across 115 US metropolitan areas. *PNAS Nexus*. Sep 2022;1(4):pgac210. doi:10.1093/pnasnexus/pgac210
49. Patel SR, Hu FB. Short sleep duration and weight gain: a systematic review. *Obesity (Silver Spring)*. Mar 2008;16(3):643-53. doi:10.1038/oby.2007.118
50. Taveras EM, Rifas-Shiman SL, Oken E, Gunderson EP, Gillman MW. Short sleep duration in infancy and risk of childhood overweight. *Arch Pediatr Adolesc Med*. Apr 2008;162(4):305-11. doi:10.1001/archpedi.162.4.305
51. Bell JF, Zimmerman FJ. Shortened nighttime sleep duration in early life and subsequent childhood obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med*. Sep 2010;164(9):840-5. doi:10.1001/archpediatrics.2010.143
52. Diethelm K, Bolzenius K, Cheng G, Remer T, Buyken AE. Longitudinal associations between reported sleep duration in early childhood and the development of body mass index, fat mass index and fat free mass index until age 7. *Int J Pediatr Obes*. Jun 2011;6(2-2):e114-23. doi:10.3109/17477166.2011.566338
53. Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med*. Dec 2004;1(3):e62. doi:10.1371/journal.pmed.0010062
54. Paruthi S, Brooks LJ, D'Ambrosio C, et al. Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine on the Recommended Amount of Sleep for Healthy Children: Methodology and Discussion. *J Clin Sleep Med*. Nov 15 2016;12(11):1549-1561. doi:10.5664/jcsm.6288
55. Magee CA, Gordon R, Caputi P. Distinct developmental trends in sleep duration during early childhood. *Pediatrics*. Jun 2014;133(6):e1561-7. doi:10.1542/peds.2013-3806
56. National Scientific Council on the Developing Child. Establishing a Level Foundation for Life: Mental Health Begins in Early Childhood: Working Paper No. 6. Updated Edition. 2008/2012. [developingchild.harvard.edu](http://developingchild.harvard.edu).
57. Vergunst F, Berry HL. Climate Change and Children's Mental Health: A Developmental Perspective. *Clin Psychol Sci*. Jul 2022;10(4):767-785. doi:10.1177/21677026211040787
58. Collier RJ, Baumgard LH, Zimelman RB, Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Anim Front*. Jan 2019;9(1):12-19. doi:10.1093/af/vfy031
59. Jasnica N, Djordjevic J, Vujovic P, Lakić I, Djurasevic S, Cvijic G. The effect of vasopressin 1b receptor (V1bR) blockade on HPA axis activity in rats exposed to acute heat stress. *J Exp Biol*. Jun 15 2013;216(Pt 12):2302-7. doi:10.1242/jeb.082842
60. National Scientific Council on the Developing Child. Excessive Stress Disrupts the Architecture of the Developing Brain: Working Paper 3. Updated Edition. 2005/2014.

61. Hsiang SM, Burke M, Miguel E. Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science*. Sep 13 2013;341(6151):1235367. doi:10.1126/science.1235367
62. Tiihonen J, Halonen P, Tiihonen L, Kautiainen H, Storvik M, Callaway J. The Association of Ambient Temperature and Violent Crime. *Sci Rep*. Jul 28 2017;7(1):6543. doi:10.1038/s41598-017-06720-z
63. Anderson C. Heat and Violence. *Current Directions in Psychological Science*. 2001;10(1):33-38. doi:10.1111/1467-8721.00109
64. Roslund MI, Puhakka R, Gronroos M, et al. Biodiversity intervention enhances immune regulation and health-associated commensal microbiota among daycare children. *Sci Adv*. Oct 2020;6(42):doi:10.1126/sciadv.aba2578
65. Vanaken GJ, Danckaerts M. Impact of Green Space Exposure on Children's and Adolescents' Mental Health: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Nov 27 2018;15(12) doi:10.3390/ijerph15122668
66. Engemann K, Pedersen CB, Arge L, Tsirogiannis C, Mortensen PB, Svenning JC. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Mar 12 2019;116(11):5188-5193. doi:10.1073/pnas.1807504116
67. Heft-Neal S, Driscoll A, Yang W, Shaw G, Burke M. Associations between wildfire smoke exposure during pregnancy and risk of preterm birth in California. *Environ Res*. Jan 2022;203:111872. doi:10.1016/j.envres.2021.111872
68. EarthTalk. Do Heat Waves Make Air Quality Worse? Updated September 3, 2021. [thoughtco.com/heat-waves-make-air-quality-worse-1204013](http://thoughtco.com/heat-waves-make-air-quality-worse-1204013)
69. Heal MR, Heaviside C, Doherty RM, Vieno M, Stevenson DS, Vardoulakis S. Health burdens of surface ozone in the UK for a range of future scenarios. *Environ Int*. Nov 2013;61:36-44. doi:10.1016/j.envint.2013.09.010
70. Nardone A, Casey JA, Morello-Frosch R, Mujahid M, Balmes JR, Thakur N. Associations between historical residential redlining and current age-adjusted rates of emergency department visits due to asthma across eight cities in California: an ecological study. *Lancet Planet Health*. Jan 2020;4(1):e24-e31. doi:10.1016/S2542-5196(19)30241-4
71. Bose S, Madrigano J, Hansel NN. When Health Disparities Hit Home: Redlining Practices, Air Pollution, and Asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. Oct 1 2022;206(7):803-804. doi:10.1164/rccm.202206-1063ED
72. Hoffman J, Shandas V, Pendleton N. The Effects of Historical Housing Policies on Resident Exposure to Intra-Urban Heat: A Study of 108 US Urban Areas. *Climate*. January 13, 2020 2020;8(1)doi:https://doi.org/10.3390/cli8010012
73. Council On Environmental Health. Global Climate Change and Children's Health. *Pediatrics*. Nov 2015;136(5):992-7. doi:10.1542/peds.2015-3232
74. Samuel LJ, Crews DC, Swenor BK, et al. Supplemental Nutrition Assistance Program Access and Racial Disparities in Food Insecurity. *JAMA Netw Open*. Jun 1 2023;6(6):e2320196. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.20196
75. Powell LM, Slater S, Mirtcheva D, Bao Y, Chaloupka FJ. Food store availability and neighborhood characteristics in the United States. *Prev Med*. Mar 2007;44(3):189-95. doi:10.1016/j.ypmed.2006.08.008
76. Shaker Y, Grineski SE, Collins TW, Flores AB. Redlining, racism and food access in US urban cores. *Agric Human Values*. 2023;40(1):101-112. doi:10.1007/s10460-022-10340-3
77. Jernigan VBB, Huyser KR, Valdes J, Simonds VW. Food Insecurity among American Indians and Alaska Natives: A National Profile using the Current Population Survey-Food Security Supplement. *J Hunger Environ Nutr*. 2017;12(1):1-10. doi:10.1080/19320248.2016.1227750
78. IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2023. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
79. Manware M, Dubrow R, Carrion D, Ma Y, Chen K. Residential and Race/Ethnicity Disparities in Heat Vulnerability in the United States. *Geohealth*. Dec 2022;6(12):e2022GH000695. doi:10.1029/2022GH000695
80. Lane HM, Morello-Frosch R, Marshall JD, Apte JS. Historical Redlining Is Associated with Present-Day Air Pollution Disparities in U.S. Cities. *Environ Sci Technol Lett*. Apr 12 2022;9(4):345-350. doi:10.1021/acs.estlett.1c01012
81. Park RJ, Behrer AP, Goodman J. Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nature Human Behaviour*. Jan 1 2021;5(1):19-27. doi:10.1038/s41562-020-00959-9
82. Hung P, Henning-Smith CE, Casey MM, Kozhimannil KB. Access To Obstetric Services In Rural Counties Still Declining, With 9 Percent Losing Services, 2004-14. *Health Aff (Millwood)*. Sep 1 2017;36(9):1663-1671. doi:10.1377/hlthaff.2017.0338
83. Kozhimannil KB, Interrante JD, Henning-Smith C, Admon LK. Rural-Urban Differences In Severe Maternal Morbidity And Mortality In The US, 2007-15. *Health Aff (Millwood)*. Dec 2019;38(12):2077-2085. doi:10.1377/hlthaff.2019.00805
84. US EPA. Excessive Heat Events Guidebook. US Environmental Protection Agency. EPA 430-B-16-001. 2006.
85. Perera F, Cooley D, Berberian A, Mills D, Kinney P. Co-Benefits to Children's Health of the U.S. Regional Greenhouse Gas Initiative. *Environ Health Perspect*. Jul 2020;128(7):77006. doi:10.1289/EHP6706
86. What Is a Smart Surface? Smart Surfaces Coalition. Accessed November 21 2023. [smartsurfacescoalition.org/smart-surfaces](http://smartsurfacescoalition.org/smart-surfaces)
87. ACF. LIHEAP and Extreme Heat. The Administration for Children and Families, US Department of Health and Human Services. Accessed November 21, 2023, [liheap-and-extreme-heat-hhs-acf.hub.arcgis.com/](http://liheap-and-extreme-heat-hhs-acf.hub.arcgis.com/)
88. Storrow B, News EE. Solar Power Bails Out Texas Grid during Major Heat Wave. *Scientific American*. Updated June 26, 2023. Accessed October 30, 2023. [scientificamerican.com/article/solar-power-bails-out-texas-grid-during-major-heat-wave/](http://scientificamerican.com/article/solar-power-bails-out-texas-grid-during-major-heat-wave/)
89. Rosenberg J, Rosenthal A, Castillo S, et al. Medical Certification for Utility Shut-Off Protection and Health-Related Social Needs. *Pediatrics*. Nov 1 2022;150(5)doi:10.1542/peds.2022-057571
90. Climate.gov. NOAA Climate Graph. Updated January 18, 2023. Accessed October 30, 2023. [climate.gov/media/15021](http://climate.gov/media/15021)

