Jornal de Pediatria 2025;101(S1):S3-S9

Jornal de Pediatria

www.jped.com.br

ARTIGO DE REVISÃO

Mudanças climáticas e saúde infantil: desafios de resiliência para o Brasil☆

Mercedes Maria da Cunha Bustamante *

Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília, DF, Brasil

Recebido em 30 de outubro de 2024; aceito em 31 de outubro de 2024

PALAVRAS-CHAVE
Eventos extremos;
Adaptação;
Sistemas de saúde

Resumo

Objetivo: Três décadas de evidências compiladas pelos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) são claras sobre os inequívocos impactos dos seres humanos no sistema climático global e a ampla gama de efeitos nos sistemas naturais, sociais e econômicos. Estudos sobre impactos, vulnerabilidade e adaptação apresentam a repercussão atual na saúde e as consequências futuras em diferentes cenários climáticos e de emissões de gases de efeito estufa. Este artigo discute alguns dos impactos das mudanças climáticas na saúde das crianças, que representam um dos grupos mais vulneráveis.

Fontes: As evidências foram obtidas de artigos e relatos científicos recentes referentes às potenciais consequências na saúde infantil associadas aos eventos extremos no Brasil observados no país entre 2023 e 2024 (ondas de calor e secas, incêndios florestais e inundações).

Resumo dos achados: Além do aquecimento global, as mudanças climáticas estão associadas a eventos extremos mais frequentes e intensos, como secas, inundações e incêndios florestais. Crianças e adolescentes são particularmente vulneráveis em virtude de suas características fisiológicas, da interação com fatores de exposição e porque viverão mais sob condições de mudança. As projeções de alterações climáticas e a intensificação dos impactos para o Brasil destacam os desafios de adaptação relacionados à proteção de crianças sob um clima em mudança e o papel da preparação do sistema de saúde do país, de educadores e de pais.

Conclusões: O artigo ressalta a necessidade de colaboração entre formuladores de políticas, profissionais de saúde e educadores, bem como as comunidades, para abordar efetivamente os desafios de adaptação e construir resiliência para proteger as crianças contra os impactos das mudanças climáticas.

0021-7557/© 2024 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introdução

Há quase 25 anos, a Millenium Ecosystem Assessment, convocada pelas Nações Unidas e iniciada em 2001, envolveu mais de 1.360 especialistas em todo o mundo para avaliar as consequências das mudanças ecossistêmicas para o bem-estar humano. Os relató-

DOI se refere ao artigo: https://doi.org/10.1016/j.ped.2024.11.002

☆ Como citar este artigo: Bustamante MM. Climate change and children's health: resilience challenges for Brazil. J Pediatr (Rio J). 2025;101:S3-S9.

*Autor para correspondência.
E-mail: mercedes@unb.br (M.M.C. Bustamante).

0021-7557/© 2024 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

rios também compilaram ações que poderiam melhorar a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas e seus serviços associados.[1] O relatório chamou a atenção do setor de saúde para as complexidades dos vínculos causais entre as mudanças ambientais e a saúde humana porque, muitas vezes, são indiretos, deslocados no espaço e no tempo e dependentes de várias forças modificadoras.[2] Os serviços e profissionais de saúde devem considerar as doenças resultantes da degradação ambiental e os benefícios que o ambiente natural proporciona à saúde e ao bem-estar humanos e sua preservação para as gerações futuras.

O conceito atual de One Health considera a gestão da saúde em resposta às mudanças ambientais rapidamente aceleradas do século XX, reconhecendo que a saúde de seres humanos, animais, plantas e o ambiente em geral estão intimamente ligados e são interdependentes.[3] Entretanto, apesar do corpo substancial de evidências compiladas pela Millennium Assessment e relatórios subsequentes, a degradação ambiental está piorando em associação com o declínio global da biodiversidade e as mudanças climáticas. O clima da Terra está mudando de maneira alarmante, com alterações climáticas induzidas pelo homem já afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões. Nas últimas décadas, uma série de eventos recordes, como tempestades, secas, inundações e incêndios, ressalta a necessidade urgente de ação.

A influência humana aqueceu significativamente a atmosfera, o oceano e a terra. A escala das mudanças recentes no sistema climático como um todo e muitos aspectos do sistema climático não têm precedentes ao longo de muitos séculos a muitos milhares de anos.[4] O ano de 2023 foi o mais quente desde que os registros globais começaram em 1850 por uma ampla margem, com a temperatura 1,18°C acima da média do século XX, de 13,9°C, e 1,35°C acima da média pré-industrial (1850-1900). Os dez anos mais quentes no registro histórico ocorreram todos na última década (2014-2023), destacando a gravidade da situação atual.

Cenários de emissões globais de gases de efeito estufa de longo prazo compilados nas avaliações do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) permitem análises de mudanças climáticas futuras, impactos e estratégias de resposta.[4] Eles indicam que a temperatura da superfície global continuará a aumentar até pelo menos meados do século em todos os cenários de emissões considerados. Entretanto, é crucial observar que o aquecimento global de 1,5°C e 2°C será excedido durante o século XXI, a menos que reduções profundas nas emissões de dióxido de carbono (CO2) e outros gases de efeito estufa ocorram nas próximas décadas, ressaltando a importância dessa ação.

A biologia humana precisa de comida, água, ar limpo, abrigo e relativa estabilidade climática. Impactos em fontes de água doce, sistemas de produção de alimentos e regulação climática estão relacionados a grandes impactos adversos à saúde. Mecanismos diretos e indiretos estão associados aos impactos das mudanças climáticas na saúde materna e do recém-nascido.[5] Em virtude do longo período durante o qual os resultados do aquecimento global serão sentidos, há uma disparidade entre as gerações passadas, responsáveis pelas emissões, e as futuras, que experimentarão seus impactos.

Até 2050, quase 70% da população mundial viverão em áreas urbanas, muitas em assentamentos não planejados ou informais. Como resultado, as crianças de hoje e as gerações futuras têm mais probabilidade de exposição e vulnerabilidade às mudanças climáticas, riscos relacionados e efeitos de longo prazo na saúde e no desenvolvimento.

Aqui serão discutidos alguns dos impactos das mudanças climáticas na saúde das crianças com base nas evidências da literatura recente, referindo a eventos extremos no Brasil (ondas de calor e secas, incêndios florestais e inundações) observados entre 2023 e 2024. São apresentadas informações sobre projeções e impactos das mudanças climáticas para o Brasil, concluindo com algumas considerações sobre os desafios de adaptação relacionados à proteção de crianças sob um clima em mudança em termos de segurança alimentar e sistema de saúde.

Impactos das mudanças climáticas no Brasil: estado atual e projeções

O atlas regional publicado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change no 6º Relatório de Avaliação,[6] com alto nível de confiança, apresenta um consenso entre cientistas de que, para a região da América Central e do Sul, é muito provável que as temperaturas médias tenham aumentado em todas as sub-regiões e continuem a aumentar a taxas maiores do que a média global, e as monções sul-americanas (chuvas de verão) serão adiadas durante o século XXI. Há projeções de aumento de secas e clima de incêndios para meados do século XXI, considerando 2°C de aquecimento global e acima. A região é altamente exposta, vulnerável e fortemente impactada pelas mudanças climáticas. Os impactos são exacerbados pela pobreza, crescimento populacional e alta densidade populacional, perda de biodiversidade, degradação ambiental e alta dependência das economias nacionais e locais de recursos naturais para produzir bens de consumo.

Um estudo sobre projeções de chuvas extremas e riscos de desastres hidrogeometeorológicos no Brasil considerando cenários de aquecimento global de 1,5, 2,0 e 4.0°C apontou mudança significativa em eventos de chuvas intensas e riscos crescentes de deslizamentos de terra e inundações repentinas.[7] As regiões Sul e Sudeste são particularmente vulneráveis e também concentram áreas densamente povoadas.

Embora o aquecimento da América do Sul siga de perto o caminho global, o aumento das temperaturas tem sido mais pronunciado em algumas regiões, que também têm visto aumento paralelo na ocorrência de secas e clima de incêndios.[8] A reanálise do conjuntos de dados desde 1971 mostrou que a frequência desses extremos compostos aumentou em regiões críticas da América do Sul, incluindo o norte da Amazônia, que tem experimentado um aumento de três vezes no número de dias por ano com condições climáticas extremas de incêndio (incluindo altas temperaturas, secura e baixa umidade). Além disso, a temperatura da superfície do oceano Pacífico tropical modula a variabilidade interanual de compostos secos na América do Sul.

A população brasileira tem sido fortemente afetada por eventos climáticos extremos nos últimos anos. De acordo com o indicador do Ministério da Integração Nacional do Brasil (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID) sobre o risco de morte, número de mortes, desaparecidos e pessoas diretamente afetadas atribuídas a desastres por 100.000 habitantes entre 2015 e 2021, o Brasil mostra diferenças significativas entre os estados brasileiros de ano para ano. Enquanto alguns estados registram mais de 5.700 mortes, desaparecimentos ou pessoas afetadas por 100.000 habitantes, outros têm taxas próximas de zero. Apesar das variações, há uma tendência de alta no número de vítimas de eventos catastróficos, e 2020 e 2021 apresentaram

aumento significativo no indicador. Em 2021 houve 1.032 vítimas por 100.000 habitantes – ou mais de 2 milhões de pessoas. Estimativas para 18 capitais brasileiras, em pelo menos dez, entre 1997 e 2011, mostraram que mais de 800 mortes nessas cidades ocorreram apenas em virtude do aumento das temperaturas causado pelas mudanças climáticas.[9] Em 2024, após enchentes sem precedentes no estado do Rio Grande do Sul, mais de 60 milhões de pessoas no Brasil enfrentaram temperaturas mais altas durante os meses de inverno (agosto a setembro de 2024), enquanto incêndios florestais devastadores estão afetando quatro biomas (Amazônia, Pantanal, Cerrado e Mata Atlântica). O transporte de fumaça de incêndios florestais afetou a saúde humana e interrompeu a vida cotidiana em muitas partes do Brasil. Além disso, o calor experimentado pelos brasileiros durante o inverno e a primavera de 2024 uma conexão clara com as mudanças climáticas, com altas temperaturas previstas mais provavelmente em virtude do aquecimento global.

Mudanças climáticas – crianças em risco

O Children's Climate Risk Index (CCRI)[10] analisa de maneira abrangente o risco climático da perspectiva de uma criança. Ele classifica os países com base na exposição das crianças a choques climáticos e ambientais, como ciclones e ondas de calor, e sua vulnerabilidade a esses choques com base no acesso a serviços essenciais. O Brasil é considerado um país de alto risco para crianças e adolescentes expostos a choques climáticos e ambientais. Apenas o México tem índice mais alto na América Latina e no Caribe. No caso do Brasil, mais de 40 milhões de crianças e adolescentes estão expostos a mais de um dos riscos analisados no estudo, representando quase 60% das crianças e adolescentes do país. Mais de 8,6 milhões de meninos e meninas brasileiros estão expostos ao risco de escassez de água, e mais de 7,3 milhões estão expostos aos riscos de inundações de rios.

Em outro documento,[11] o UNICEF enfatizou a urgência de discutir as mudanças climáticas no Brasil, com foco em crianças e adolescentes, pois eles não estão apenas em um estágio mais sensível de desenvolvimento, mas também sofrem mais com os impactos. As mudanças climáticas e a degradação ambiental também colocam em risco serviços, políticas e instituições que atendem às necessidades das crianças e suas famílias.

Além disso, as alterações nos padrões climáticos têm efeitos diretos e indiretos sobre as mulheres grávidas, afetando a saúde materna e do recém-nascido, com impactos mais graves em regiões vulneráveis ao clima, onde o acesso a recursos é limitado. Aumento da perda de gravidez, parto prematuro, doenças maternas graves e impactos cognitivos na prole são alguns dos riscos.

Doenças relacionadas ao calor

As projeções globais indicam que a população exposta ao estresse térmico fatal pode aumentar. Até o final do século, cenários de alta mudança climática e crescimento populacional mostrarão um incremento de aproximadamente 5, 10 e 100–1.000 vezes na população exposta a uma temperatura média mensal mais alta de 30°C, 35°C e 40°C, respectivamente.[12] Com o aquecimento global superior a 4°C até 2100, o número de dias com condições climáticas estressantes para trabalhadores ao ar livre aumentará em até 250 dias úteis por ano até o final do século em partes da América Central e do Sul (https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/frequently-asked-questions/).

Os limites térmicos se tornam críticos com ondas de calor mais frequentes, intensas e duradouras em decorrência das mudanças climáticas. A temperatura de bulbo úmido (WBT, do inglês wet-bulb temperature) combina a temperatura do ar seco (como pode ser visto em um termômetro) com a umidade, uma medida das condições de estresse térmico humano. A quantidade de vapor de água na atmosfera cresce em aproximadamente 6 a 7% por grau de aquecimento (equação de Clapeyron-Clausius). Evidências anteriores sugeriram temperatura de bulbo úmido (Tw) de 35°C como o limite superior teórico nas habilidades humanas de termorregulação biológica.

Entretanto, o uso de um limite mais preciso e os modelos climáticos acoplados mais recentes quantificaram a exposição ao calor potencialmente letal para climas futuros com diferentes níveis de aquecimento global.[13] O estudo indicou que os seres humanos são mais vulneráveis ao estresse por calor úmido do que se considerava anteriormente em virtude dos limites térmicos mais baixos. No futuro, os extremos de calor úmido estarão fora do alcance da experiência humana passada, o que significa que as estratégias atuais de mitigação do calor para bilhões de pessoas não serão eficazes. Embora alguma adaptação fisiológica dos novos limites seja possível, medidas adicionais de adaptação comportamental, cultural e técnica serão necessárias para manter estilos de vida saudáveis. No entanto, acima de tudo, manter o aquecimento abaixo de 2°C quase elimina a exposição e o risco de ondas de calor úmidas generalizadas, enquanto um aumento acentuado na exposição ocorre a 3°C de aquecimento.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e considerando a série histórica, 2023 foi o ano mais quente do Brasil, com temperatura média de 24,92°C. Uma onda de calor é caracterizada pelo aumento nas temperaturas acima da média de 5°C por cinco dias ou mais. Em 2023, o país enfrentou nove episódios de ondas de calor, em parte em virtude do El Niño, que tende a favorecer temperaturas mais altas. Em 2024, até o final de setembro, o Brasil experimentou oito ondas de calor.

Evidências mostraram que as diferenças entre crianças e adultos na termorregulação são menos evidentes durante a exposição ao calor leve e moderado, mas as doenças causadas pelo calor são intensificadas em extremos ambientais, colocando as crianças em maior risco.[14] Os efeitos adversos na fisiologia termorregulatória das crianças podem ser exacerbados por outros estressores, como poluição, radiação ultravioleta, obesidade, diabetes, comorbidades associadas e polifarmácia, que estão ocorrendo mais comumente em idades mais jovens. Um experimento com 34 crianças jovens (de 6 meses a 8 anos, de ambos os sexos) mostrou o desenvolvimento de respostas termorregulatórias com o crescimento e que há uma desvantagem por mecanismos imaturos e tamanho corporal pequeno em crianças mais novas.[15]

Qualidade do ar – fumaça de incêndio florestal

Na segunda metade de julho de 2024, o Sistema Europeu de Monitoramento da Atmosfera (Copernicus) relatou aumento substancial em incêndios e emissões associadas em toda a América do Sul, com a maior parte da atividade de incêndios florestais observada em partes da Amazônia brasileira e da Bolívia. No Brasil, as emissões acumuladas totais até setembro de 2024 foram maiores que a média, em torno de 180 megatoneladas de carbono, e seguiram a trajetória de emissões recorde do ano de 2007. As emis-

sões em setembro até agora foram responsáveis por quase 60 megatoneladas desse total. O transporte de fumaça impactou a qualidade do ar em pelo menos oito estados e no Distrito Federal.

A combinação de temperaturas mais altas e menor umidade do ar aumenta os riscos de poluição do ar, particularmente aqueles associados às emissões de incêndios florestais. As crianças são especialmente vulneráveis à poluição do ar porque se desenvolvem rapidamente, particularmente seus sistemas imunológicos e pulmões.[16,17] Além disso, elas respiram mais rapidamente do que os adultos, inalam mais ar em relação ao seu peso corporal e têm menos deposição nasal de partículas, o que significa que uma proporção maior de partículas pode penetrar profundamente nos pulmões.

Como já mencionado, a mudança climática está associada à criação de condições como aumento da seca, ondas de calor mais longas e intensas, baixa umidade relativa, raios secos e ventos fortes, todos contribuindo para temporadas de incêndios mais quentes, secas e longas. Os incêndios florestais devem se tornar mais frequentes e intensos, com um aumento global de incêndios extremos dos níveis atuais para 14% a mais até 2030, 30% a mais até o final de 2050 e 50% a mais até o final do século.[18]

A fumaça de incêndios florestais é uma preocupação crescente de saúde pública. Recentemente, uma revisão sistemática de estudos epidemiológicos analisou a associação entre a fumaça de incêndios florestais e a saúde de crianças e adolescentes.[19] A maioria dos estudos descobriu que a fumaça de incêndios florestais estava associada a múltiplos resultados adversos à saúde, como morbidades respiratórias, entre crianças e adolescentes. A fumaça de incêndios florestais contém partículas de 2,5 micrômetros ($MP_{2,5}$) de diâmetro ou menores. A exposição a material particulado de incêndios aumenta a mortalidade infantil. Cada incremento de 1 $\mu g/m^3$ de $MP_{2,5}$ de incêndios foi associado a um aumento de 2,3% no risco de mortalidade infantil. O $MP_{2,5}$ liberado de incêndios florestais é aproximadamente dez vezes mais prejudicial à saúde respiratória do que o MP2,5 de outras fontes, particularmente na faixa etária vulnerável de 0 a 5 anos. A mortalidade global relacionada à fumaça de incêndios florestais foi estimada em 677.745 mortes anualmente, com aproximadamente 40% ocorrendo em crianças menores de 5 anos. A exposição intrauterina à fumaça de incêndios florestais pode aumentar o risco de resultados adversos no parto e ter impactos de longo prazo, elevando os riscos de parto prematuro e baixo peso ao nascer.

Inundações

Em 2024, o governo federal brasileiro mapeou 1.942 municípios suscetíveis a desastres associados a deslizamentos de terra, inundações e enchentes repentinas, o que representa quase 35% de todos os municípios brasileiros (https://www.sgb.gov.br/prevencao-de-desastres). Essas 1.942 cidades abrigam mais de 8,9 milhões de brasileiros, representando 6% da população nacional. Em comparação com o mapeamento realizado em 2012, a nova pesquisa adicionou novos critérios e bancos de dados, e o número de municípios considerados suscetíveis a desastres aumentou em 136%. Com os dados até 2022, os estados com maior proporção da população em áreas de risco são Bahia (17,3%), Espírito Santo (13,8%), Pernambuco (11,6%), Minas Gerais (10,6%) e Acre (9,7%). Os estados com a população mais protegida contra desastres são Distrito Federal (0,1%), Goiás (0,2%), Mato Grosso (0,3%) e Paraná (1%).

Uma revisão global de desastres relacionados à água e seus impactos à saúde[20] apontou impactos de curto prazo à saúde em decorrência de doenças transmitidas pela água e por vetores e problemas de saúde física, como ferimentos. Os impactos de longo prazo à saúde incluem problemas de saúde mental e desnutrição.

O risco de surtos de doenças infecciosas foi particularmente preocupante[21] no caso das enchentes que devastaram o Rio Grande do Sul em abril de 2024 e afetaram aproximadamente 90% dos municípios e mais de 2 milhões de pessoas.

Mulheres e crianças são mais vulneráveis do que outros grupos.[22,23] Entre as crianças, aquelas com menos de 5 anos são mais afetadas por doenças transmitidas pela água, malária e definhamento em situação de desastre. Além disso, há indícios de efeitos adversos de mofo e irritantes internos em crianças, e elas são mais dependentes dos adultos para estarem seguras e manterem condições de higiene.

O deslocamento de curta duração ou prolongado pode multiplicar os riscos relacionados ao clima para as crianças e suas famílias.[24,25] Após um desastre, as crianças podem se separar de seus pais ou cuidadores, ampliando os riscos de exploração, tráfico de crianças e abuso, interrompendo o acesso à educação e à saúde e expondo-as à desnutrição, doenças e imunização inadequada, com consequências para a saúde física e mental.

Segurança alimentar e nutricional

De acordo com o Banco Mundial, a insegurança alimentar global afetou 135 milhões em 53 países em 2019 e aumentou significativamente para 345 milhões em 82 países em 2022 (https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/10/17/what-you-need-to-know-about-food-security-and-climate-change/). As mudanças climáticas têm impactos diretos e significativos na insegurança alimentar. À medida que as temperaturas globais aumentam, a produção de alimentos se torna mais complexa e incerta em virtude de mudanças nos padrões climáticos, eventos climáticos extremos e outras perturbações ambientais. Esses desafios têm implicações de longo alcance para o fornecimento de alimentos em todo o mundo. Os riscos das mudanças climáticas para a segurança alimentar e nutricional (SAN) interagem fortemente com outros riscos sociais e econômicos e levam a riscos compostos ou em cascata.

Os riscos associados à SAN e às mudanças climáticas são expressos pelo número de pessoas em risco de fome e desnutrição. É esperado que as mudanças climáticas afetem esses riscos para a SAN por meio de quedas na produtividade agrícola, redução de renda, problemas emergentes de segurança alimentar e interrupções na distribuição de alimentos, menor teor de nutrientes de algumas culturas e mudanças na qualidade da dieta.[26]

A ligação entre as mudanças climáticas e a nutrição humana vai além das questões de disponibilidade de calorias.[27] O fornecimento de dietas nutritivas e acessíveis representará um desafio crescente até 2050, pois com eventos mais graves e extremos, o risco de insegurança alimentar aguda e desnutrição aumenta. As mudanças climáticas afetarão muitos determinantes da deficiência de micronutrientes, especialmente a disponibilidade e o acesso a frutas e vegetais. Maiores concentrações de CO2 atmosférico estão ligadas à redução do teor de proteínas e minerais dos cereais, reduzindo a qualidade dos alimentos.[28,29]

Efeitos adversos relacionados à desnutrição e déficit de estatura, morbidade e mortalidade infantil relacionadas à dieta e aumento de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade. O déficit de estatura na primeira infância terá implicações para a saúde ao longo da vida, com transmissão intergeracional dos efeitos da desnutrição. Por exemplo, o déficit de estatura em mães está associado ao baixo peso ao nascer em seus filhos.[26]

Papel dos pais e educadores na criação de espaços seguros

A educação sobre mudanças climáticas é sobre a aprendizagem diante de riscos, incertezas e alterações rápidas.[30] O setor educacional pode desempenhar papel essencial na adaptação.[31] Uma literatura acadêmica robusta e em rápido crescimento está documentando as consequências negativas das mudanças climáticas, particularmente altas temperaturas, para os alunos.[32,33] Esse vínculo é importante porque as projeções mostram que grande parte do mundo será exposta a temperaturas substancialmente mais altas em um mundo mais quente. Integrar a educação sobre mudanças climáticas em todos os sistemas educacionais formais não é apenas importante; é crucial. Graças ao efeito multiplicador que beneficia famílias e comunidades, é um dos meios mais eficazes de desenvolver capacidades para lidar com a crise climática.

Como as crianças são particularmente vulneráveis aos efeitos de eventos extremos, os currículos escolares que incorporam o aprendizado sobre riscos de desastres locais e como se preparar e lidar com eles quando ocorrem podem aumentar a resiliência dos jovens. A redução do risco de desastres baseada na comunidade e centrada na criança se tornará cada vez mais parte do trabalho dos professores. Pesquisa e política educacional desempenham papéis importantes na busca de maneiras de adaptar escolas e de educar alunos para reduzir as consequências negativas da exposição a extremos climáticos. Promover a adaptação climática para jovens alunos pode ser a estratégia mais consequente para o setor educacional se envolver com os novos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

A colaboração entre famílias e sistemas educacionais e de saúde também pode reforçar a relevância de escolhas de estilo de vida saudáveis por meio do fornecimento de dietas balanceadas com alimentos de qualidade e de origem local, quando possível, para reduzir as pegadas de carbono e incentivar brincadeiras e atividades ao ar livre para promover a saúde física e o bem-estar. Por fim, pais e educadores também são atores essenciais para abordar as preocupações das crianças, ouvir seus medos e ansiedades sobre as mudanças climáticas, fornecer segurança e orientação e promover a resiliência ao ensinar estratégias de enfrentamento para ajudar as crianças a lidar com a incerteza e o estresse relacionados a questões ambientais e habilidades que as ajudem a se adaptar às mudanças e desenvolver um senso de agência.

Respostas dos sistemas de saúde: construindo sistemas resilientes ao clima

O aumento da frequência, intensidade e duração de eventos extremos afeta grandes áreas e uma parcela crescente da população brasileira. Preparação e resposta eficazes exigirão treinamento adequado, trabalho transdisciplinar, financiamento robusto e coordenação eficiente entre os sistemas de saúde municipais, estaduais e nacionais e governança. Alguns eventos, como incêndios florestais extensos, geram efeitos transfronteiriços que implicam articulação internacional. A preparação deve incluir considerações antes, durante e depois dos eventos para otimizar os resultados de saúde pública em curto e longo prazo.[34]

A troca de experiências é essencial para avaliar as semelhanças entre as estruturas existentes de assistência médica resiliente ao clima e de gestão de desastres em diferentes contextos. A Organização Mundial da Saúde[35] projetou uma Estrutura Operacional para sistemas de saúde resilientes ao clima e de baixo carbono para auxiliar os tomadores de decisão em sistemas de saúde, incluindo agências de saúde pública, com planejamento abrangente envolvendo fatores como financiamento, governança, força de trabalho em saúde, sistemas de informação, infraestrutura, cadeias de suprimentos, tecnologias e interações comunitárias.

É crucial considerar as disparidades no impacto com grupos vulneráveis, como crianças e adolescentes, particularmente aqueles de comunidades de baixa renda e povos indígenas, e desproporcionalmente afetados, que enfrentam desafios especiais.

Conclusões

Conforme apresentado pelo 6º Relatório de Avaliação do IPCC,[36] o desenvolvimento resiliente ao clima combina estratégias de adaptação às mudanças climáticas com ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa para apoiar o desenvolvimento sustentável para todos. Entretanto, se as temperaturas excederem 2°C de aquecimento até 2100, o desenvolvimento resiliente ao clima se tornará impossível em algumas regiões.

A adaptação é essencial para reduzir os danos; no entanto, para ser eficaz, reduções ambiciosas nas emissões de gases de efeito estufa devem acompanhá-la. À medida que o aquecimento aumenta, a eficácia de muitas opções de adaptação diminui. Além disso, o progresso na adaptação ainda precisa ser melhorado, com grandes lacunas entre as ações de adaptação e as demandas em muitas regiões.

As restrições enfrentadas pelo mundo natural e pelas pessoas, especialmente em graus mais altos de aquecimento, limitam a disponibilidade de opções de adaptação. Diferentes barreiras (biofísicas, institucionais, financeiras, sociais e culturais) podem resultar em limites de adaptação leves e rígidos, especialmente quando combinadas.

Os efeitos adversos das mudanças climáticas nas crianças são multifacetados e altamente dependentes da idade, educação, contextos sociais e econômicos. Os governos devem integrar as considerações climáticas na política e no planejamento de saúde. Os sistemas e profissionais de saúde devem preparar as instalações para aumentar a prontidão, colaborar com as comunidades e aconselhar sobre os riscos à saúde física e mental de crianças e adolescentes, protegendo-os das mudanças climáticas e dos impactos do deslocamento.

Tanto pais quanto educadores, em todos os níveis, desempenham papéis cruciais na atenuação dos impactos da mudança climática na saúde desse grupo vulnerável. Ao promover a conscientização, promover estilos de vida saudáveis, envolver-se em esforços comunitários e preparar crianças e jovens para viver em um mundo com mudanças climáticas, eles podem ajudar a construir um futuro mais saudável e resiliente para a próxima geração.

Suporte financeiro

Rede Clima (MCTI), INCT Mudança do Clima (CNPq, FAPESP, CAPES).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu suporte da Rede Clima do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas Fase 2 sob o Processo CNPq 465501/2014-1, Processo FAPESP 2014/50848-9 e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Processo 88881.146050/2017-01.

Editor

D. Solé and P.A.M. Camargos

Referências

1. Assessment ME. Our human planet: summary for decision-makers. Washington, DC: World Resources Institute; 2005.
2. Hales S, Butler C, Woodward A, Corvalan C. Health aspects of the millennium ecosystem assessment. EcoHealth. 2004;1:124-8.
3. Evans BR, Leighton FA. A history of One Health. Rev Sci Tech. 2014;33:413-20.
4. Lee H, Calvin K, Dasgupta D, Krinner G, Mukherji A, Thorne P, et al. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. 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.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
5. Meherali S, Nisa S, Aynalem YA, Kennedy M, Salami B, Adjorlolo S, et al. Impact of climate change on maternal health outcomes: An evidence gap map review. PLOS Global Public Health. 2024;4:e0003540.
6. Iturbide M, Gutiérrez JM, Alves LM, Bedia J, Cerezo-Mota R, Cimadevilla E, et al. An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: definition and aggregated datasets. Earth System Science Data. 2020;12:2959-70.
7. Marengo JA, Camarinha PI, Alves LM, Diniz F, Betts RA. Extreme rainfall and hydro-geo-meteorological disaster risk in 1.5, 2.0, and 4.0 C global warming scenarios: an analysis for Brazil. Front Climate. 2021;3:610433.
8. Feron S, Cordero RR, Damiani A, MacDonell S, Pizarro J, Goubanova K, et al. South America is becoming warmer, drier, and more flammable. Commun Earth Environ. 2024;5:501.
9. Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F, Royé D, Schneider R, Tobias A, et al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. Nature Climate Change. 2021;11:492-500.
10. UNICEF. The Climate crisis is a child rights crisis. Introducing the children'sclimate risk index. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF); 2021.
11. UNICEF. Crianças, Adolescentes e Mudanças Climáticas no Brasil. Fundo das Nações Unidas para a Infância; 2022.
12. Klein T, Anderegg WR. A vast increase in heat exposure in the 21st century is driven by global warming and urban population growth. Sustainable Cities and Society. 2021;73:103098.
13. Vecellio DJ, Kong Q, Kenney WL, Huber M. Greatly enhanced risk to humans as a consequence of empirically determined lower moist heat stress tolerance. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2023;120:e2305427120.
14. Smith CJ. Pediatric thermoregulation: considerations in the face of global climate change. Nutrients. 2019;11:2010.
15. Tsuzuki K. Effects of heat exposure on the thermoregulatory responses of young children. J Therm Biol. 2023;113:103507.
16. Hauptman M, Balmes JR, Miller MD. The hazards of wildfire smoke exposure for children. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care. 2020;50:100756.
17. Holm SM, Miller MD, Balmes JR. Health effects of wildfire smoke in children and public health tools: a narrative review. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021;31:1-20.
18. UNEP. United Nations Environment Programme. Spreading like wildfire – the rising threat of extraordinary landscape fires. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi; 2022.
19. Zhang Y, Tingting Y, Huang W, Yu P, Chen G, Xu R, et al. Health impacts of wildfire smoke on children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. Curr Environ Health Rep. 2024;11:46-60.
20. Lee J, Perera D, Glickman T, Taing L. Water-related disasters and their health impacts: A global review. Progress in Disaster Science. 2020;8:100123.
21. Martins-Filho PR, Croda J, Araújo AA, Correia D, Quintans-Júnior LJ. Catastrophic floods in Rio Grande do Sul, Brazil: the need for public health responses to potential infectious disease outbreaks. Rev Soc Bras Med Trop. 2024;57:e00603-2024.
22. Dimitrova A, Muttarak R. After the floods: Differential impacts of rainfall anomalies on child stunting in India. Global Environmental Change. 2020;64:102130.
23. Yang Z, Huang W, McKenzie JE, Yu P, Wu Y, Xu R, et al. The association of adverse birth outcomes with flood exposure before and during pregnancy in Australia: a cohort study. Lancet Planet Health. 2024;8:e554-63.
24. UNICEF. Children displaced in a changing climate | Children's Environmental Health Collaborative. 2023. [Cited 2024 Oct 30]. Available from: https://ceh.unicef.org/events-and-resources/knowledge-library/children-displaced-changing-climate.
25. Huerta-Montañez G, Philipsborn R. The trauma of leaving all behind: climate and environmental migration and children. Acad Pediatr. 2024;24:50-2.
26. Mirzabaev A, Kerr RB, Hasegawa T, Pradhan P, Wreford A, von der Pahlen MC, et al. Severe climate change risks to food security and nutrition. Climate Risk Management. 2023;39:100473.
27. Ebi KL, Loladze I. Elevated atmospheric CO2 concentrations and climate change will affect our food's quality and quantity. Lancet Planet Health. 2019;3:e283-4.
28. Chumley H, Hewlings S. The effects of elevated atmospheric carbon dioxide [CO2] on micronutrient concentration, specifically iron (Fe) and zinc (Zn) in rice; a systematic review. Journal of plant nutrition. 2020;43:1571-8.
29. Semba RD, Askari S, Gibson S, Bloem MW, Kraemer K. The potential impact of climate change on the micronutrient-rich food supply. Adv Nutr. 2022;13:80-100.
30. Mbah M, Ajaps S, Molthan-Hill P. A systematic review of the deployment of indigenous knowledge systems towards climate change adaptation in developing world contexts: implications for climate change education. Sustainability. 2021;13:4811.
31. Teixeira JE, Crawford E. Climate change education and curriculum revision. World Bank; 2022.
32. Wargocki P, Porras-Salazar JA, Contreras-Espinoza S. The relationship between classroom temperature and children's performance in school. Building and Environment. 2019;157:197-204.
33. Zhang X, Chen X, Zhang X. Temperature and low-stakes cognitive performance. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists. 2024;11:75-96.
34. Hertelendy AJ, Howard C, Sorensen C, Ranse J, Eboreime E, Henderson S, Tochkin J, Ciottone G. Seasons of smoke and fire: preparing health systems for improved performance before, during, and after wildfires. Lancet Planet Health. 2024;8(8):e588-602.

35. WHO. Operational framework for building climate resilient and low carbon health systems. Geneva: World Health Organization. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO; 2023.
36. Schipper EL, Revi A, Preston BL, Carr ER, Eriksen SE, Fernandez-Carril LR, et al. Climate resilient development pathways. In: Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA. pp. 2655-2807.