

# Educação à prova de calor

na América Latina  
e no Caribe



**Editores:**

María Soledad Bos  
Dante Contreras  
Liora Schwartz

## Catálogo na fonte fornecida pela Biblioteca Felipe Herrera do Banco Interamericano de Desenvolvimento

Escolas à prova de calor na América Latina e no Caribe / editores, María Soledad Bos, Dante Contreras, Liora Schwartz.  
p. cm. — (Monografia do BID ; 1310)

Incluí referencias bibliográficas.

1. Economic development projects-Environmental aspects-Latin America.
  2. Economic development projects-Environmental aspects-Caribbean Area.
  3. Environmental management- Latin America.
  4. Environmental management-Caribbean Area.
  5. Environmental responsibility-Latin America.
  6. Environmental responsibility-Caribbean Area.
- I. Bos, María Soledad, editora.  
II. Contreras, Dante, editor. III. Schwartz, Liora, editor. IV. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Divisão de Educação. V. Série.

IDB-MG-1310

**Edição:** Lucas Vermal

**Tradução:** Aline Piva

**Design visual e layout:** MOKA.Diseño

---

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desenvolvimento. Esta obra está licenciada sob uma licença Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Os termos e condições indicados no link URL devem ser atendidos e o respectivo reconhecimento deve ser concedido ao BID.

Além da seção 8 da licença acima, qualquer mediação relacionada a disputas decorrentes de tal licença deve ser conduzida de acordo com as Regras de Mediação da OMPI. Qualquer controvérsia relacionada ao uso das obras do BID que não possa ser resolvida amigavelmente deverá ser submetida à arbitragem de acordo com as regras da Comissão das Nações Unidas sobre Direito Comercial Internacional (UNCITRAL). O uso do nome do BID para qualquer finalidade que não seja atribuição e o uso do logotipo do BID estarão sujeitos a um contrato de licença por escrito separado entre o BID e o usuário e não está autorizado como parte desta licença.

Observe que o link da URL inclui termos e condições que são parte integrante desta licença.

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a posição do Banco Interamericano de Desenvolvimento, de sua Diretoria Executiva, ou dos países que eles representam.



# Educação à prova de calor

## na América Latina e no Caribe

### Editores:

María Soledad Bos

Dante Contreras

Liora Schwartz

### Autores dos capítulos

#### CAPÍTULO 1

Mariana Alfonso, María Soledad Bos,  
Dante Contreras y Liora Schwartz.

#### CAPÍTULO 2

Mariana Alfonso, María Soledad Bos,  
Dante Contreras, Ana María Páez y Liora Schwartz.

#### CAPÍTULO 3

María Soledad Bos, Dante Contreras,  
César Corena, Livia Minoja y Liora Schwartz.

#### CAPÍTULO 4

Andrea Bergamaschi, Dante Contreras  
y Liora Schwartz.

#### CAPÍTULO 5

Andrea Bergamaschi, Dante Contreras  
y Liora Schwartz.

#### CAPÍTULO 6

Dante Contreras, Gregory Elacqua  
y Liora Schwartz.

### AGRADECIMENTOS

Este documento se beneficiou dos valiosos comentários e orientações de Adrien Vogt-Schilb, especialista sênior da Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD), que atuou como revisor externo. A revisão técnica interna foi conduzida por Raúl Delgado e Alfred Grunwaldt, renomados especialistas em mudanças climáticas. Também reconhecemos o apoio de Caspar Ammann, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica (NCAR), por sua consultoria especializada em análise metodológica e climática.

A equipe expressa um agradecimento especial a Mercedes Mateo-Berganza, chefe da Divisão de Educação, e a Ferdinando Regalia, gerente do Setor Social, por sua liderança e apoio a esta iniciativa.



a. 6cm de base  
b. 3cm de base  
c. 7cm de base  
d. 1cm de base  
e. 2cm de base

# Índice

**Resumo executivo:** Uma rota para fortalecer a resiliência do setor de educação ao calor extremo ..... **5**

**Introdução** ..... **8**

**SEÇÃO I.** Impactos do calor extremo na educação ..... **10**

▶ **CAPÍTULO 1.** Como o calor extremo afeta a educação ..... **11**

Dificulta o acesso à educação de qualidade ..... 12

Piora os índices educacionais ..... 15

Tem consequências ao longo da vida ..... 17

▶ **CAPÍTULO 2.** Quais escolas na América Latina e no Caribe correm maior risco de calor extremo ..... **19**

Zonas de risco de calor extremo para a educação na América Latina e no Caribe ..... 21

O custo econômico da inação ..... 30

**SEÇÃO II.** Aumentar a resiliência da educação ao calor extremo ..... **31**

▶ **CAPÍTULO 3.** Como a infraestrutura escolar fortalece a resiliência ao calor extremo ..... **32**

Estratégias de infraestrutura escolar que geram conforto térmico na sala de aula ..... 32

▶ **CAPÍTULO 4.** Como a educação flexível pode se adaptar ao calor extremo ..... **40**

Flexibilización del calendario escolar para evitar los periodos de mayor calor ..... 40

Educación a distancia para mantener la continuidad educativa ..... 43

**SEÇÃO III.** Planejamento e financiamento da educação para a resiliência ao calor extremo ..... **47**

▶ **CAPÍTULO 5.** Como o planejamento escolar pode antecipar e responder ao calor extremo ..... **48**

Informações para antecipar riscos e tomar decisões sensíveis ao calor ..... 48

▶ **CAPÍTULO 6.** Como financiar a resiliência da educação ao calor extremo ..... **52**

Mobilizar recursos para a resiliência educacional ao calor extremo ..... 53

Distribuir recursos para fortalecer áreas de alto risco ..... 55

**Lições para fortalecer a resiliência educacional ao calor extremo** ..... **58**

**Referências bibliográficas** ..... **60**



# Resumo executivo

## Uma rota para fortalecer a resiliência do setor de educação ao calor extremo

- ▶ **O calor extremo já deixa marcas visíveis na educação e, se nenhuma ação for tomada, as consequências a longo prazo serão profundas.** Em 2024, este foi o evento climático que mais causou interrupções na educação em todo o mundo, afetando 171 milhões de estudantes. Na América Latina e no Caribe, o calor extremo, tanto dentro quanto fora da sala de aula, reduz o tempo efetivo de aula, forçando o fechamento de escolas e aumentando a evasão. Também deteriora a qualidade do ensino, afetando a produtividade dos professores e reduzindo a capacidade de aprendizagem dos alunos, transformando as salas de aula em espaços desfavoráveis à concentração e ao bem-estar. Por fim, afeta a saúde física e mental dos alunos desde a primeira infância e ao longo de toda a sua trajetória escolar.
- ▶ **Quando os sistemas educacionais não têm a estrutura necessária para garantir temperaturas adequadas nas salas de aula e assegurar a continuidade dos serviços, não apenas a aprendizagem é defasada, mas também aumentam as taxas de evasão, enfraquecendo o desenvolvimento do capital humano.** As evidências são contundentes: quando as temperaturas excedem 26,7 °C, a aprendizagem diminui consistentemente, especialmente em escolas que não têm as condições necessárias para manter as temperaturas internas das salas de aula abaixo desse limite. Cada dia adicional com temperaturas acima desse limite está associado a uma redução de 1% na aprendizagem ao longo de um ano letivo, resultando em perdas educacionais significativas e cumulativas.
- ▶ **O risco representado pelo calor extremo na América Latina e no Caribe é preocupante: uma parcela significativa do sistema educacional está localizada em áreas caracterizadas por alto nível de ameaça e por capacidade limitada de adaptação.** Projeções indicam que, nos próximos 50 anos, mais de 40% das escolas, 36% dos alunos e 35% dos professores estarão expostos a temperaturas acima do limite crítico de 26,7 °C por 70 a 80 dias ao longo de um ano letivo. Se a vulnerabilidade do sistema educacional for somada a esse nível de exposição, estima-se que quase 195 mil escolas, mais de 15 milhões de alunos e aproximadamente meio milhão de professores estejam concentrados em áreas com altas temperaturas e com capacidade de adaptação limitada do sistema educacional. Deixar de enfrentar esse desafio pode resultar em perdas econômicas significativas. Com apenas 10 dias de calor extremo em um ano letivo, estima-se que a perda futura de renda dos estudantes seja de cerca de US\$ 22 bilhões PPC (Paridade do Poder de Compra).

### *A hora de agir é agora.*

- ▶ **Os sistemas educacionais da região podem empregar uma variedade de estratégias para fortalecer sua resiliência diante do calor extremo.** Isso inclui a melhoria da infraestrutura escolar para garantir o conforto térmico e a implementação de serviços educacionais flexíveis, seja por meio de calendários ajustados para evitar períodos de altas temperaturas ou modalidades de ensino à distância para garantir a continuidade do aprendizado quando o ensino presencial não for possível. Essas intervenções podem

ser combinadas de acordo com o nível de exposição ao calor e a capacidade adaptativa de cada sistema educacional.

▶ **O primeiro passo para selecionar as intervenções mais eficazes é identificar com precisão as áreas com maior risco de calor extremo.** Para alocar recursos onde são mais necessários, é essencial ter um mapeamento detalhado dos níveis de ameaça, exposição e vulnerabilidade a altas temperaturas no âmbito escolar, permitindo a identificação dos territórios e componentes do sistema educacional com maior risco. Os resultados regionais apresentados nesta publicação fornecem um primeiro ponto de partida, mas uma tomada de decisão eficaz requer avançar para uma análise mais granular, que reúna informações sobre padrões de calor e comunidades educacionais em risco, a fim de priorizar e direcionar respostas eficientemente.

▶ **Em seguida, é necessário definir e projetar intervenções para proteger os serviços educacionais contra o calor extremo, considerando os padrões de calor de cada região.** A eficácia das estratégias depende do número de dias quentes no ano letivo, de sua intensidade, de sua distribuição temporal e da variabilidade regional das ondas de calor.

- Em áreas com poucos dias de calor extremo ao longo do ano letivo, a adoção de medidas específicas para proteger o aprendizado, como ajustes de calendário, suspensões de aulas com sessões de recomposição subsequentes ou curtos períodos de ensino à distância, pode ser suficiente. No entanto, se os dias de calor extremo afetarem uma parte significativa do ano letivo, devem ser consideradas respostas permanentes, como a adaptação da infraestrutura escolar para garantir o aprendizado durante todo o ano letivo.
- A intensidade do calor também importa. Se as temperaturas excederem apenas ligeiramente o limite de 26,7 °C, pode ser suficiente adotar estratégias passivas de infraestrutura escolar para garantir o conforto térmico na sala de aula, como ventilação cruzada, sombreamento ou tinta térmica. No entanto, se o excesso for elevado, essas medidas devem ser complementadas por estratégias ativas para garantir o conforto térmico, como a instalação de ar-condicionado.
- A distribuição temporal do calor acrescenta uma dimensão adicional. Se o calor estiver concentrado em um único mês, as férias podem ser redistribuídas; se estiver concentrado em determinados horários, é mais eficaz ajustar os horários escolares para evitar aulas nesse período. Se coincidir com o final do ano letivo, período em que geralmente há concentração de provas, o final do ano letivo pode ser adiado para que o calor extremo não comprometa os resultados nos testes.
- A interação entre essas variáveis também deve ser considerada: alguns dias de temperaturas extremamente altas podem justificar suspensões escolares direcionadas, complementadas por atendimento individualizado ou atenuadas por dias extras reservados para compensar o tempo letivo perdido. Por outro lado, o calor persistente e elevado exige uma infraestrutura resiliente que garanta condições de conforto térmico e o acesso a serviços básicos, como água nas escolas.
- Finalmente, a extensão da exposição dentro de um país define a escala e a urgência das respostas: quando o risco está concentrado em poucos territórios, medidas direcionadas — como projetos-piloto de infraestrutura ou ajustes regionais de calendário — são viáveis; mas quando afeta grande parte do sistema educacional, são necessárias respostas escaláveis e sistêmicas, como planos de fortalecimento da infraestrutura baseados em padrões de resiliência, que garantam condições seguras de aprendizagem em todo o país/unidade federativa.

▶ **As intervenções também devem reconhecer e se adaptar à realidade de cada país, pois nem todos os sistemas têm as mesmas condições para implementar medidas de resiliência.** A qualidade da infraestrutura escolar e o acesso a serviços básicos determinam a viabilidade de implementar determinadas intervenções.

- Quando os edifícios escolares são sólidos, mas não termicamente resilientes, melhorias podem ser implementadas para garantir o conforto. Se a infraestrutura for muito precária, medidas paliativas podem ser implementadas, mas investimentos em medidas estruturais devem ser planejados posteriormente.
- A disponibilidade de dispositivos, conectividade e habilidades dos professores abre caminho para a implementação de modalidades de ensino à distância em dias de calor extremo, enquanto a ausência deles limita essas alternativas e exige, primeiro, investimento no acesso à tecnologia e formação.
- As condições dos alunos e de suas comunidades, que transcendem o setor educacional, moldam a eficácia das respostas: quando as casas são mais quentes do que as escolas, o fechamento das escolas e a mudança para o ensino a distância já não protegem o aprendizado. Por outro lado, quando os deslocamentos escolares são longos e não há boas alternativas de transporte, a evasão aumenta em dias de altas temperaturas, mesmo quando as escolas oferecem conforto térmico.

▶ **As respostas também são condicionadas pelas capacidades dos sistemas educacionais de planejar e gerir.** Integrar os riscos associados ao calor extremo no planejamento educacional permite antecipar e responder às temperaturas extremas. No entanto, quando não há dados específicos sobre infraestrutura, clima ou exposição — ou quando a equipe técnica não possui as competências necessárias para analisar esses riscos e incorporá-los ao planejamento —, os países podem começar adotando medidas simples, baseadas em dados e capacidades existentes, para obter um panorama inicial, enquanto avançam na construção de sistemas de informação mais completos e interoperáveis e em análises de risco mais detalhadas. Fortalecer essas capacidades é fundamental para evitar que as decisões se baseiem em aproximações gerais e não em evidências, o que reduz a efetividade das intervenções.

▶ **Finalmente, o financiamento é um pilar crucial.** Sem recursos suficientes e sustentáveis, qualquer estratégia de adaptação é limitada. Os países precisam avançar para estruturas orçamentárias que integrem critérios de risco climático em alocações regulares e garantam a continuidade ao longo do tempo. Para isso, é fundamental alavancar os recursos existentes no setor educacional, expandir o espaço fiscal e mobilizar novas fontes de financiamento, como fundos climáticos e de capital privado, além da coordenação com outros setores para otimizar o uso dos recursos. É essencial consolidar um financiamento estável e previsível para que cada valor investido se traduza em escolas mais resilientes.

▶ **Para proteger a aprendizagem do calor extremo, precisamos agir agora: identificar riscos, elaborar respostas adequadas ao contexto e investir na resiliência.** Cada ano de atraso implica mais perdas de aprendizagem, maior desigualdade e menos oportunidades para milhões de estudantes. As evidências estão disponíveis; os custos da inação são inaceitáveis. A hora de avançar é agora.

# Introdução

## A importância de garantir a aprendizagem face ao calor extremo

- ▶ **O calor extremo tem se tornado uma das principais ameaças ao acesso e à qualidade da educação na América Latina e no Caribe.** Altas temperaturas provocam o fechamento de escolas e aumentam a evasão, reduzindo o tempo efetivo de aula. Elas também prejudicam a aprendizagem, transformando as salas de aula em ambientes pouco propícios ao aprendizado, afetando o desempenho dos professores e limitando a capacidade de concentração dos alunos. Comprometem até mesmo a saúde física e mental desde a primeira infância. Essas consequências não são distribuídas uniformemente: comunidades com menos recursos e menor capacidade de adaptação enfrentam os impactos mais severos. Em uma região onde a educação é uma das principais ferramentas para reduzir a desigualdade, o calor extremo compromete o avanço fundamental em equidade e desenvolvimento humano.
- ▶ **As evidências disponíveis confirmam a magnitude desses efeitos: quando as temperaturas excedem 26,7 °C, a aprendizagem diminui.** Em escolas que não possuem as condições necessárias para manter as temperaturas das salas de aula abaixo desse limite, cada dia adicional de calor reduz a aprendizagem em 1% ao longo de um ano letivo. Essas perdas se acumulam ao longo da trajetória educacional, e apenas 10 dias de calor por ano podem representar até 1,2 anos de perda de escolaridade, o que, por sua vez, pode se traduzir em uma redução de 11% na renda futura do trabalho dos alunos afetados.
- ▶ **Apesar de sua abrangência, o calor extremo ainda não é central nas agendas educacionais da região.** O planejamento setorial raramente incorpora informações sobre temperaturas ou conforto térmico, e os orçamentos não incluem investimentos específicos para mitigar esse risco. A maioria dos sistemas educacionais continua a operar sob a premissa de um ambiente estável, com infraestrutura e calendários projetados de modo a dificultar a adaptação e a minimizar os efeitos do calor. Consequentemente, as respostas tendem a ser reativas e fragmentadas – suspensões de aulas, ajustes temporários de horários ou medidas emergenciais – que não garantem a continuidade e a qualidade do aprendizado.
- ▶ **Este relatório oferece uma compreensão abrangente de como o calor extremo afeta a educação na América Latina e no Caribe e do que os sistemas educacionais podem fazer para antecipar, responder e se adaptar aos seus impactos.** Combinando evidências empíricas, análise territorial e propostas de políticas públicas, o estudo está organizado em três seções que buscam traduzir as informações disponíveis em diretrizes concretas para a ação.
- ▶ **A primeira seção examina como as altas temperaturas impactam a educação na América Latina e no Caribe.** Esta seção mostra como o calor extremo reduz a aprendizagem e agrava as desigualdades existentes, gerando consequências imediatas e de longo prazo. Em seguida, com base em uma abordagem que considera três dimensões inter-relacionadas — ameaça (frequência e intensidade do calor), exposição (localização de alunos, professores e escolas) e vulnerabilidade (condições que determinam a capacidade de resposta) — identifica as escolas, os alunos e os professores em maior risco na região. Essa análise fornece uma base empírica sólida para dimensionar o problema e orientar as intervenções.

- ▶ **A segunda seção apresenta as intervenções disponíveis para fortalecer a resiliência da educação diante do calor extremo.** Estas incluem o fortalecimento da infraestrutura escolar para melhorar o conforto térmico e o desenvolvimento de serviços educacionais flexíveis, por meio de calendários adaptados para evitar períodos de temperaturas mais altas, bem como modalidades de ensino à distância que garantam a continuidade dos serviços quando o ensino presencial não for mais possível. Cada estratégia é analisada em termos de eficácia, viabilidade e custo-benefício, o que evidencia que investir na resiliência educacional ao calor extremo gera benefícios substantivos e sustentáveis.
- ▶ **A terceira seção concentra-se em como planejar e financiar a resiliência educacional diante do calor extremo.** Examina como os processos de planejamento educacional podem incorporar dados sobre calor extremo em sistemas de informação e gestão educacional, além de como esses dados podem subsidiar decisões sensíveis ao calor. Por fim, analisa estratégias de financiamento para sustentar intervenções, combinando o uso mais eficiente e equilibrado dos recursos existentes com instrumentos de financiamento inovadores que gerem recursos e motivem investimentos na resiliência do sistema educacional.
- ▶ **De modo geral, o estudo oferece um roteiro prático para proteger a aprendizagem e garantir a continuidade dos serviços educacionais em contextos de calor extremo. Adaptar a educação ao calor extremo não é apenas uma necessidade urgente; é um investimento de alto retorno para proteger a aprendizagem de hoje e as oportunidades de amanhã.**

# SEÇÃO I.

## Impactos do calor extremo na educação

- ▶ **O calor extremo representa um desafio urgente para os sistemas educacionais.** Altas temperaturas causam interrupções nas aulas, reduzem o tempo efetivo de aprendizagem e deterioram as condições de ensino, resultando em trajetórias acadêmicas interrompidas e níveis de aprendizagem mais baixos. Esses efeitos, longe de serem temporários, têm efeitos cumulativos que enfraquecem o desenvolvimento do capital humano, reduzem a renda futura e geram perdas sociais significativas.
- ▶ **Enfrentar esse desafio exige compreender como o calor afeta os resultados educacionais e quem é o principal impactado.** A análise conjunta da ameaça, exposição e vulnerabilidade às altas temperaturas nos permite não apenas determinar a magnitude do problema, mas também gerar um nível de conhecimento sem precedentes na região, ilustrando a interação entre a intensidade e a frequência do calor, a localização das escolas, alunos e professores, e as condições que determinam a capacidade de resposta do sistema educacional. Ter essas evidências é fundamental para uma compreensão abrangente do desafio que o calor extremo representa para a educação na América Latina e no Caribe, e para direcionar os esforços onde a necessidade é maior, de acordo com as realidades locais.

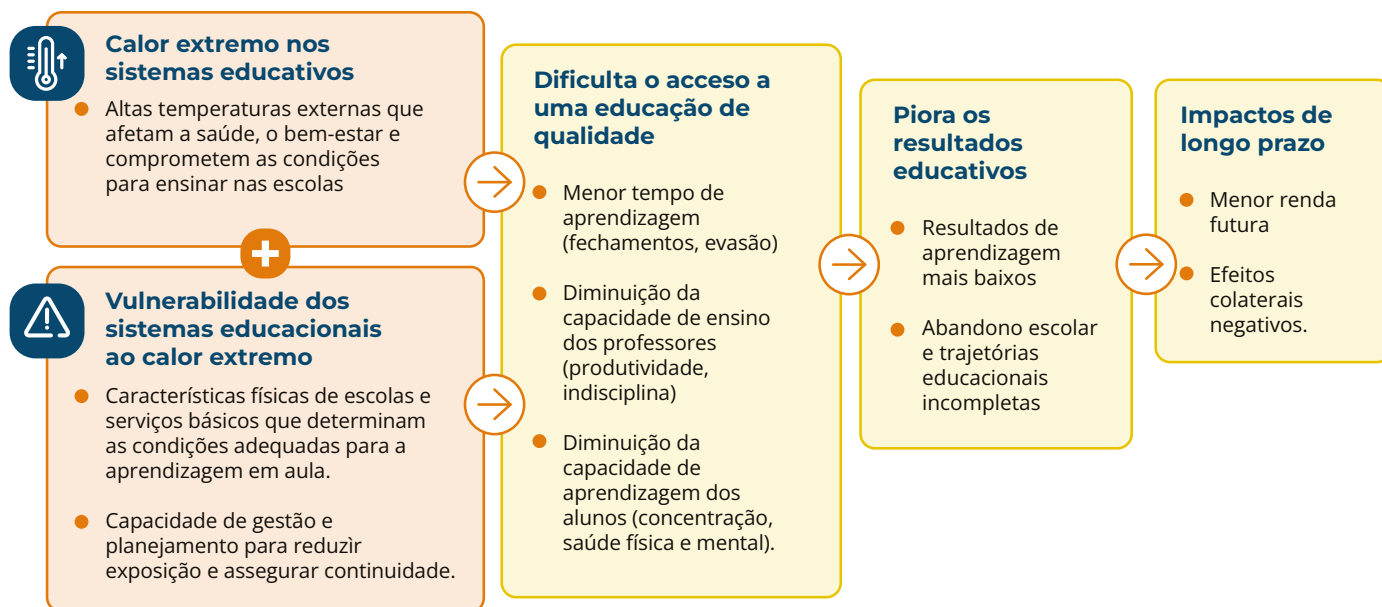


# Capítulo 1.

## Como o calor extremo afeta a educação

- ▶ **O calor tem efeitos concretos na educação: redução da aprendizagem, interrupção da carreira acadêmica e redução das oportunidades futuras para os alunos.** As repercussões do calor extremo nas escolas e comunidades educacionais são imediatas: redução do tempo efetivo de aula, comprometimento da capacidade de ensino dos professores e diminuição da capacidade de aprendizagem dos alunos. Ao longo do tempo, esses impactos de curto prazo se acumulam, resultando em perdas de aprendizado persistentes e no agravamento das desigualdades educacionais.
- ▶ **A magnitude desses efeitos depende das características dos sistemas educacionais,** particularmente das condições físicas das escolas — que determinam as temperaturas e os ambientes dentro das salas de aula bem como da capacidade dos sistemas educacionais de planejar e gerenciar seus processos de ensino, horários e modalidades para reduzir a exposição ao calor e garantir a continuidade da aprendizagem. Quando os sistemas não possuem essas características e capacidades, são incapazes de mitigar os efeitos negativos do calor extremo, resultando em redução da aprendizagem e aumento das taxas de evasão, especialmente entre alunos em situações socioeconômicas vulneráveis. Evidências mostram que cada dia com temperaturas acima de 26,7 °C está associado a uma redução de 1% na aprendizagem ao longo de um ano letivo. Com o tempo, todas essas perdas se acumulam, enfraquecendo o desenvolvimento do capital humano, reduzindo a renda futura daqueles cujo processo de formação é atualmente afetado e gerando efeitos colaterais negativos para a sociedade como um todo (Figura 1.1).

**Figura 1.1. Efeitos do calor extremo na educação**



*Fonte: Elaborado pelos autores com base em literatura pertinente.*

# Dificulta o acesso à educação de qualidade

## Menos tempo de aprendizagem

- ▶ **O calor extremo força o fechamento de escolas, interrompe o ensino presencial e reduz o tempo efetivo em sala de aula.** Em 2024, as ondas de calor foram o evento climático que mais causou interrupções na educação em todo o mundo, afetando 171 milhões de alunos (UNICEF 2025). Embora os países da região não monitorem o fechamento de escolas devido ao calor extremo, informações compiladas por diversos meios de comunicação revelam que, em 2025, o calor extremo forçou o adiamento do início do ano letivo em diversas províncias da Argentina e em mais de 2.300 escolas no estado do Rio Grande do Sul (Brasil), onde a medida afetou 700.000 alunos. No México, mais de 13 milhões de alunos foram afetados em 2023 pela decisão de encurtar o ano letivo em 18 estados, adotada em resposta direta às ondas de calor. Em vários casos, as autoridades também optaram por ajustar o horário escolar para evitar os horários mais quentes, situação que deverá se repetir em 2024 em vários municípios de Honduras e em vários estados do México. Casos semelhantes foram relatados na Guatemala, Honduras, Peru e em outros países da região, com medidas que variam desde a redução da carga horária escolar até o fechamento temporário de escolas.
- ▶ **A suspensão das aulas devido ao calor extremo é adotada quando não é possível garantir condições mínimas de segurança e bem-estar nas escolas.** Ondas de calor forçam a suspensão das aulas quando as escolas não têm infraestrutura para garantir condições térmicas adequadas nas salas de aula ou para fornecer serviços básicos como água potável, essenciais para que alunos e professores lidem com as altas temperaturas (Venegas Marín et al. 2024). Por exemplo, no Rio Grande do Sul, decidiu-se fechar as escolas no início do ano letivo de 2025 porque as salas de aula não tinham ventilação e água suficientes para garantir condições básicas de segurança aos alunos diante de temperaturas tão altas (G1 2025; The Guardian 2025; Rogero 2025).
- ▶ **Mesmo quando as escolas permanecem abertas, muitos alunos optam por não comparecer às aulas devido ao calor, o que reduz o tempo efetivo de estudo.** Altas temperaturas, tanto dentro quanto fora da sala de aula, afetam a saúde dos alunos, fazendo com que eles experimentem sintomas físicos como fadiga, tontura, dores de cabeça e câibras, e dificultando a frequência regular às aulas, especialmente para alunos com saúde mais debilitada, bem como aqueles que precisam viajar longas distâncias para a escola ou vivem em áreas onde as escolas não têm condições térmicas mínimas. Estudos conduzidos em contextos tão diversos quanto os Estados Unidos, a Índia e a Inglaterra documentaram que temperaturas extremas aumentam as taxas de absenteísmo, especialmente entre os alunos mais vulneráveis. Por exemplo, nos Estados Unidos, em comparação com dias com temperaturas entre 15 °C e 21 °C, a probabilidade de faltar à escola aumenta à medida que as temperaturas sobem: 8% acima de 21 °C, 10% acima de 27 °C e 16% acima de 32 °C. Esse efeito é mais pronunciado entre estudantes afrodescendentes, hispânicos e aqueles de famílias de baixa renda, e agrava lacunas pré-existentes na frequência e na continuidade escolar (McCormack 2025). Na Índia, alguns estudos concluem que temperaturas acima de 21 °C reduzem a frequência escolar, em grande parte devido ao desconforto físico dos alunos e a decisões familiares (Garg et al. 2020; Lala e Hagishima 2023).
- ▶ **Cada dia de fechamento das escolas é um dia de aprendizado perdido.** Os fechamentos interrompem o ensino presencial e, geralmente, não são compensados por atividades remotas ou de recuperação organizadas, especialmente em contextos de infraestrutura digital insuficiente, de

planejamento de contingência deficiente e de capacidade institucional limitada para os serviços educacionais. Essa perda não é homogênea, pois afeta de forma mais intensa os alunos mais vulneráveis — particularmente em áreas rurais ou de baixa renda. Eles frequentam escolas com infraestrutura precária ou vivem em condições de superlotação ou em moradias sem serviços básicos e inadequadas ao calor extremo, o que os impede de continuar estudando em casa durante as interrupções também (Venegas Marín et al. 2024).

## **Diminuição da capacidade de ensino dos professores**

- ▶ **O calor extremo deteriora as condições de trabalho dos professores: afeta seu bem-estar, sua capacidade de ensinar e a continuidade do processo pedagógico.** Altas temperaturas deterioram a qualidade do ensino, pois elevam os níveis de absenteísmo dos professores (Borgen et al., 2023; Léonard, 2018). Além disso, o calor extremo nas escolas causa fadiga e reduz a produtividade do trabalho dos professores, especialmente em relação às tarefas cognitivas, o que pode resultar em perdas de até 9% entre 23 °C e 30 °C (Fujii et al. 2015; González-Hidalgo et al. 2011; Leme e Maia 2015; Seppanen et al. 2003; Seppanen et al. 2006; Wargocki e Wyon 2017). O conforto térmico na sala de aula também afeta o estado psicofisiológico dos professores, bem como sua percepção do ambiente escolar, e impacta sua capacidade de ensinar efetivamente (San Juan et al. 2014). O calor na sala de aula ainda atrapalha a organização do dia escolar: muitos professores são obrigados a fazer pausas frequentes e não conseguem concluir o currículo no tempo de ensino disponível (EiE Hub 2023).
- ▶ **Os próprios professores relatam que o calor afeta seu desempenho em sala de aula.** Na Índia, uma pesquisa com 335 professores do ensino fundamental constatou que mais de 60% consideram que as altas temperaturas atrapalhavam o processo de ensino e reduziam sua produtividade, pois criavam um ambiente estressante na sala de aula. Os sintomas mais comuns eram fadiga, perda de concentração e necessidade de pausas durante as aulas (Lala e Hagishima, 2023). Nos Estados Unidos, uma pesquisa nacional constatou que 71,4% dos professores foram diretamente afetados por eventos climáticos extremos, incluindo ondas de calor, e mais de 10% relataram que condições extremas prejudicaram sua capacidade de ensinar com eficácia (NEEFUSA e CMHN 2025). Na Suécia, após a onda de calor de 2018, 93% dos líderes de unidades pré-escolares relataram que os professores tinham mais dificuldade para desempenhar suas funções e apresentavam sintomas de esgotamento físico e mental, como fadiga, dores de cabeça, falta de ar e tensão muscular. Segundo os líderes, pareciam sobrecarregados, inseguros e incapazes de planejar ou atender às necessidades das crianças (Malmquist et al., 2021).
- ▶ **Os professores também relatam que o calor extremo afeta o comportamento dos alunos e as decisões disciplinares que tomam em sala de aula.** Um estudo na Espanha associou o aumento das temperaturas dentro e fora das salas de aula a um pior moral dos professores e a percepções mais negativas sobre o comportamento dos alunos (Boix-Vilella et al., 2021). Um estudo nos Estados Unidos constatou que alunos em escolas sem ar-condicionado tinham até 21% mais chances de receber advertências disciplinares em dias com temperaturas acima de 32,2°C (McCormack, 2025). Esse padrão sugere que o calor influencia as decisões de figuras de autoridade e favorece atitudes mais duras ou menos empáticas (Behrer e Bolotnyy 2022; Heyes e Saberian 2019).

## Diminuição da capacidade de aprendizagem dos alunos

- ▶ **O calor extremo reduz a capacidade de aprendizagem dos alunos, pois torna as salas de aula desfavoráveis à concentração e ao esforço cognitivo.** Altas temperaturas, tanto dentro como fora da sala de aula, afetam a saúde física e mental dos alunos, causando fadiga, sonolência, dores de cabeça, desidratação e desconforto térmico. Em última análise, prejudicam seu bem-estar geral e limitam sua disposição para aprender (Tian et al., 2021; UNICEF, 2023; Bos e Schwartz, 2023; Hyndman, Shortridge e Vanos, 2023). Do ponto de vista cognitivo, altas temperaturas prejudicam a capacidade de prestar atenção, concentrar-se e exercitar a memória, além de causar letargia, reduzir a participação em atividades acadêmicas e recreativas, tanto dentro quanto fora da sala de aula, e levar a comportamentos agressivos ou disruptivos nos alunos (Wargoeki e Wyon, 2007; Wargoeki e Wyon, 2013; Park, 2017; Anderson et al., 2000; Salthammer et al., 2016; McCormack, 2025; Horvath e Borgonovi, 2022; Tian et al., 2021; Shortridge et al., 2022).
- ▶ **Esses problemas afetam particularmente os alunos com maior vulnerabilidade socioeconômica.** Alunos de origem socioeconômica mais baixa, em geral, frequentam escolas com infraestrutura precária, sem ventilação ou água potável. Esses fatores agravam o estresse térmico e, em muitos casos, levam a interrupções no processo educacional, pois os alunos são forçados a deixar a sala de aula ou a escola para se hidratarem (UNICEF 2024; McCormack 2025). Evidências mostram que essa combinação de fatores acentua a perda de funções cognitivas essenciais à aprendizagem, como a atenção plena (Assari e Zare 2025). Além disso, estudos revelam que a redução da temperatura interna das escolas de 30°C para 20°C melhora o desempenho dos alunos em tarefas escolares mentalmente exigentes em até 20%. Eles concluem que o desempenho ideal nas tarefas escolares é alcançado em temperaturas inferiores a 22°C (Wargoeki et al., 2019).
- ▶ **O calor extremo também compromete a nutrição e a saúde dos alunos, afetando sua prontidão para aprender.** A exposição prolongada a altas temperaturas, tanto dentro quanto fora da sala de aula, pode levar a doenças relacionadas ao calor, que afetam a frequência às aulas e a capacidade de aprendizagem ao longo do ano letivo (Hyndman, Shortridge e Vanos, 2023). Além disso, eventos climáticos extremos podem reduzir a disponibilidade de alimentos, enfraquecer o sistema imunológico e aumentar o risco de doenças como malária, dengue e cólera, que impactam diretamente o estado nutricional e de saúde dos alunos (Helo Sarmiento et al., 2023). Tais circunstâncias são particularmente problemáticas quando as escolas não têm acesso contínuo à água potável, instalações sanitárias adequadas ou programas de alimentação escolar, pois criam lacunas críticas que afetam principalmente os alunos de origem vulnerável (Acevedo et al., 2022). Essa maior vulnerabilidade ao calor é exacerbada em contextos socialmente desfavorecidos, visto que os impactos do calor variam dependendo das condições ambientais, da qualidade da moradia, do acesso a cuidados de saúde e aos serviços básicos em casa, e das desigualdades socioeconômicas entre áreas urbanas e rurais (Helldén et al., 2021). Por fim, os alunos mais jovens também relatam menor tolerância fisiológica ao calor e uma capacidade limitada de reconhecer e gerenciar seus riscos, tornando-os mais propensos à fadiga, à desidratação e ao estresse por calor (Zivin e Shrader, 2016).
- ▶ **O calor extremo também afeta a saúde mental dos estudantes, corroendo seu bem-estar emocional, alterando seu comportamento e reduzindo sua capacidade de aprendizagem.** Foi estabelecida uma relação entre o aumento das temperaturas, os eventos climáticos extremos e a deterioração crescente da saúde mental de crianças e jovens, que estão mais expostos, mais conscientes do problema e mais vulneráveis emocionalmente aos seus efeitos (Clayton 2020; UNICEF 2023; Whitlock 2023). A ecoansiedade — um tipo de angústia relacionada à percepção de um futuro ambiental incerto — está cada vez mais disseminada entre os estudantes, da adolescência ao ensino superior, sob a forma de sentimentos de ansiedade, medo, incerteza, frustração e desesperança

(Coffey et al. 2021; Léger-Goodes et al. 2022). Em El Salvador, um estudo do BID, realizado com uma amostra representativa de jovens entre 15 e 25 anos, revelou que mais da metade teve reações emocionais significativas ao aumento das temperaturas e a eventos climáticos extremos, e que quase 40% hesitaram em ter filhos devido a esses mesmos problemas (Alfonso et al. 2025).

- ▶ **Por fim, o calor extremo também afeta os alunos antes de atingirem a idade escolar e impacta seu desenvolvimento físico e cognitivo desde a gravidez e durante toda a primeira infância, comprometendo sua capacidade de aprendizagem.** Vários estudos associaram altas temperaturas durante a gravidez a piores resultados no parto e a comprometimento da memória de trabalho e do controle inibitório — funções essenciais para a aprendizagem —, bem como a menores níveis educacionais e rendas na idade adulta (Pazos et al. 2023; Zamand e Hyder 2016; Fishman, Carrillo e Russ 2019). Outros estudos chegaram a conclusões semelhantes, por exemplo, na Colômbia, onde ondas de calor vivenciadas durante os estágios finais da gravidez reduziram a altura do recém-nascido, o que pode estar relacionado a piores desempenhos acadêmicos na infância (Andalón et al., 2016). Evidências também revelam que as condições climáticas vivenciadas durante os primeiros anos de vida podem afetar o desempenho acadêmico nos primeiros anos escolares: no Peru, ondas de calor reduzem as notas dos alunos em testes realizados em regiões quentes, enquanto as melhoram em regiões frias (Liao et al., 2025).

## Piora os índices educacionais

### Menos aprendizagem

- ▶ **A exposição a altas temperaturas durante o ano letivo prejudica a aprendizagem, especialmente entre os alunos mais vulneráveis.** O maior estudo global até o momento (Park et al. 2021) analisou dados de mais de 144 milhões de alunos de 58 países participantes dos testes do PISA. Suas conclusões são contundentes: cada dia adicional com temperaturas acima de 26,7°C registradas nos três anos anteriores ao teste do PISA está associado a uma redução de 0,0018 desvios-padrão no desempenho, equivalente a aproximadamente 1% da aprendizagem ao longo de um ano letivo.<sup>1</sup> Em uma análise complementar com dados dos Estados Unidos, o mesmo estudo mostra que o calor tem efeitos substancialmente maiores em distritos escolares de baixa renda, provavelmente devido ao menor acesso a recursos compensatórios, incluindo os necessários para garantir o conforto térmico na sala de aula. Essa descoberta é consistente com evidências que indicam que alunos de baixa renda e de minorias são mais propensos a frequentar escolas sem ar-condicionado. Além disso, estima-se que, na maioria das regiões dos Estados Unidos, o investimento em sistemas de climatização escolar gere, a longo prazo, aumentos de receita suficientes para compensar os custos iniciais de infraestrutura. Esses resultados são confirmados por uma revisão sistemática de 12 estudos, que constatou que, em diferentes contextos, metodologias e variáveis de resultado, os impactos negativos do calor na aprendizagem são documentados (Prentice et al., 2024).
- ▶ **Estudos em vários países confirmam os resultados de estudos globais: quanto mais dias de altas temperaturas, menor a aprendizagem.** Nos Estados Unidos, cada dia extremamente quente (acima de 37,8 °C) reduz a aprendizagem e o desempenho em testes de aprendizagem em 2,3%

<sup>1</sup> Diferentes estudos mostram que um desvio padrão de 0,20 é aproximadamente equivalente à aprendizagem durante um ano letivo (OCDE 2021; Evans e Yuan 2019).

- ▶ (Roach e Whitney, 2021), enquanto um aumento de 0,55 °C na temperatura média ao longo do ano letivo pode reduzir a aprendizagem em 1%. Em escolas com ar-condicionado, no entanto, esse efeito é significativamente atenuado (Park et al., 2020), o que indica que as temperaturas internas das salas de aula impactam a aprendizagem. Um estudo longitudinal conduzido nos Estados Unidos também constatou que variações de temperatura de curto prazo afetam o desempenho acadêmico: um dia quente (30–32 °C) está associado a uma queda de 0,12 desvios-padrão nas notas de matemática dos alunos, em comparação a um dia ameno (20–22 °C) (Graff Zivin, Hsiang e Neidell, 2018). Na Coreia do Sul, cada dia acima de 34 °C durante o verão, antes de uma prova, reduz as notas em matemática e inglês em 0,0042 e 0,0064 desvios-padrão, respectivamente (Cho, 2017). Na Índia, dez dias adicionais de temperaturas acima de 29 °C ao longo do ano letivo resultam em quedas de 0,03 e 0,02 desvios-padrão nas provas de matemática e leitura, respectivamente (Garg et al., 2020).
- ▶ **O impacto negativo do calor na aprendizagem também é evidente ao analisar seu impacto direto em dias de prova.** Nos Estados Unidos, Park (2022) estima que realizar um exame a temperatura ambiente de 32,2 °C resulta em uma queda de aproximadamente 0,13 desvios-padrão no desempenho, em comparação com um exame realizado a 23,9 °C. Outro estudo com alunos do ensino fundamental conclui que uma redução de 1 °C na temperatura da sala de aula se traduz em uma melhora de 12 a 13 pontos nas pontuações de testes padronizados (Haverinen-Shaughnessy e Shaughnessy 2015). Vários estudos na China também confirmam essa relação. Um deles estabelece que fazer um exame em temperaturas acima de 32 °C — em comparação com um dia entre 22 °C e 24 °C — reduz as pontuações em matemática em 0,066 desvios-padrão (Zhang et al. 2024). Outro estudo estima que um aumento de apenas 2°C durante o exame reduz a pontuação total em 0,68%, equivalente a 0,0583 desvios-padrão (Graff Zivin et al. 2020). Além disso, uma terceira análise associa um aumento de apenas 0,55 °C a uma perda de 0,006 desvios-padrão, concluindo que esse efeito é mais grave para mulheres e estudantes de áreas rurais ou de pequenas cidades (Vu 2022).
- ▶ **Na América Latina, diversos estudos começaram a documentar os efeitos prejudiciais do calor extremo na aprendizagem, consistentes com evidências internacionais.** No Brasil, estudantes que vivem nos 10% dos municípios mais quentes perdem aproximadamente 1% de sua aprendizagem por ano devido ao calor, o equivalente a entre 0,66 e 1,5 anos de escolaridade acumulada (Schady et al., em Venegas Marín et al. 2024). No México, um aumento de 1 °C na temperatura média anual está associado a uma redução de 0,08 a 0,07 desvios-padrão nas notas em matemática e espanhol, respectivamente, com efeitos mais pronunciados entre alunos socioeconomicamente desfavorecidos (Arceo-Gómez e López-Feldman 2024).
- ▶ **Estudos realizados na América Latina e no Caribe são mais recentes, mas também indicam que o calor antes ou durante a prova afeta os resultados, especialmente entre alunos de baixa renda.** No Chile, um aumento na temperatura da faixa de 15 a 21°C para a faixa de 24 a 27°C está associado a uma redução de até 0,045 desvios-padrão nas notas do Sistema de Medição da Qualidade da Educação (SIMCE) (Hume 2024). Outra análise realizada no Chile, utilizando dados do SIMCE e do Teste de Seleção Universitária (PSU), revela o impacto negativo das altas temperaturas no dia da prova nas notas em matemática e, em menor grau, em ciências e história (Pérez 2018). Conclusões semelhantes foram tiradas na Costa Rica: a redução da temperatura das salas de aula de 30 °C para 25 °C resultou em melhores resultados em testes cognitivos (velocidade aumentada de até 7,5% e precisão em 0,6% para cada grau Celsius perdido), com os efeitos mais pronunciados entre os alunos com desempenho inferior (Porrás-Salazar et al. 2018). Finalmente, na Colômbia, um estudo do BID revelou que dez horas adicionais acima de 32 °C na semana anterior ao exame reduzem o desvio-padrão em 0,01, e atingem 0,03 quando as temperaturas excedem 35 °C. Esses efeitos são mais pronunciados entre os alunos de escolas públicas e rurais, bem como entre aqueles que não têm recursos, como computadores ou internet, o que evidencia as desigualdades na exposição ao calor e na capacidade (Hoffmann et al. 2023).

## Evasão escolar e carreiras escolares incompletas

- ▶ **Altas temperaturas podem atrasar a progressão acadêmica e até aumentar as taxas de evasão.** Nos Estados Unidos, foi documentado que condições extremas de calor durante as provas reduzem a probabilidade de conclusão do ensino médio: um aumento da temperatura média equivalente a um desvio-padrão — ou seja, cerca de 2,4 °C acima da média — durante o período de provas reduz a probabilidade de conclusão no prazo em 4,5 pontos percentuais (Park, 2022). Esse é um efeito significativo, considerando que a taxa média de conclusão no prazo nos Estados Unidos é de 68%. No Brasil, um aumento na proporção de dias com temperaturas acima de 34 °C eleva a taxa de evasão em 5,1%, especialmente em escolas públicas urbanas com infraestrutura precária e acesso limitado ao ar-condicionado (Costa e Goldemberg, 2025).
- ▶ **Além disso, os efeitos do calor na aprendizagem e na retenção escolar não são independentes, mas sim se retroalimentam.** Evidências de diversos contextos revelam que alunos com o pior desempenho têm maior probabilidade de abandonar a escola. Em países como o Peru, a Etiópia e a Índia, os alunos com as maiores pontuações em provas têm até 50% menos probabilidade de abandonar os estudos entre 8 e 12 anos (Kaffenberger, 2021). Na América Latina, muitas famílias optam por retirar seus filhos da escola por perceberem que não estão aprendendo o suficiente, especialmente quando os custos da escolaridade superam os benefícios esperados (Arias Ortiz et al., 2021; UNICEF, 2023; CEPAL, 2024). Assim, o calor extremo pode desencadear um ciclo vicioso no qual a perda de aprendizagem e as trajetórias educacionais interrompidas se reforçam mutuamente. Esse ciclo vicioso agrava as desigualdades e prejudica, de forma duradoura, o desenvolvimento dos alunos mais vulneráveis.

## Tem consequências ao longo da vida

- ▶ **O impacto do calor extremo na educação não se limita à sala de aula: a longo prazo, reduz a renda e as oportunidades.** Globalmente, mais educação está associada a maiores habilidades, maior probabilidade de emprego formal e melhores salários. Nos países da OCDE, 61% das pessoas de 25 a 34 anos com escolaridade inferior ao ensino médio estão empregadas, em comparação com 79% das que o concluíram. Por outro lado, aqueles que não se formaram ganham, em média, 18% menos (OCDE 2023; OCDE 2024). De acordo com estudos comparativos, a renda aumenta, em média, 9% a cada ano adicional de educação, com variações entre os países: o Peru (10,7%) e o Brasil (15,7%) superam a média global, enquanto o El Salvador (7,6%) e o Equador (6,5%) apresentam números mais modestos, porém significativos (Psacharopoulos e Patrinos, 2018; Montenegro e Patrinos, 2014). Quando esses dados são combinados com as descobertas sobre os efeitos do calor extremo na aprendizagem, analisadas anteriormente (cada dia com temperaturas acima de 26,7 °C está associado a uma redução de 1% na aprendizagem ao longo de um ano letivo (Park et al., 2021)), fica evidente que as perdas cumulativas de aprendizagem devido ao calor extremo podem se traduzir em reduções significativas nos rendimentos futuros. Por exemplo, a exposição a 10 dias adicionais com temperaturas acima de 26,7 °C a cada ano pode equivaler a 1,2 anos a menos de aprendizagem, levando a perdas de rendimentos de quase 11% em média, com flutuações entre 8% e 19% dependendo do país.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Para estimar a perda de aprendizagem causada pelo calor extremo, foi realizada uma análise de sensibilidade com base nas evidências da literatura disponível. A perda de 1,2 anos corresponde ao meio do intervalo, consistente com o estudo mais amplo de Park et al. (2021), que utiliza dados do PISA de diversos países, incluindo os da América Latina e do Caribe. Além disso, presume-se um efeito não cumulativo, o que torna esta estimativa robusta e conservadora.

- ▶ **Abordar o impacto do calor extremo na educação tem resultados positivos a longo prazo que vão além do aumento da renda do trabalho.** Evidências mostram que mais educação leva a menos crimes: mais anos de escolaridade estão relacionados a menos prisões e detenções, assim como a maiores rendimentos legais esperados (Lochner e Moretti, 2004; revisão em Lochner, 2007). Também reduz o desemprego e a dependência da assistência social, ao mesmo tempo em que melhora os comportamentos de saúde e o engajamento cívico (Oreopoulos e Salvanes, 2011). Na América Latina, trajetórias educacionais completas e as habilidades socioemocionais adquiridas na escola têm se mostrado estratégias eficazes para reduzir a violência e outros fatores de risco ao longo da vida (Chioda, 2017). Além disso, a educação contribui para a redução da pobreza e a mobilidade social intergeracional (IIEP UNESCO e GEM, 2017; Banco Mundial, 2017; Neidhöfer Serrano e Gasparini, 2018). Assim, quando o calor extremo reduz a aprendizagem ou interrompe o desenvolvimento escolar, não apenas compromete a renda futura, mas também restringe outros benefícios sociais e agrava as desigualdades e os custos a longo prazo.
- ▶ **Finalmente, o calor extremo não apenas reduz a aprendizagem no presente, mas também enfraquece a capacidade adaptativa das pessoas, criando um ciclo vicioso que perpetua os efeitos negativos.** Evidências mostram que a educação é um dos fatores mais relevantes para a adaptação: aqueles com níveis mais altos de educação planejam com mais antecedência, respondem melhor a emergências e se recuperam mais rapidamente de desastres (Muttarak e Pothisiri, 2013; Pichler e Striessnig, 2013; Van der Land e Hummel, 2013; Wamsler et al., 2012). Em contextos urbanos, em El Salvador e no Brasil, por exemplo, constatou-se que a educação formal aumenta a conscientização sobre riscos, o acesso e o uso de informações, e está associada a uma maior capacidade de implementar estratégias de redução de riscos (Wamsler et al. 2012). Além disso, a educação promove a inovação e a adoção de novas tecnologias, fatores-chave para a adaptação (Acemoglu et al., 2017; Aghion et al., 2023; Sabarwal et al., 2024). Esse efeito também é observado nas atividades produtivas: em diferentes países, níveis mais elevados de escolaridade aumentam a probabilidade de os agricultores diversificarem as culturas, ajustarem os cronogramas de plantio ou adotarem seguros agrícolas para melhor lidar com as mudanças climáticas (Deressa et al., 2009; Khan et al., 2020), favorecendo sua estabilidade no emprego e sua capacidade de garantir rendas sustentáveis. Assim, quando o calor extremo corrói a aprendizagem e interrompe as trajetórias educacionais, também reduz a capacidade de antecipar e promover soluções, o que agrava suas consequências negativas.

# Capítulo 2.

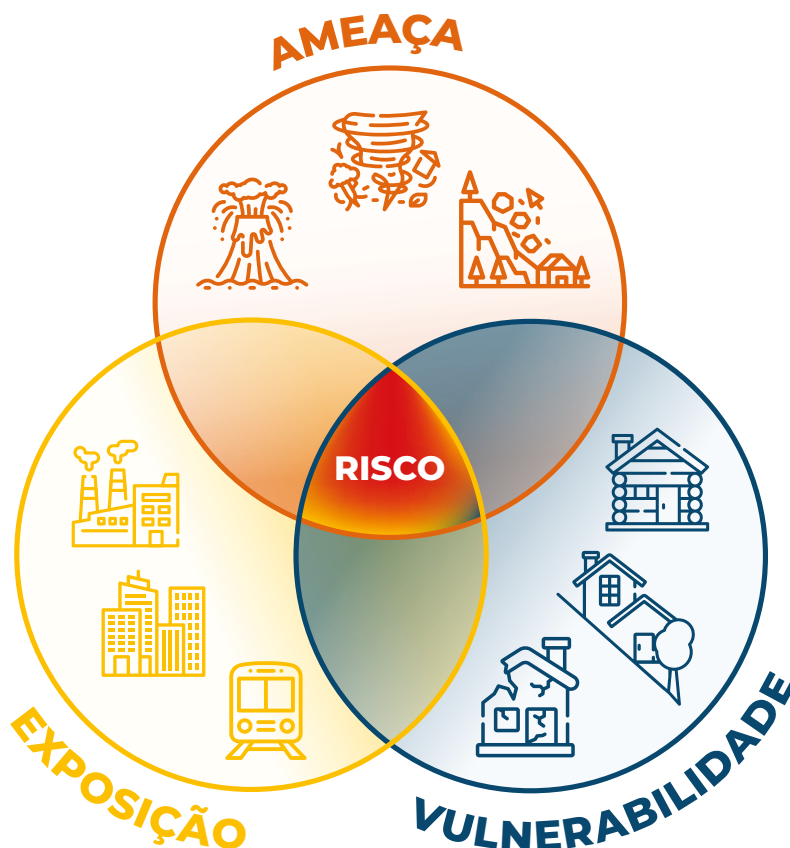
## Quais escolas na América Latina e no Caribe correm maior risco de calor extremo

- ▶ **O calor extremo já afeta a aprendizagem na América Latina e no Caribe. Para antecipar e prevenir esse problema, é necessário determinar onde há maior risco do calor interromper a aprendizagem, deteriorar a qualidade da educação ou prejudicar o desempenho acadêmico dos alunos.** De acordo com registros de temperatura dos últimos cinco anos, mais de 36% das escolas e 30% dos alunos e professores estão atualmente localizados em áreas que excedem o limite crítico de 26,7 °C por 70 a 80 dias letivos por ano. Cerca de metade desse grupo corre o risco do calor extremo afetar sua educação, pois não tem capacidade de prevenir seus efeitos na aprendizagem. Estimativas sugerem que a inação diante desse desafio já está gerando perdas econômicas significativas: a redução nos resultados de aprendizagem associada a apenas dez dias de calor por ano letivo pode resultar em perdas de US\$ 18 bilhões (PPC) anuais em renda futura do trabalho para alunos em risco, o que equivale a 0,14% do PIB de seus países.
- ▶ **Nos próximos 50 anos, as projeções climáticas indicam que essa situação pode piorar ainda mais<sup>3</sup>.** De acordo com cenários moderados, mais de 40% das escolas, 36% dos alunos e 35% dos professores enfrentarão entre 70 e 80 dias letivos por ano acima do limite crítico de 26,7 °C. Se incluirmos também neste grupo os alunos que frequentam escolas que não têm capacidade de garantir o conforto térmico em sala de aula e/ou de planejar e gerenciar métodos de ensino flexíveis, mais de 15 milhões de alunos correm o risco de perder o aprendizado ou de não concluir sua educação. As perdas econômicas decorrentes da redução da renda do trabalho desses alunos totalizariam US\$ 22 bilhões PPC anualmente, o equivalente a 0,18% do PIB desses países. Essas projeções sugerem que a magnitude atual do problema é apenas o ponto de partida: o que é crucial para a política educacional é antecipar sua evolução. Somente projetando a evolução da ameaça, exposição e vulnerabilidade é possível orientar respostas adequadas hoje para mitigar os efeitos do calor extremo nos territórios mais impactados, não apenas hoje ou amanhã, mas no longo prazo.
- ▶ **O risco de que o calor extremo afete a educação depende de três fatores: ameaça, exposição e vulnerabilidade a altas temperaturas.** No contexto de aumentos de temperatura e eventos climáticos extremos, o risco refere-se às potenciais consequências negativas para as pessoas, seus meios de subsistência e bem-estar, bem como para a infraestrutura e os serviços essenciais. Esse risco surge da interação entre o perigo — que, neste caso, é a frequência e a intensidade das ondas de calor, a exposição de sistemas ou populações a esse perigo — neste caso, alunos, professores e escolas localizadas em áreas ameaçadas — e a vulnerabilidade, entendida como características que afetam a capacidade de resposta e recuperação dos impactos do perigo — neste caso, fatores

<sup>3</sup> As estimativas apresentadas neste capítulo vêm de Páez et al (2025, a ser publicado).

como as condições físicas das escolas e a capacidade de planejar e ajustar processos, horários e modalidades de ensino para reduzir a exposição ao calor extremo e garantir a continuidade da aprendizagem (IPCC, 2020; Barandiarán et al., 2019; Pal et al., 2023) (ver Figura 2.1).

**Figura 2.1. Composição de risco**



*Fonte: Barandiarán et al. 2019.*

- ▶ **Zonas de risco são, portanto, territórios onde convergem altos níveis de ameaça devido ao calor extremo, à grande concentração de população escolar vulnerável e a condições que limitam a capacidade de adaptação.** Essa combinação aumenta a probabilidade do calor interromper a aprendizagem, prejudicar sua qualidade ou comprometer os resultados educacionais dos alunos. Por esse motivo, as zonas de risco exigem uma resposta prioritária, permitindo que as estratégias de adaptação dos serviços educacionais sejam direcionadas e que os esforços sejam concentrados onde as consequências do calor extremo na educação podem ser mais graves.

# Zonas de risco de calor extremo para a educação na América Latina e no Caribe

## A ameaça do calor extremo na América Latina e no Caribe

- ▶ **A análise de risco de calor extremo concentra-se na identificação dos territórios que enfrentarão ondas de calor mais severas.** O primeiro passo foi contabilizar períodos de três ou mais dias consecutivos, ao longo do calendário escolar, em que as temperaturas excederam excepcionalmente os valores históricos de cada território. Com base nessas informações e, para identificar as áreas que experimentarão as condições térmicas mais severas e prolongadas, os níveis de risco foram classificados de acordo com a intensidade, duração e frequência das ondas de calor. A Tabela 2.1 resume essas características, incluindo o número de ondas de calor, o total de dias afetados por ano letivo e as temperaturas médias e máximas registradas. Essas dimensões são relevantes porque a exposição sustentada e cumulativa intensifica os efeitos negativos do calor extremo sobre os resultados educacionais. A compreensão dessas diferenças permite orientar estratégias de adaptação para cada território. Territórios classificados nas categorias de ameaça alta ou muito alta apresentam temperaturas médias acima do limite crítico de 26,7 °C, acima do qual foram documentados efeitos negativos na aprendizagem (Park et al., 2021), e são o foco da análise.

**Tabela 2.1. Características das ondas de calor de acordo com o nível de ameaça**

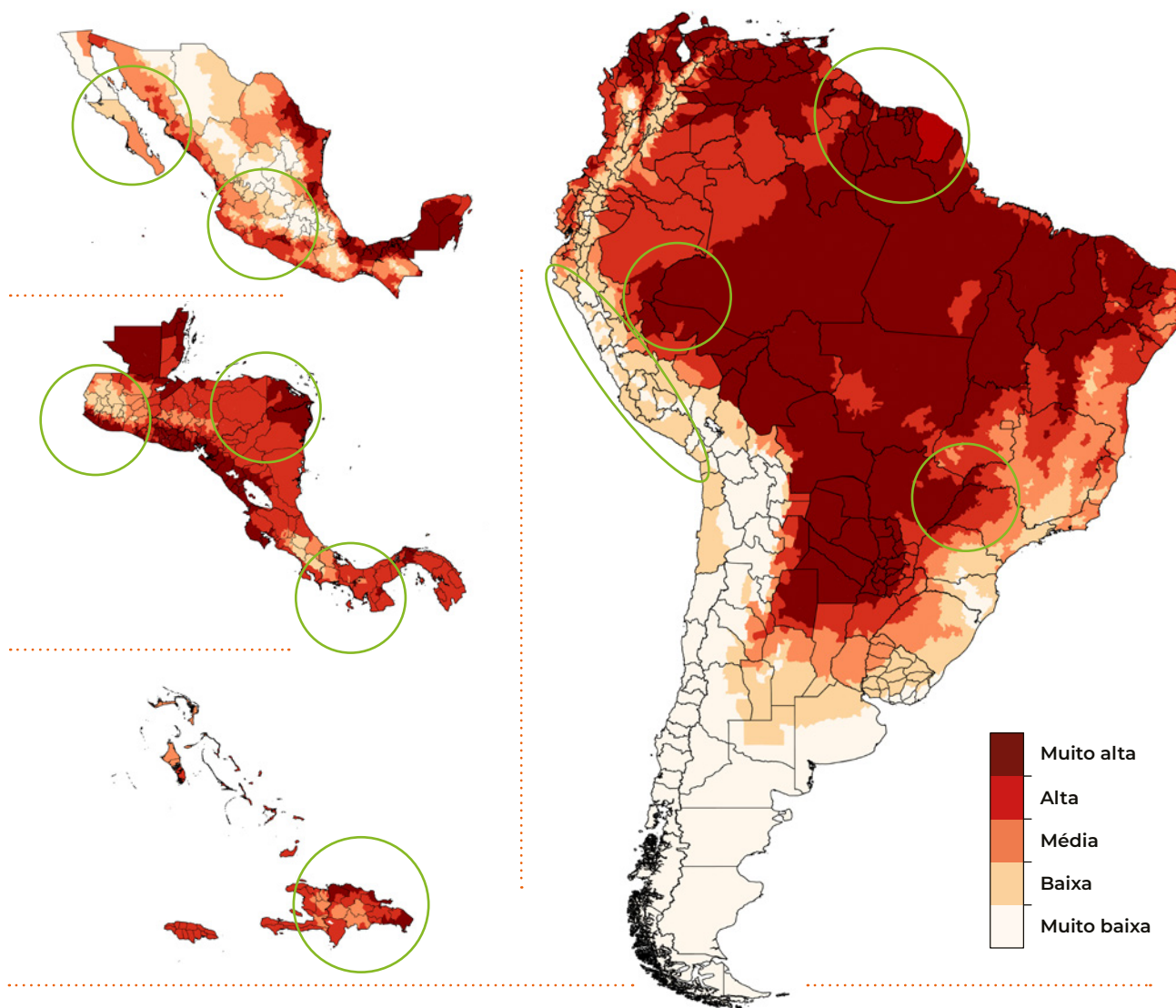
Nível de ameaça	Número de ondas de calor em média por ano escolar	Temperatura média	Temperatura máxima	Duração média (dias)	Dias escolares afetados em média
Muito alta	14	> 28,5 °C	43,5 °C	10	80
Alta	13	26,7–28,5 °C	42,5 °C	10	70
Média	13	24,4–26,7 °C	42,5 °C	8	70
Baixa	12	22,0–24,4 °C	39,5 °C	8	64
Muito baixa	11	≤ 22,0 °C	38,5 °C	7	60

*Fonte: Preparado pelos autores com base em projeções de calor extremo no cenário SSP3-7.0 (2026–2075).*

- ▶ **A análise utilizou dois horizontes temporais para refletir tanto a situação atual quanto a evolução futura da ameaça.** Registros de temperatura de 2020 a 2025 foram utilizados para estimar a situação atual, e projeções para 2026 a 2075 foram feitas sob o cenário SSP3-7.0, que prevê um aumento sustentado das temperaturas, a meio caminho entre os cenários mais otimistas e mais pessimistas. O horizonte de 50 anos foi escolhido por coincidir com a vida útil da infraestrutura escolar e com a duração típica dos investimentos educacionais, garantindo que as decisões tomadas hoje permaneçam relevantes no futuro.

► **Registros atuais confirmam que o calor extremo é um desafio hoje e se intensificará nas próximas décadas.** Em grande parte da América Latina e do Caribe, a ameaça do calor extremo atingirá níveis que podem impactar severamente os resultados educacionais (Figura 2.2). Nos próximos 50 anos, a América Central, o Caribe, a Colômbia, a Venezuela e o norte do Brasil apresentarão o maior número de municípios com altos níveis de risco. Em contraste, as regiões andinas altas e as regiões temperadas do Cone Sul — como o centro-sul da Argentina, do Chile e do Uruguai — apresentarão níveis de risco baixos ou muito baixos. Mesmo em territórios com níveis de risco médios ou baixos, algumas ondas de calor podem exceder o limite crítico de 26,7 °C e gerar condições adversas ao ensino e à aprendizagem. Em comparação com os níveis de risco atuais, em países como Brasil, Colômbia, Guatemala, Jamaica, México e Panamá, espera-se um aumento no número de áreas consideradas com níveis de risco altos ou muito altos, conforme destacado nos círculos na figura. Em outros países, como Belize, Barbados, Guiana, El Salvador, Suriname e Paraguai, praticamente todo o território já apresenta condições severas que persistirão no futuro.

**Figura 2.2. Mapa da ameaça do calor extremo (ondas de calor) para os sistemas educacionais na América Latina e no Caribe sob o cenário SSP3-7.0 para o período 2026-2075**



**Nota:** As áreas destacadas com círculos são aquelas com os maiores aumentos de ameaça em comparação com a situação atual.

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em projeções de temperatura no cenário SSP3-7.0 (2026–2075).

- ▶ **Embora territórios sob ameaça alta ou muito alta compartilhem valores médios semelhantes, há variações significativas nos padrões de ameaça em cada um deles.** No norte da Argentina, em áreas com níveis de ameaça muito altos, estima-se que as ondas de calor sejam curtas (três dias em média), mas atingirão temperaturas médias de 29,7 °C e máximas de até 43,5 °C em dezembro, aumentando a probabilidade de coincidirem com provas ou avaliações finais. Em contraste, em áreas de ameaça muito alta na Amazônia brasileira, as ondas de calor terão temperaturas médias semelhantes e máximas ligeiramente mais baixas (41,5 °C), mas durarão mais — até 10 dias. Essas diferenças evidenciam que, mesmo na mesma categoria de ameaça, o calor extremo não se manifesta de forma uniforme. Daí a importância de dados desagregados e de estudos locais que especifiquem essas condições em cada território, para projetar intervenções que respondam às especificidades locais.

## **Exposição da educação à ameaça do calor extremo**

- ▶ **A exposição mede quantos atores e espaços do sistema educacional estão localizados em territórios ameaçados por eventos de calor extremo.** Dados climáticos — que identificam municípios com risco alto ou muito alto — foram sobrepostos a dados educacionais sobre escolas, alunos e professores. Essa abordagem nos permite avaliar a magnitude do desafio: quantas escolas e quantos indivíduos podem enfrentar condições térmicas adversas ao longo do ano letivo e onde os riscos estão concentrados. As informações<sup>4</sup> incluíram a localização de escolas de educação infantil, de ensino fundamental e de ensino médio, bem como o número de matrículas de alunos e professores, consolidadas em nível municipal. Embora a cobertura esteja disponível na maioria dos países, lacunas nas informações persistem para alguns territórios, portanto, os resultados devem ser interpretados como estimativas mínimas da exposição real ao calor extremo.
- ▶ **Uma parcela significativa dos sistemas educacionais já está exposta ao calor extremo, uma situação que tende a se agravar nas próximas décadas.** De acordo com as temperaturas registradas nos últimos cinco anos (2020-2025), quase 300.000 escolas (36%), 27 milhões de alunos (30%) e mais de um milhão de professores (30%) estão localizados em territórios com níveis elevados ou muito elevados de ameaça de ondas de calor. As projeções para os próximos 50 anos indicam que essa situação se intensificará: mais de 357.000 escolas (40%), 33,6 milhões de alunos (35%) e 1,26 milhão de professores (35%) na região estão expostos a níveis elevados ou muito elevados de ameaça de calor extremo.
- ▶ **Por trás dessas médias regionais, encontram-se diferenças marcantes entre os países.** Nos próximos 50 anos, Brasil, México, Argentina e Colômbia terão o maior número de escolas, alunos e professores expostos ao calor extremo: juntos, mais de 234.000 escolas, 39 milhões de alunos e 2,9 milhões de professores (Tabela 2.2). Embora a porcentagem de escolas expostas nesses países varie de 21% (Argentina) a 59% (Brasil), a magnitude da exposição é explicada pelo grande porte de seus sistemas educacionais. Em contraste, em Belize, Barbados, Guiana, Jamaica, Paraguai, El Salvador e Suriname, 100% de suas escolas estão localizadas em áreas com nível de ameaça alto ou muito alto, o que afeta toda a infraestrutura e toda a população escolar. Esse contraste revela duas realidades distintas: enquanto os maiores países apresentam alta exposição em termos absolutos, são os países com exposição total que enfrentam um problema sistêmico que compromete todo o seu sistema educacional.

---

<sup>4</sup> Com base no banco de dados do Centro de Informações sobre Melhoria da Aprendizagem (CIMA), que compila informações dos ministérios da educação da região.

**Tabela 2.2. Exposição do sistema educacional a uma ameaça alta ou muito alta de calor extremo no cenário SSP3-7.0 para o período 2026-2075**

País	Escolas		Estudantes		Docentes	
	No	% em relação ao total de escolas do país	No	% em relação ao total de estudantes do país	No	% em relação ao total de docentes do país
<b>Argentina</b>	2.537	5%	267.310	3%	21.087	3%
<b>Barbados</b>	33	26%	10.153	26%	n.d.	n.d.
<b>Belize</b>	349	54%	48.563	53%	2.536	53%
<b>Bolívia</b>	6.748	19%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Brasil</b>	77.419	35%	7.604.380	24%	397.643	24%
<b>Colômbia</b>	21.551	23%	1.514.066	21%	62.050	21%
<b>Costa Rica</b>	1.245	15%	101.402	12%	n.d.	n.d.
<b>Ecuador</b>	4.060	12%	251.818	8%	n.d.	n.d.
<b>El Salvador</b>	3.525	33%	304.389	33%	n.d.	n.d.
<b>Guatemala</b>	7.871	21%	605.456	18%	n.d.	n.d.
<b>Guiana</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Honduras</b>	22.654	62%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Jamaica</b>	228	20%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>México</b>	29.413	15%	2.681.119	11%	109.510	11%
<b>Panamá</b>	2.522	44%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Peru</b>	4.660	6%	339.932	5%	n.d.	n.d.
<b>Paraguai</b>	4.705	27%	417.614	21%	n.d.	n.d.
<b>República Dominicana</b>	5.861	36%	996.454	34%	n.d.	n.d.
<b>Suriname</b>	155	28%	30.441	26%	2.747	26%
<b>Total</b>	195.536	23%	15.173.097	16%	595.573	17%

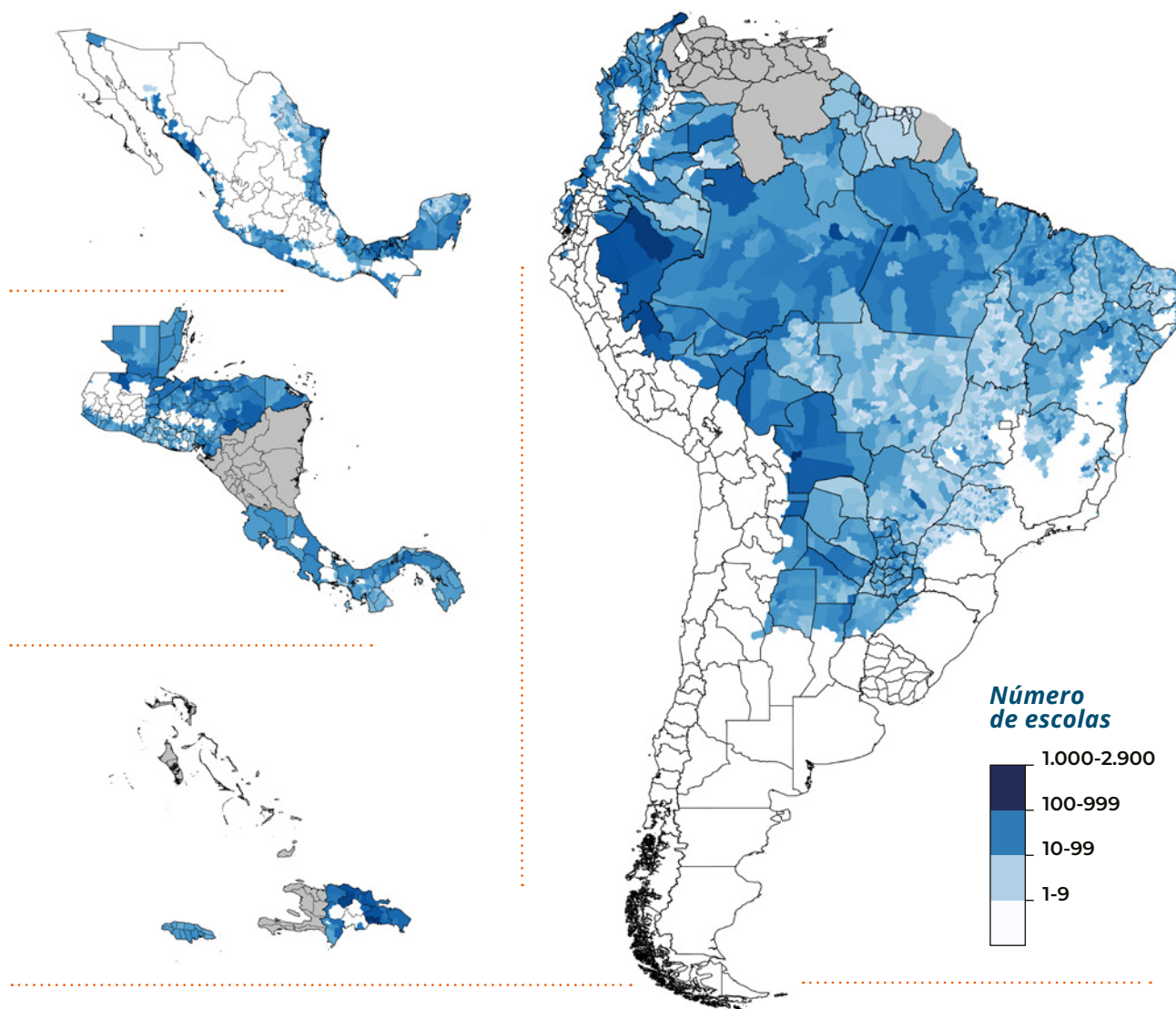
*Fonte: Elaborado pelos autores.*

► **A análise também nos permite ilustrar a concentração da exposição a riscos de calor extremo em cada país.** Na Bolívia e no Peru, a exposição é localizada: alguns municípios respondem por uma grande proporção de escolas expostas (Figura 2.3). No Peru, três municípios respondem por 43% das escolas, dois deles com mais de 1.000 escolas cada, enquanto na Bolívia, um único município, com 2.134 escolas, responde por mais de 20% das escolas expostas do país. Em Barbados, Guiana, Jamaica

6 Maynas, Alto Amazonas y Coronel Portillo en Perú y Andrés Ibáñez en Bolivia.

e República Dominicana, por outro lado, quase todo o território está exposto a riscos altos ou muito altos, e a heterogeneidade observada se deve à distribuição das escolas. Na República Dominicana, por exemplo, dois municípios, com 1.759 e 1.227 escolas, respondem por 32% das escolas expostas do país.<sup>5</sup> Em Belize, onde todas as escolas são consideradas expostas, o grau de exposição é mais uniforme entre os seis municípios do país. Por fim, em grandes países como Brasil, México e Colômbia, a exposição é dispersa: embora existam municípios com mais de 1.000 escolas expostas, o tamanho e a extensão territorial de seus sistemas educacionais impedem a formação de clusters altamente concentrados.

**Figura 2.3. Concentração de escolas localizadas em municípios com risco elevado ou muito elevado de calor extremo (ondas de calor) no cenário SSP3-7.0 para o período 2026-2075**



**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em projeções de temperatura no cenário SSP3-7.0 (2026–2075).

**Observação:** As regiões em cinza indicam exposição alta ou muito alta a ondas de calor, sem informações sobre o número de escolas.

<sup>5</sup> Maynas, Alto Amazonas e Coronel Portillo no Peru e Andrés Ibáñez na Bolívia.

- ▶ **O reconhecimento da localização e das características desses pontos críticos permite uma análise mais focada e o direcionamento preciso das medidas de adaptação.** No entanto, a exposição, por si só, não reflete o risco total, que também depende da vulnerabilidade das comunidades escolares ao calor e de sua capacidade de resposta a calor extremo. Por esse motivo, a próxima seção inclui uma análise da vulnerabilidade ao calor extremo, que permite identificar zonas de risco.

## **As áreas mais vulneráveis ao risco de calor extremo para a educação**

- ▶ **Fatores como a qualidade da infraestrutura e o acesso a serviços básicos influenciam a capacidade dos sistemas educacionais de responder a altas temperaturas.** No entanto, a maioria dos países da região carece de dados territoriais sistemáticos sobre esses fatores. Para abordar essa limitação, a taxa de pobreza municipal foi utilizada como um indicador proxy da vulnerabilidade do sistema educacional ao calor extremo, visto que evidências relacionam a pobreza local a níveis mais baixos de qualidade da infraestrutura e acesso a recursos básicos: na América Latina, 82% dos alunos de domicílios de alta renda frequentam escolas com acesso adequado a água e saneamento, enquanto 30% dos alunos dos domicílios mais pobres apresentam essas condições (Duarte et al., 2013; Duarte et al., 2017).
- ▶ **Para identificar áreas de risco, a análise incorporou a dimensão da vulnerabilidade ao calor extremo, considerando a taxa de pobreza municipal como referência.** A premissa foi que a proporção de escolas, alunos e professores vulneráveis em cada município, ou aqueles com menor capacidade de resposta, corresponde à taxa de pobreza local. Na prática, o número de escolas, alunos e professores expostos a níveis elevados ou muito elevados de calor extremo foi multiplicado por essa taxa. Por exemplo, se houver 100 escolas em um município com alta exposição e a pobreza for de 20%, estimou-se que 20 delas sejam vulneráveis. Esse procedimento permite identificar territórios em que a alta exposição ao calor coincide com a baixa capacidade de resposta, sem a necessidade de classificar cada escola individualmente. Isso fornece uma primeira aproximação territorial das áreas educacionais em risco, permitindo identificar as comunidades que mais precisam de apoio para se adaptarem.
- ▶ **Na América Latina e no Caribe, territórios onde a alta exposição coincide com a baixa capacidade de resposta constituem zonas de risco para a educação, e espera-se que sua magnitude cresça nas próximas décadas.** Atualmente, na América Latina e no Caribe, mais de 160.000 escolas (19%), mais de 12 milhões de alunos (13%) e mais de meio milhão de professores (14%) estão expostos e vulneráveis ao calor extremo. Até 2075, esses números poderão ultrapassar 195.000 escolas (23%), 15 milhões de estudantes (16%) e 590.000 professores (16%).
- ▶ **Brasil, México e Colômbia respondem por 65% das escolas e 77% dos alunos nas zonas de risco de calor extremo na região.** Para o período de 2026-2075, esses três países respondem por mais de 128.000 escolas e 11,8 milhões de alunos em territórios de risco caracterizados por nível de perigo alto ou muito alto e baixo nível de capacidade de resposta (Tabela 2.3). Essa concentração é explicada pelo tamanho de seus sistemas educacionais, que, apesar de representar apenas 11% a 35% das escolas e alunos em seus países, respondem pela maioria das escolas e alunos em risco no nível regional. Por outro lado, Honduras e Belize têm as maiores porcentagens de escolas localizadas em zonas de risco, como porcentagem do total nacional — 62% e 54%, respectivamente —, devido à combinação de alta exposição e elevados níveis de vulnerabilidade. No entanto, eles não representam uma porcentagem muito alta no nível regional. Esse contraste revela perfis de risco distintos: países maiores concentram mais atores educacionais em risco, em termos absolutos, em um número limitado de municípios, enquanto países menores apresentam uma grande proporção de seus municípios em alto risco, comprometendo grande parte de seu sistema educacional.

**Tabela 2.3. Número total de escolas, alunos e professores expostos a uma ameaça alta ou muito alta de calor extremo (ondas de calor) e com baixa capacidade de adaptação ao calor extremo no cenário SSP3-7.0 para o período de 2026-2075**

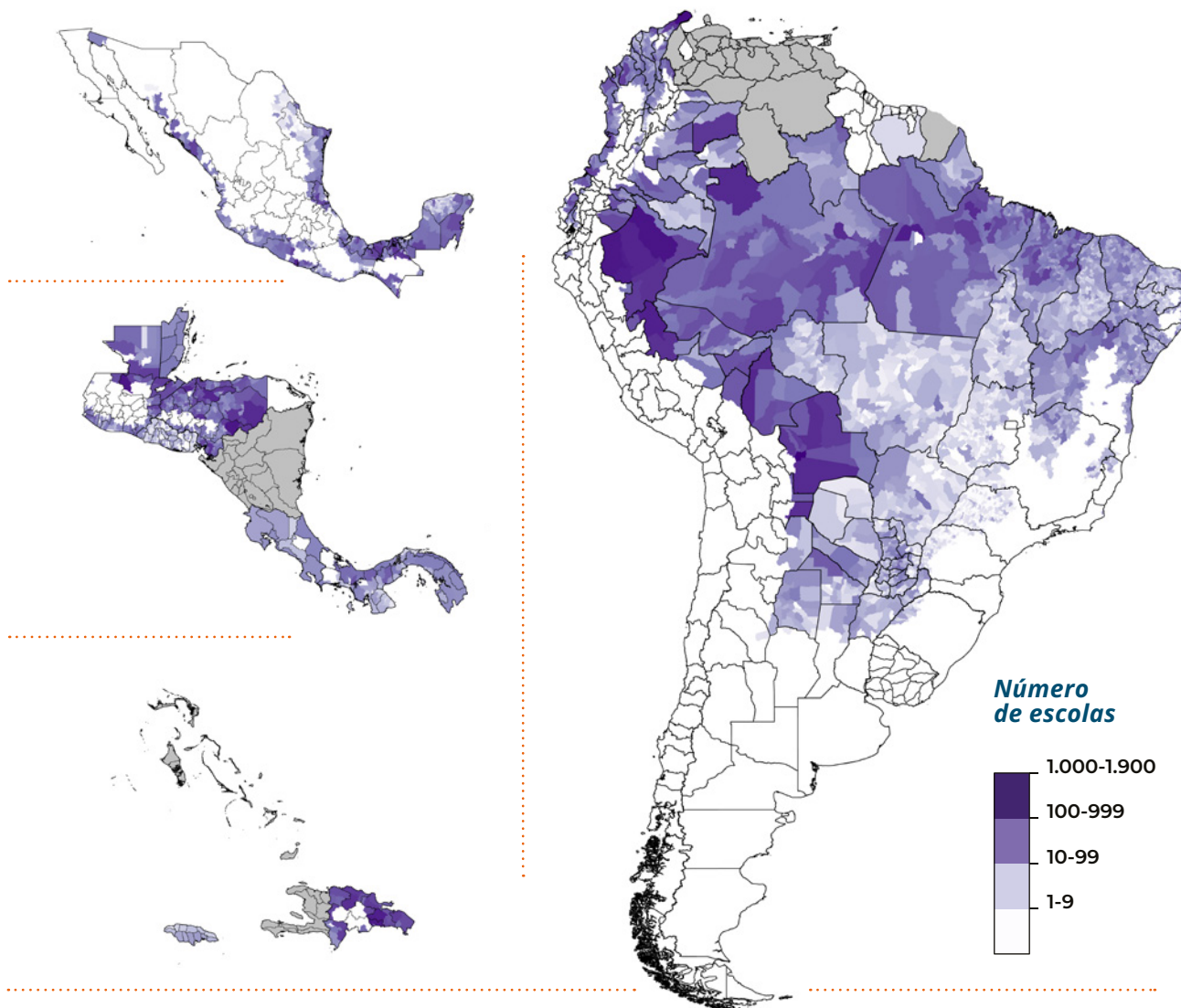
País	Escolas		Estudantes		Docentes	
	No	% em relação ao total de escolas do país	No	% em relação ao total de estudantes do país	No	% em relação ao total de docentes do país
<b>Argentina</b>	2.537	5%	267.310	3%	21.087	3%
<b>Barbados</b>	33	26%	10.153	26%	n.d	n.d
<b>Belize</b>	349	54%	48.563	53%	2.536	53%
<b>Bolívia</b>	6.748	19%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Brasil</b>	77.419	35%	7.604.380	24%	397.643	24%
<b>Colômbia</b>	21.551	23%	1.514.066	21%	62.050	21%
<b>Costa Rica</b>	1.245	15%	101.402	12%	n.d.	n.d.
<b>Equador</b>	4.060	12%	251.818	8%	n.d.	n.d.
<b>El Salvador</b>	3.525	33%	304.389	33%	n.d.	n.d.
<b>Guatemala</b>	7.871	21%	605.456	18%	n.d.	n.d.
<b>Guiana</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Honduras</b>	22.654	62%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Jamaica</b>	228	20%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>México</b>	29.413	15%	2.681.119	11%	109.510	11%
<b>Panamá</b>	2.522	44%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Peru</b>	4.660	6%	339.932	5%	n.d.	n.d.
<b>Paraguai</b>	4.705	27%	417.614	21%	n.d.	n.d.
<b>República Dominicana</b>	5.861	36%	996.454	34%	n.d.	n.d.
<b>Suriname</b>	155	28%	30.441	26%	2.747	26%
<b>Total</b>	195.536	23%	15.173.097	16%	595.573	17%

Fonte: Elaborado pelos autores.

► **As zonas de risco apresentam padrões semelhantes aos de exposição a uma ameaça alta ou muito alta, embora com diferenças na magnitude e na proporção.** Em termos absolutos, os dez municípios com maior número de escolas expostas e menor capacidade adaptativa estão localizados na Bolívia (1), Colômbia (1), Peru (3), Guatemala (1), Honduras (1), República Dominicana (2) e Brasil (1) (Figura 2.4). Em relação ao número total de escolas expostas e vulneráveis em seus países, 17 municípios concentram mais de 10% do total de escolas em zonas de risco: seis municípios em Belize (100% do total nacional); cinco no Peru (62%); quatro na Jamaica (49%); e um na Bolívia (16%) e na República Dominicana (10%). Essa coincidência reforça a existência de perfis de risco distintos, destacando a

importância de priorizar intervenções nessas zonas e de adaptar as respostas às características de risco de cada país e território.

**Figura 2.4. Concentração de escolas localizadas em municípios com alto ou muito alto nível de ameaça (ondas de calor) e com baixa capacidade adaptativa ao calor extremo no cenário SSP3-7.0 para o período 2026-2075**

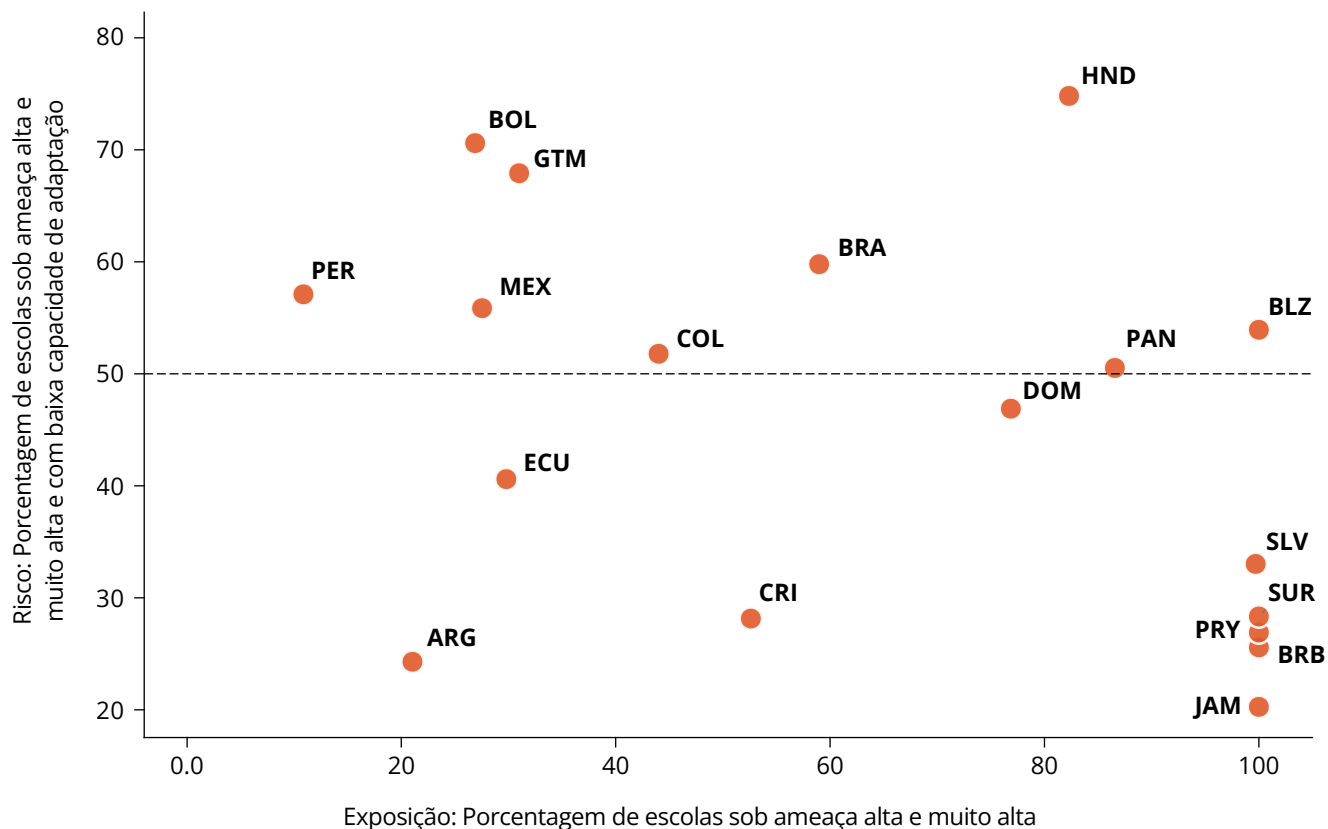


**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em projeções de temperatura no cenário SSP3-7.0 (2026–2075).

**Observação:** As regiões em cinza indicam exposição alta ou muito alta a ondas de calor, sem informações sobre o número de escolas.

► **Em resumo, os perfis de risco educacional de cada país em relação ao calor extremo dependem da exposição e da capacidade adaptativa.** Países como Belize, Brasil e Honduras refletem o cenário mais crítico, com mais da metade das escolas apresentando alta exposição e alto risco (maior exposição e baixa capacidade adaptativa) (Figura 2.5). Enquanto isso, países como Barbados, Jamaica, Paraguai, El Salvador e Suriname apresentam alta exposição, mas menor risco devido à sua maior capacidade adaptativa, estimada neste estudo pelo nível de pobreza dos municípios expostos ao calor extremo. Por outro lado, há países com menor exposição, mas maior capacidade adaptativa, como o Peru e a Bolívia. Finalmente, países como Argentina e Equador apresentam baixa exposição e alta capacidade adaptativa, portanto, o risco potencial é menor e localizado.

**Figura 2.5. Risco e exposição: porcentagem de escolas sob ameaça de calor extremo alta e muito alta, em comparação com a porcentagem dessas escolas em risco no período de 2026 a 2075**



*Fonte:* Elaborado pelos autores com base em projeções de temperatura no cenário SSP3-7.0 (2026–2075) e na taxa de pobreza de cada país.

- ▶ **Os mapas apresentados fornecem uma base sólida para a priorização de intervenções.** O próximo passo é levar essa análise aos níveis nacional e subnacional, incorporando dados específicos sobre risco, exposição e capacidade de resposta das comunidades educacionais. Com essas evidências, os países poderão elaborar medidas relevantes, econômicas e sustentáveis para proteger a aprendizagem e a continuidade escolar diante do aumento das temperaturas extremas.

## O custo econômico da inação

- Embora apenas uma fração das escolas e dos alunos da região esteja exposta e vulnerável aos efeitos do calor extremo, as consequências da inação podem gerar custos significativos. Evidências internacionais mostram que cada dia adicional com temperaturas acima de 26,7 °C reduz, em média, o aprendizado em 1% (Park et al., 2021). Se considerarmos, por exemplo, um cenário de dez dias de calor extremo por ano letivo, os alunos expostos perderiam cerca de 1,2 anos de aprendizado ao longo de sua carreira escolar, com uma queda estimada de 11% na renda futura do trabalho (Psacharopoulos e Patrinos, 2018). Com base nessas premissas, as perdas futuras de renda foram estimadas para cada país, combinando dados sobre exposição, retornos econômicos da educação e salários médios (ver Tabela 2.4). Os resultados sugerem que a inação já representa perdas de quase US\$ 19 bilhões PPC atualmente hoje, e que até 2075 elas podem exceder US\$ 22 bilhões PPC anualmente. Esses valores ilustram o alto custo da inação e reforçam a necessidade de investir agora em medidas de resiliência educacional contra o calor extremo.

**Tabela 2.4. Perda estimada de renda anual devido à redução da aprendizagem de alunos expostos e vulneráveis a 10 dias de calor extremo: situação atual e 2026-2075 (US\$ PPC)**

País	Retorno por ano escolar	Salário médio em US\$ PPC anual	Situação atual		2026-2075	
				Perda anual de renda de todos os estudantes expostos vulneráveis	Nº de estudantes expostos vulneráveis	Perda anual de renda anual de todos os estudantes expostos vulneráveis
<b>Argentina</b>	11%	13260	252.554	442.050.317	267.310	467.878.039
<b>Belize</b>	9%	6060	48.563	31.783.512	48.563	31.783.512
<b>Brasil</b>	15,70%	9876	6.935.083	12.903.681.737	7.604.380	14.149.001.436
<b>Barbados</b>	9%	6060	10.153	6.644.935	10.153	6.644.935
<b>Colômbia</b>	11,30%	8496	1.261.680	1.453.528.033	1.514.066	1.744.291.242
<b>Costa Rica</b>	8,50%	11604	101.402	120.020.218	101.402	120.020.218
<b>Equador</b>	6,50%	7716	111.171	66.908.044	251.818	151.556.160
<b>El Salvador</b>	7,60%	6576	295.659	177.315.927	304.389	182.551.580
<b>Guatemala</b>	11,20%	6060	319.244	260.012.745	605.456	493.122.116
<b>México</b>	13,20%	7860	1.963.056	2.444.051.833	2.681.119	3.338.057.502
<b>Peru</b>	10,70%	6060	325.766	253.479.828	339.932	264.502.449
<b>Paraguai</b>	11,60%	8208	417.614	477.146.379	417.614	477.146.379
<b>R. Dominicana</b>	9%	7284	400.167	314.800.174	996.454	783.882.461
<b>Suriname</b>	9%	6060	30.441	19.923.026	30.441	19.923.026

*Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de Park et al. (2021), Psacharopoulos e Patrinos (2018) e CEDLAS (2022), onde os valores faltantes foram imputados com o menor valor disponível na amostra.*

## SEÇÃO II.

# Aumentar a resiliência da educação ao calor extremo

- ▶ **Uma vez identificado o risco que o calor extremo representa para a aprendizagem, é necessário definir ações para reduzi-lo.** Esta seção reúne as principais linhas de ação que os sistemas educacionais podem adotar para proteger alunos e professores, garantir a continuidade das aulas e minimizar as perdas de aprendizagem diante das altas temperaturas.
- ▶ **Existem duas linhas de intervenção distintas, porém complementares, para fortalecer a resiliência dos serviços educacionais ao calor extremo: a infraestrutura escolar, que garanta condições térmicas adequadas para a aprendizagem, e os serviços educacionais, que se adaptem às condições ambientais.** Uma infraestrutura resiliente ajuda a manter as escolas abertas e a reduzir a evasão, melhora as condições de trabalho dos professores e proporciona aos alunos ambientes seguros que facilitam a aprendizagem. Serviços educacionais adaptativos complementam esse esforço: o estabelecimento de calendários escolares flexíveis reduz a exposição ao calor extremo nos momentos mais críticos, e o ensino à distância garante a continuidade da aprendizagem quando condições extremas impedem o comparecimento presencial. Ambas as áreas de intervenção exigem planejamento com base em dados empíricos sobre o clima, a exposição e a vulnerabilidade. Juntas, essas medidas constituem uma estratégia abrangente para a resiliência do sistema educacional, combinando medidas de curto prazo com investimentos sustentáveis de longo prazo.



# Capítulo 3.

## Como a infraestrutura escolar fortalece a resiliência ao calor extremo

- ▶ **Para manter as escolas abertas e garantir condições adequadas de ensino e aprendizagem nas salas de aula durante períodos de temperaturas extremas, a primeira linha de defesa é uma infraestrutura escolar resiliente.** Prédios escolares planejados, projetados, construídos e operados intencionalmente para lidar com os efeitos das altas temperaturas garantem o conforto térmico nas salas de aula e a continuidade do aprendizado mesmo durante ondas de calor (Fischel et al., 2023). O projeto arquitetônico e os equipamentos devem ser adequados para lidar com o calor, e os serviços básicos, como água e eletricidade, devem ser confiáveis e de qualidade para manter os serviços educacionais funcionando com segurança.

## Estratégias de infraestrutura escolar que geram conforto térmico na sala de aula

- ▶ **Existem dois tipos de estratégias de construção que podem reduzir as temperaturas da sala de aula. As estratégias passivas visam garantir o conforto térmico na sala de aula por meio de um projeto que considere as características do ambiente e reduza o consumo de energia durante as atividades escolares.** Em edifícios novos, as estratégias passivas buscam priorizar áreas com maior cobertura vegetal, orientar adequadamente o edifício para reduzir a exposição direta ao sol, promover a ventilação cruzada natural por meio de aberturas nos telhados e paredes, incorporar tetos altos que permitam o acúmulo de ar quente acima e usar materiais com boa regulação de temperatura, como concreto, adobe ou blocos de argila. Tanto em edifícios pré-existentes quanto em novos, uma série de medidas passivas adicionais podem ser adicionadas, como a instalação de proteção solar nas fachadas (por meio de beirais ou quebra-sóis), o uso de tintas térmicas, o isolamento térmico de telhados e paredes, a instalação de películas de baixa emissividade (vidros coloridos), o projeto de pátios com vegetação que forneça sombra natural e a construção de telhados ou paredes verdes. Além de reduzir a temperatura das salas de aula, a adição de árvores e paisagismo ajuda a reduzir a ilha de calor urbana, que eleva as temperaturas nas cidades em comparação com o ambiente natural (Talbot-Wright e Vogt-Schilb, 2023). Como muitas escolas estão localizadas em áreas urbanas, essas medidas geram benefícios diretos para as comunidades educacionais.
- ▶ **Estratégias ativas incorporam equipamentos e tecnologias de diferentes níveis de consumo de energia para complementar as estratégias passivas e gerar conforto térmico em climas mais quentes.** Estratégias ativas incluem o uso de ventiladores, exaustores que expõem o ar quente do interior para o exterior, persianas motorizadas, bombas de calor que transferem calor para o exterior, chaminés solares que aproveitam a ascensão natural do ar quente para extração, poços

canadenses que usam a temperatura do subsolo para resfriar o ar externo, sistemas radiantes que distribuem água gelada por meio de tubulações dentro do edifício e sistemas de ar condicionado eficientes. Embora todas essas estratégias envolvam consumo adicional de energia, especialmente no caso do ar-condicionado, são necessárias e eficazes para gerar conforto térmico em salas de aula localizadas em áreas com calor extremo, sempre em combinação com estratégias passivas. Para minimizar o consumo de energia, podem ser complementados por fontes de energia renováveis, como painéis solares, o que reduz seu impacto ambiental, especialmente em contextos onde a rede elétrica não é totalmente limpa. Além disso, o uso de energia fotovoltaica pode fornecer à escola uma fonte de energia constante diante de outras ameaças climáticas, como furacões, aumentando, assim, a resiliência do serviço educacional.

- ▶ **Garantir a eficácia dessas estratégias de conforto térmico requer manutenção regular e treinamento da comunidade educacional no seu uso.** O treinamento para todos os usuários (alunos, professores e profissionais da educação) e para os operadores de infraestrutura deve ser considerado para estender a vida útil do edifício e otimizar os custos operacionais. Esse treinamento inclui campanhas de conscientização que promovam comportamentos sustentáveis – como fechar janelas ao usar o ar condicionado ou abri-las para ventilação cruzada – bem como o desenvolvimento e a disseminação de manuais de usuário e operação. Além disso, a medição regular do consumo de energia e do conforto ambiental, juntamente com a manutenção preventiva e corretiva, garante a continuidade do serviço e prolonga a vida útil das soluções instaladas.

## Exemplos de estratégias para adaptação da infraestrutura escolar ao calor na América Latina e no Caribe

### Telhados verdes e design bioclimático no México

A Escola Secundária UMA adota um projeto bioclimático que regula a temperatura interna por meio do uso de telhados verdes cobertos com vegetação. Suas instalações também incluem materiais sustentáveis – blocos de terra compactada e madeira –, sistemas de coleta e tratamento de água e geração de energia solar, o que reforça sua resiliência ao calor extremo. Este prédio escolar foi premiado no concurso *Mentes en Verde*, organizado pelo BID e Socialab, como um dos programas mais inovadores em resiliência e sustentabilidade da região.



Fonte: [Prepa UMA, website oficial.](https://www.prepauma.com.mx/)

### Ventilação natural usando chaminés solares na Colômbia

O Jardim de Infância Timayui e La Paz apresenta um projeto bioclimático que reduz a temperatura interna entre 6 e 10 °C durante as horas mais quentes, graças a sistemas de ventilação cruzada e claraboias que funcionam como chaminés solares. Essa estratégia eliminou a necessidade de ar-condicionado em um contexto de altas temperaturas e recursos limitados. O projeto foi destacado em um catálogo do BID como uma das experiências de infraestrutura escolar mais inovadoras da América Latina e do Caribe por sua capacidade de gerar condições sustentáveis de conforto térmico.



**Fonte:** Bos, Schwartz e Licheri (2018) e Huellas de Arquitectura (2013)

### Jardins verticais em Belize

A STEAM Lab School, em Belize, conta com um sistema de jardim vertical em sua fachada, que atua como um isolante natural e regula a temperatura interna. Essa estratégia reduz a exposição direta à luz solar em ambientes com temperaturas superiores a 30 °C, contribuindo assim para o conforto térmico e a sustentabilidade do edifício. A escola foi financiada por meio de um empréstimo do BID.



**Fonte:** BID.

## Eficácia, custo e impacto ambiental das estratégias

- ▶ **Ao selecionar as estratégias de conforto térmico mais adequadas, é importante considerar a zona climática da escola, priorizar medidas passivas e buscar reduzir os custos econômicos e ambientais ao máximo.** O ponto de partida é analisar o clima local e a exposição térmica de cada instituição de ensino, a fim de determinar a eficácia das estratégias de redução da temperatura da sala de aula. É importante, primeiramente, integrar medidas passivas que melhorem a funcionalidade e o conforto do edifício, sem consumir energia. Essas medidas podem até manter as temperaturas internas abaixo da temperatura externa, embora não tão eficazmente quanto as estratégias ativas. Se as condições climáticas não reduzirem a temperatura da sala de aula, as estratégias passivas devem ser complementadas por estratégias ativas, buscando sempre minimizar o consumo de energia e seus impactos ambientais.
- ▶ **A eficácia das diferentes estratégias de redução de temperatura varia significativamente.** As estratégias passivas alcançam reduções de até 9°C, enquanto as estratégias ativas permitem reduções muito maiores, de até 20°C (Tabela 3.1, coluna 1). Exemplos empíricos ilustram essa diversidade de resultados: no Texas, a sombra das árvores reduziu a temperatura máxima diária de 45,1°C para 39,7°C em um pátio escolar (Lanza et al. 2021); e na Costa Rica, o uso de ar condicionado reduziu a temperatura das salas de aula de 30°C para 25°C, melhorando o desempenho cognitivo dos alunos, especialmente aqueles com menor desempenho acadêmico (Porrás-Salazar et al. 2018). A eficácia dessas medidas foi documentada em diferentes cenários e zonas climáticas, portanto, qualquer comparação entre ambientes específicos deve ser vista com cautela. Mesmo assim, as evidências apresentadas fornecem uma referência útil para seu potencial de redução térmica. Também é importante considerar que os efeitos dessas estratégias se complementam (por exemplo, tanto o isolamento quanto a tinta térmica atuam nas temperaturas do telhado ou do sótão), o que significa que sua eficácia térmica combinada pode ser maior do que a de cada medida aplicada separadamente.
- ▶ **O investimento inicial, os custos de manutenção e operação e o impacto ambiental dessas estratégias também variam muito.** As estratégias passivas se destacam por seu baixo custo e mínimo impacto ambiental (Tabela 3.1). No caso de novas construções, medidas como orientação do edifício, ventilação natural, pé-direito alto ou o uso de materiais adequados não geram custos adicionais e melhoram significativamente o conforto térmico. Em edifícios existentes, outras opções, como fachadas com proteção solar, tintas térmicas ou vegetação, também são acessíveis e ambientalmente benéficas. No outro extremo, estratégias ativas – como condicionadores de ar, bombas de calor ou extratores mecânicos – permitem maior controle da temperatura, mas com maiores investimentos iniciais e custos operacionais e de manutenção. Elas também têm um impacto ambiental maior, mesmo quando combinadas com painéis solares, devido aos efeitos adversos que geram além do consumo de energia (por exemplo, calor residual ou uso de gases refrigerantes).

**Tabela 3.1. Eficácia e custos económicos e ambientais relativos das estratégias de adaptação da infraestrutura escolar ao calor extremo**

	Diminuição da temperatura (°C)	Investimento inicial (\$)	Necessidade / Custo energético (\$)	Impacto ambiental
<b>Estratégias passivas – construções novas</b>				
Orientação adequada do edifício	2-3	Sem custo	Sem custo	Sem impacto
Ventilação natural	5-6	Sem custo	Sem custo	Sem impacto
Materiais estruturais com boa regulação de temperatura	4-9	Sem custo	Sem custo	Sem impacto
Altura dos tetos	1-5	Baixo	Sem custo	Sem impacto
<b>Estratégias passivas - construções novas e existentes</b>				
Fachadas com proteção solar (beirais, sacadas, palas)	2-5	Baixo	Sem custo	Sem impacto
Pinturas térmicas	2-4	Baixo	Sem custo	Sem impacto
Isolamento térmico em tetos e paredes	2-3	Alto	Sem custo	Sem impacto
Vidros adaptados	2-5	Baixo	Sem custo	Sem impacto
Vegetação (pátios com árvores, sombras naturais)	1-5	Baixo	Baixo	Positivo
Tetos e fachadas verdes	2-4	Alto	Baixo	Positivo
<b>Estratégias ativas</b>				
Extratores	1-3	Baixo	Baixo	Negativo baixo
Ventiladores	2-4	Baixo	Baixo	Negativo baixo
Chaminés solares	4-5	Médio	Médio	Sem impacto
Poços provençais	1-4	Alto	Alto	Sem impacto
Sistemas radiantes	1-4	Alto	Alto	Sem impacto
Persianas motorizadas	2-3	Alto	Alto	Negativo baixo
Bombas de Calor	15-20	Alto	Alto	Negativo alto
Ar-condicionais de alta eficiência + sistemas fotovoltaicos	15-20	Alto	Alto	Negativo alto

**Nota:** Estes valores constituem uma referência comparativa para a priorização de intervenções, que devem ser sempre contextualizadas às condições climáticas e construtivas de cada estabelecimento. O impacto ambiental inclui efeitos negativos não relacionados ao consumo de energia. Em relação à eficácia do pé-direito, este é ponderado entre 20 cm e 1 metro de altura adicional.

**Fonte:** elaborado com base em estudos técnicos de eficácia térmica (Albatayneh et al., 2019; Albuja et al. 2022; Attia et al. 2022; Brambilla et al. 2018; Bunker et al. 2024; Cabezas 2013; Comminges et al. 2015; de Guzman & Barreca 2021; Giraldo 2018; Guimarães et al. 2013; Juras 2024; Lanza et al. 2021; Meili et al. 2025; Pereira et al. 2022; Porras-Salazar et al. 2018; Punyasompun et al. 2009; Rakotondramiarana 2015; Rizzo 2022; Stasi et al. 2024; Yuan et al. fabricantes de sistemas) e conhecimento especializado do BID.

- ▶ **Para garantir o conforto térmico nas salas de aula, diferentes combinações de estratégias devem ser escolhidas de acordo com as condições climáticas.** Evidências mostram que, em climas quentes e muito quentes, estratégias passivas atingem o conforto térmico nas salas de aula entre 60 e 81% do tempo de aula (entre 7h e 17h), enquanto, em climas extremamente quentes, elas o atingem apenas durante 20% do tempo de aula (Fischel et al., 2023). Durante o restante do tempo e, com mais frequência, durante episódios de calor extremo, essas medidas devem ser complementadas por estratégias ativas para manter condições adequadas de ensino e aprendizagem.
- ▶ **A resiliência dos serviços educacionais ao calor extremo também depende do acesso a serviços essenciais, como água e eletricidade.** O acesso contínuo à água potável é essencial não apenas para garantir hidratação e higiene, mas também para evitar interrupções nas atividades escolares. Serviços adequados de água e saneamento são essenciais para enfrentar ondas de calor extremas (Montenegro et al., 2024). Da mesma forma, a continuidade dos serviços educacionais durante ondas de calor exige um fornecimento confiável de energia elétrica, seja por meio da rede convencional ou de sistemas autônomos, como sistemas fotovoltaicos, que operam ventiladores, exaustores ou outros equipamentos básicos de ar condicionado. O BID desenvolveu diretrizes específicas sobre o planejamento e projeto de instalações de água e saneamento em escolas na América Latina e no Caribe, bem como sobre a implementação de sistemas fotovoltaicos em edifícios de infraestrutura social, que oferecem uma estrutura ideal para avançar nessas frentes. Elas podem ser consultadas nas seguintes publicações: [Montenegro et al. 2024](#) e [Passos et al. 2018](#).

## ***Estado das escolas da região para lidar com o calor extremo***

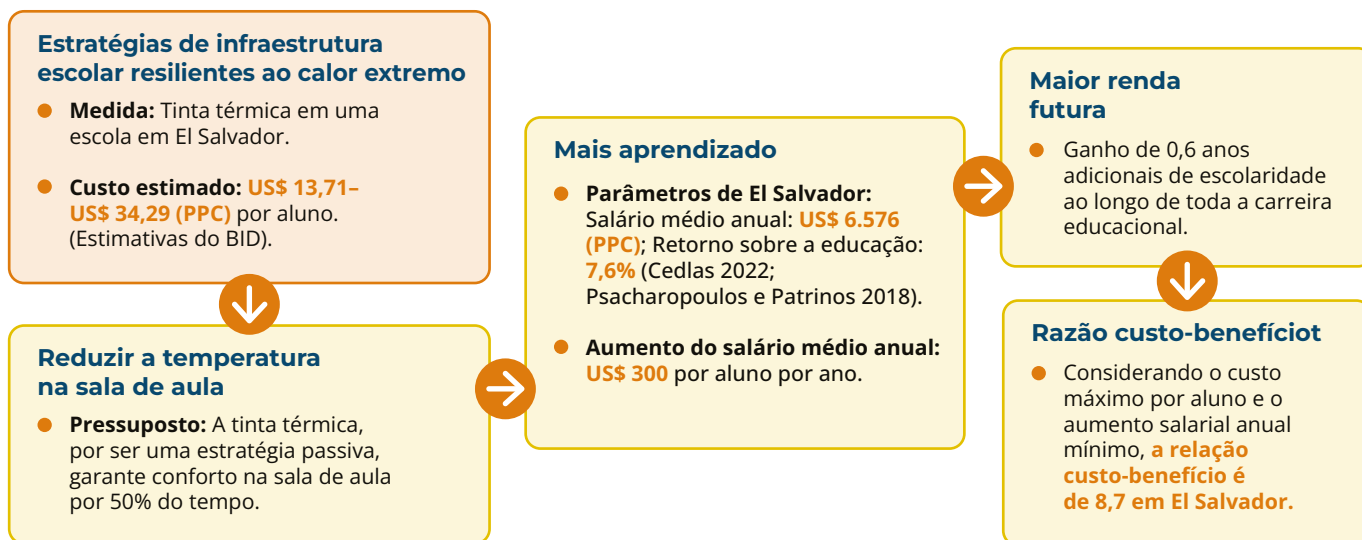
- ▶ **Na América Latina e no Caribe, não há dados sistemáticos e comparáveis que permitam uma avaliação abrangente do nível de resiliência climática das escolas, mas uma série de estudos específicos indica que uma grande proporção de centros educacionais carece de condições adequadas para o aprendizado em calor extremo.** Um estudo de 2014 do BID (San Juan et al.) apresenta uma das primeiras abordagens sistemáticas à qualidade térmica dos espaços escolares na região. A pesquisa realizou medições diretas de temperatura em salas de aula de vários países e revelou que quase 70% das salas auditadas apresentavam condições fora da faixa de conforto térmico, prejudicando a concentração, a compreensão e o bem-estar físico dos alunos. Além disso, 15% das escolas da região não têm água potável, uma porcentagem que sobe para 30% nas áreas rurais, enquanto 26% das escolas têm serviços de saneamento limitados ou inexistentes (UNICEF e OMS 2022).

## ***Retorno sobre o investimento em infraestrutura resiliente ao calor***

- ▶ **Investir em infraestrutura escolar resiliente ao calor extremo não é apenas necessário, mas também lucrativo.** Uma análise de custo-benefício conduzida no Brasil e no El Salvador revela que os benefícios econômicos da implementação de estratégias de adaptação térmica superam em muito os custos. A comparação dos custos estimados de intervenções passivas e ativas com os benefícios de salas de aula mais frias revela uma redução das taxas de evasão e um aumento dos resultados de aprendizagem, o que, por sua vez, se traduz em maiores rendas futuras. As estimativas iniciais de custo para as medidas foram obtidas por meio da coleta de dados de licitações públicas para projetos de construção de escolas, bem como por meio de entrevistas com equipes técnicas de unidades implementadoras de programas de melhoria da infraestrutura escolar nos países da amostra. É importante observar que as especificações técnicas de cada medida podem impactar os custos estimados, que os valores de mercado podem flutuar significativamente ao longo dos anos e que as tecnologias podem evoluir. Os benefícios foram calculados assumindo que essas estratégias garantem resultados de aprendizagem em dez dias adicionais de calor

extremo por ano: as estratégias ativas garantem conforto térmico e, consequentemente, a preservação da aprendizagem em 100% do tempo, enquanto as estratégias passivas o fazem apenas em 50%. De acordo com estimativas de Park et al. (2021), cada dia com temperaturas acima de 26,7 °C reduz os resultados de aprendizagem de um ano letivo em 1%, uma porcentagem que pode variar de 0,2 a 1,7%. Evitar essas perdas se traduz em maiores rendas futuras. A Figura 3.1 ilustra esse processo utilizando o exemplo de El Salvador.

**Figura 3.1. Cadeia causal da estimativa de custo-benefício e exemplo de tinta térmica em telhados de escolas em El Salvador.**



*Fonte:* Elaborado pelos autores.

- ▶ **Os resultados mostram que todas as intervenções analisadas são custo-efetivas, mesmo em cenários conservadores que associam os maiores custos aos menores benefícios.** Em El Salvador, a relação benefício/custo varia de 2 (ar-condicionado com sistema fotovoltaico) a 8,7 (tinta térmica). Ao considerar a possível variação do impacto do calor na aprendizagem, esses valores variam de 0,5 a 3,4 para ar condicionado e de 2,2 a 14,6 para tinta térmica (ver Tabela 3.2). No Brasil, análises semelhantes indicam retornos consideravelmente maiores: o ar-condicionado com sistemas fotovoltaicos apresenta uma relação benefício/custo de 6,7, com uma faixa de 1,7 a 11, enquanto a tinta térmica supera 40, com valores entre 11 e 72. Essas diferenças entre os países não se devem a diferenças na eficácia das medidas, mas sim a diferenças nos custos e em fatores estruturais, como salários médios anuais e a taxa de retorno da educação. Mas em ambos os casos, essas são intervenções econômicas que reduzem a temperatura das salas de aula e garantem o aprendizado.
- ▶ **Essas estimativas fornecem pistas gerais sobre quão custo-efetivas seriam essas estratégias, mas devem ser interpretadas com cautela.** Os custos incluem apenas o investimento inicial, não os de operação e manutenção. Em relação aos benefícios, apenas um ano adicional de renda do trabalho foi considerado, subestimando, assim, o verdadeiro impacto na vida profissional. Benefícios indiretos em saúde, produtividade ou coesão social não são contabilizados, nem são modeladas as combinações de medidas, o que provavelmente aumentaria os retornos. Além disso, cada estratégia foi avaliada isoladamente, quando na prática poderia ser implementada de forma complementar.

- **As evidências apresentadas confirmam que investir em infraestrutura escolar resiliente ao calor extremo é uma medida urgente, eficaz e econômica para garantir a continuidade da aprendizagem e a segurança de alunos e professores.** Estratégias passivas devem ser sempre priorizadas e, dependendo das condições climáticas, podem ser complementadas por soluções ativas, que exigem manutenção e treinamento dos usuários. Os resultados da análise de custo-benefício também mostram que esses investimentos geram retornos educacionais e econômicos substanciais. Ao implementar essas medidas, as escolas não só estarão mais bem preparadas para o calor extremo, mas também se tornarão ambientes de aprendizagem mais seguros, sustentáveis e propícios às gerações futuras.

**Tabela 3.2. Análise de custo/benefício de intervenções de infraestrutura escolar em El Salvador e no Brasil.**

	Estratégia de conforto térmico	Aprendizagem adicional ao longo da carreira acadêmica (anos)	Custo máximo de investimento por aluno (US\$ PPC)	Renda adicional anual mínima (US\$ PPC)	Razão B/C
<b>El Salvador</b>	Pinturas térmicas	0,6	\$34	\$ 300	8,7
	Isolamento térmico em tetos	[0,15 - 1]	\$64	[75 -500]	[2,2 - 14,6]
	Vidros adaptados	0,6	\$80	\$ 300	4,7
	Ar-condicionado + fotovoltaicos	[0,15 - 1]	\$298	[75 -500]	[1,2 - 7,8]
<b>Brasil</b>	Pinturas térmicas	0,6	\$21	\$ 300	3,7
	Isolamento térmico em tetos	[0,15 - 1]	\$53	[75 -500]	[0,9 - 6,2]
	Vidros adaptados	1,2	\$52	\$ 600	2
	Ar-condicionado + fotovoltaicos	[0,3 - 2]	\$277	[150 - 1000]	[0,5 - 3,4]

**Nota:** São considerados 10 dias adicionais de calor por ano; segundo Park et al. (2021), isso equivale a 1,2 ano perdido de escolaridade. Os intervalos de variação são estimados com base no intervalo de confiança do estimador mencionado.

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em estimativas de custo das intervenções do BID, Park et al. (2021), Psacharopoulos e Patrinos (2018) e CEDLAS (2022).

# Capítulo 4.

## Como a educação flexível pode se adaptar ao calor extremo

- ▶ **Para proteger a aprendizagem e evitar a interrupção das trajetórias educacionais, não basta melhorar a resiliência da infraestrutura escolar; é também necessário fortalecer a capacidade adaptativa dos serviços educacionais.** Portanto, é necessário garantir que os sistemas estejam preparados para ajustar seus processos de ensino, horários e modalidades, a fim de reduzir a exposição a altas temperaturas durante a prestação de serviços educacionais.
- ▶ **A implementação de serviços educacionais flexíveis no âmbito da estratégia de adaptação do sistema educacional envolve trabalhar em duas linhas de ação: calendários escolares flexíveis e modelos de ensino à distância.** Calendários escolares flexíveis permitem a reorganização do ano letivo com base nos padrões climáticos locais, reduzindo a exposição e evitando a perda de dias letivos. Embora o ensino à distância deva ser considerado apenas em situações extremas, quando o ensino presencial seja impossível por causas alheias ao serviço educacional, ele permite um certo grau de continuidade educacional.

## Flexibilização do calendário escolar para evitar os períodos mais quentes

- ▶ **Um calendário escolar flexível permite reorganizar o ano letivo e evitar que as aulas coincidam com períodos de altas temperaturas, protegendo, assim, o tempo de estudo e as condições de ensino e aprendizagem nas escolas.** Em muitos países da região, os meses mais quentes já coincidem com as férias escolares. Os problemas surgem quando ocorrem ondas de calor durante o ano letivo. Os calendários flexíveis buscam fornecer ao sistema a flexibilidade necessária para reprogramar as aulas diante de eventos de calor extremo ao longo do ano letivo, reduzindo a exposição e, assim, evitando perdas de aprendizagem. Existem diferentes estratégias de calendário flexível que podem ser aplicadas separadamente ou em combinação, dependendo dos meses, dias ou horários de maior risco de calor.

### *Modalidades flexíveis de calendário escolar*

- ▶ **Modificar o início ou o fim do ano letivo para que o mesmo — especialmente durante os períodos de maior demanda acadêmica — não coincida com os períodos mais quentes garante conforto térmico para a aprendizagem.** Em países do Hemisfério Norte, por exemplo, o ano letivo termina no início do verão, expondo os alunos a altas temperaturas nos momentos críticos das provas de

fim de ano (Comissão Europeia/EACEA/Eurydice, 2021). Nas Filipinas, o ajuste do calendário escolar, visando alinhar-se a outros sistemas acadêmicos do Sudeste Asiático, transferiu as aulas para os meses mais quentes, o que levou a maior exposição ao calor extremo, especialmente no final do ano letivo (Villafuerte et al., 2017).

- ▶ **A redistribuição dos feriados escolares de acordo com os padrões locais de temperatura também permite reduzir o número de aulas nos meses mais quentes e evitar fechamentos não planejados.** Na Holanda, calendários regionalizados já são utilizados para organizar as férias por área geográfica, um modelo que poderia ser adaptado para lidar com o calor extremo (Comissão Europeia/EACEA/Eurydice, 2021).
- ▶ **Ter dias de reserva para compensar o tempo escolar pode reduzir as perdas de aprendizagem decorrentes do fechamento das escolas em contextos onde as interrupções relacionadas ao calor são difíceis de evitar.** Nos Estados Unidos, por exemplo, dias adicionais são reservados no final do ano letivo para compensar possíveis suspensões devido à neve. Evidências mostram que o fechamento de escolas devido à neve afeta menos o desempenho acadêmico do que outras ausências não planejadas, precisamente porque o sistema escolar antecipa essas contingências e ajusta o calendário para compensar as horas letivas perdidas (Goodman, 2014). Essa estratégia poderia ser adaptada para reduzir as perdas de aprendizagem quando o fechamento de escolas devido ao calor extremo não puder ser evitado.
- ▶ **Ajustar os horários escolares é especialmente útil em contextos em que as temperaturas atingem níveis muito altos ao meio-dia.** No Sudão do Sul, por exemplo, as aulas começam às 6h e terminam às 11h durante a estação seca, evitando os horários mais quentes (EiE Hub, 2023).
- ▶ **Essas estratégias podem ser aplicadas de forma complementar.** Em Bihar, na Índia, o calendário escolar foi modificado, o horário escolar foi ajustado e as férias de verão foram reduzidas como medida compensatória pela perda de aulas devido a eventos extremos (Kagawa, 2022).

## ***Fatores relevantes para a flexibilização do calendário escolar***

- ▶ **A implementação dessas estratégias exige um planejamento cuidadoso para garantir que o sistema educacional ofereça serviços de qualidade e equitativos.** Não se trata apenas de alterar datas, mas também de garantir que as mudanças atendam às necessidades pedagógicas e operacionais do sistema. Em contextos em que o tempo letivo pode ser reduzido, é crucial priorizar o conteúdo essencial e definir estratégias realistas de recomposição, sem sobrecarregar alunos e professores. Também é essencial que os ajustes sejam compatíveis com as condições de trabalho e com a organização da equipe educacional. Além disso, quaisquer modificações devem ser coordenadas com serviços complementares, como transporte ou alimentação escolar, os quais também impactam a frequência de muitos alunos às aulas. A implementação eficaz requer comunicação clara, oportuna e bidirecional com as famílias para reduzir a incerteza e facilitar a participação delas. Por fim, é essencial monitorar os efeitos dessas medidas em termos de equidade, pois seu impacto pode variar conforme o território, o nível socioeconômico ou as condições específicas de cada comunidade.
- ▶ **Na América Latina e no Caribe, os sistemas educacionais demonstraram alguma capacidade de flexibilizar o calendário escolar, mas não há evidências de que isso tenha se tornado uma estratégia de adaptação ao calor extremo.** Em resposta às perdas de aprendizagem decorrentes da pandemia, muitos países da região modificaram o calendário acadêmico, por exemplo, estendendo o ano letivo para dedicar mais tempo ao ensino à distância (Abizanda et al., 2022). Essas experiências serviram para confirmar a existência de margem de manobra para redefinir o calendário e o horário

escolar em casos excepcionais. No entanto, não foram identificados regulamentos, protocolos ou experiências sistemáticas que adaptem o calendário de acordo com o risco de calor extremo. A falta de evidências a esse respeito não exclui a possibilidade de que experiências locais ou decisões específicas tenham sido tomadas, mas indica que as estratégias educacionais da região não levaram em consideração a relação entre o calor extremo e o planejamento do calendário escolar.

## Rentabilidade da flexibilização dos calendários escolares

- ▶ **A flexibilização do calendário escolar não apenas melhora a adaptabilidade do sistema educacional ao calor extremo, mas também pode ser rentável.** Para estimar sua viabilidade econômica, foi realizada uma análise preliminar de custo-benefício em uma de suas modalidades: a incorporação de dias de reserva planejados para compensar as aulas perdidas devido às ondas de calor. O custo adicional de adicionar oito dias ao calendário escolar em três países (Brasil, Colômbia e México) foi comparado aos benefícios que a redução da perda de tempo de aula poderia trazer aos alunos em termos de renda futura. O cenário de oito dias foi usado como referência porque coincide com a duração média estimada das ondas de calor em áreas de alta e muito alta ameaça de calor (que normalmente duram cerca de dez dias consecutivos, incluindo fins de semana). O cálculo do custo baseou-se no pagamento adicional aos professores pelos dias extras trabalhados, estimado com base em seu salário médio mensal em cada país (UNESCO, 2025). O benefício foi medido como o aumento esperado nos rendimentos futuros dos alunos, com oito dias letivos adicionais por ano ao longo de toda a sua trajetória educacional, utilizando as taxas de retorno da escolaridade (Psacharopoulos e Patrinos, 2018) e o salário médio anual em dólares americanos (ajustado pela paridade do poder de compra) de cada país (CEDLAS, 2022). Os resultados indicam que oito dias letivos adicionais por ano representam um investimento relativamente baixo em relação aos benefícios gerados (Tabela 4.1). Nesses países, o custo por aluno, considerando toda a trajetória escolar, varia entre US\$ 190 e US\$ 310. Esse investimento se traduz em mais de meio ano de aprendizado acumulado e em ganhos significativos nos rendimentos futuros dos alunos: entre US\$ 512 e US\$ 827 em apenas um ano e entre US\$ 6.900 e US\$ 11.100 ao longo de 20 anos de vida ativa (com uma taxa de juros de 5%). No geral, a análise revela que os benefícios superam em muito os custos: para cada dólar investido, os retornos são multiplicados entre 22 e 55 vezes. Essas simulações preliminares ilustram o alto potencial de uma intervenção que recuperaria dias letivos interrompidos pelo calor extremo, assumindo que o principal componente da despesa seja o corpo docente.

**Tabela 4.1. Análise de custo/benefício da flexibilização do calendário por meio de 8 dias de reserva planejados para compensar as aulas perdidas devido às ondas de calor no Brasil, Colômbia e México**

	Salário médio dos docentes (US\$ PPC)		Custo de 8 dias extra por estudante em toda a carreira acadêmica	Renda adicional por 8 dias extra de aprendizado (US\$ PPC)		Razão benefício/custo
	Mensal	Diário		Anual	20 anos	
<b>Brasil</b>	\$ 1085	\$ 54	\$ 201	\$ 827	\$ 11.133	55,3
<b>Colômbia</b>	\$ 2055	\$ 103	\$ 310	\$ 512	\$ 6.893	22,3
<b>México</b>	\$ 1341	\$ 67	\$ 190	\$ 553	\$ 7.449	39,2

**Nota:** O salário médio diário dos professores corresponde a 20 dias por mês.

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em dados da UNESCO (2025), Psacharopoulos e Patrinos (2018) e CEDLAS (2022).

## Educação a distância para manter a continuidade educacional

- ▶ **O ensino à distância pode desempenhar um papel importante na adaptação ao calor extremo, embora, dadas as suas limitações, deva ser considerado apenas como último recurso.** Mesmo com infraestrutura escolar resiliente e horários flexíveis, situações relacionadas ao calor – como falta de água ou energia ou dificuldades de transporte devido às altas temperaturas – ainda podem ocorrer, forçando o fechamento das escolas. Nesses casos, o ensino à distância pode manter a continuidade educacional, embora sua eficácia possa ser reduzida, especialmente para alunos de famílias de baixa renda, que são menos propensos a ter ar-condicionado, conectividade estável ou espaços de estudo adequados. Apesar dessas limitações, essa modalidade pode mitigar as perdas de aprendizagem, especialmente se for adequadamente planejada e organizada em períodos mais frios, reduzindo os efeitos negativos do calor sobre os alunos.
- ▶ **Outras situações de emergência demonstram que o ensino à distância, com ou sem tecnologia, permite manter a continuidade da aprendizagem.** No Brasil, um estudo em seis regiões metropolitanas constatou que, em emergências decorrentes de enchentes, os alunos que tiveram aulas virtuais complementares mantiveram seu desempenho acadêmico, enquanto as notas dos alunos que dependeram exclusivamente de aulas presenciais foram reduzidas em cerca de 33% (Santana et al., 2013). Da mesma forma, na Nova Zelândia, após os terremotos de 2011, foram documentadas experiências em que o ensino remoto e o uso de tecnologias digitais possibilitaram a restauração da continuidade educacional (Ayebi-Arthur, 2017). Essas lições demonstram que, embora a educação a distância não substitua o ensino presencial, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica, ela pode reduzir perdas quando ondas de calor impedem o funcionamento seguro das salas de aula devido a contingências externas ao sistema educacional.

### Modalidades de educação a distância

- ▶ **Existem diferentes formas de organizar a educação a distância, e sua eficácia depende de como são adaptadas às condições do território.** Essas estratégias incluem plataformas digitais de aprendizagem, aulas ao vivo por videoconferência, programas educativos de televisão e rádio, distribuição de materiais impressos, uso de aplicativos móveis, ligações telefônicas e envio de conteúdo por mensagens de texto. Durante a pandemia de COVID-19, os países recorreram a uma ampla gama de modalidades — de plataformas digitais à televisão, rádio, mídia impressa e ligações telefônicas — para sustentar a aprendizagem durante o fechamento das escolas (Tabela 4.2) (Cobo, Hawkins e Rovner, 2020; Álvarez Martinelli et al., 2020; Mateo-Berganza, 2021; Angrist et al., 2023). Essa diversidade permitiu uma cobertura ampliada, embora não em pé de igualdade para todos. No Brasil, por exemplo, dados de 2020 revelam que 40% dos municípios não ofereciam ensino a distância e que 18% dos alunos não frequentavam aulas remotas. A maioria desses estudantes residia em municípios de baixo nível socioeconômico (Arias Ortiz et al., 2021).

**Tabela 4.2. Medidas adotadas para garantir a continuidade educacional durante o fechamento das escolas devido à pandemia de COVID-19.**

	ARGENTINA	BAHAMAS	BARBADOS	BELIZE	BOLÍVIA	BRASIL	CHILE	COLÔMBIA	COSTA RICA	EL SALVADOR	EQUADOR	GUATEMALA	GUYANA	HAITI	HONDURAS	JAMAICA	MÉXICO	NICARÁGUA	PANAMÁ	PARAGUAI	PERU	REPÚBLICA DOMINICANA	SURINAME	TRINIDAD E TOBAGO	URUGUAI	VENEZUELA
<b>PLATAFORMAS DE APRENDIZAGEM</b>	○	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<b>CONTEÚDO DIGITAL</b>	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●
<b>MATERIAL FÍSICO OU REDES SOCIAIS</b>	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<b>TV OU RÁDIO</b>	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	○	●
<b>ESCOLAS ABERTAS</b>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Fonte: Álvarez Martinelli et al. 2020.

## Fatores relevantes para a educação a distância

- ▶ **A educação a distância só pode ser eficaz se os sistemas educacionais tiverem recursos, canais e capacidade para se ativar rapidamente, e se os alunos tiverem acesso e condições favoráveis para participar.** A pandemia evidenciou as limitações da região: na América Latina e no Caribe, apenas 22% dos domicílios tinham acesso à internet e 19% a um computador, o que reduziu a eficácia da educação digital (Rieble e Viteri, 2020). Isso confirma que a tecnologia não é um complemento, mas sim um pilar central da continuidade educacional, que deve ser fortalecida e se tornar uma estratégia estrutural diante das crises climáticas, além de ser complementada por mídias não digitais e por políticas de equidade (Abizanda et al., 2022; Elacqua et al., 2020). No entanto, o acesso tecnológico, por si só, não garante uma aprendizagem eficaz: são necessários conteúdos adaptados aos ambientes virtuais, estratégias pedagógicas bem planejadas e um papel ativo de professores e famílias. Evidências indicam que os programas mais eficazes foram aqueles alinhados aos seus objetivos de aprendizagem, promoveram interações significativas e fortaleceram o desempenho dos professores (Muñoz-Nájar et al., 2021). Isso requer investimentos sustentados na formação de professores e em plataformas de qualidade, que não apenas melhoram a aprendizagem, mas também aumentam a resiliência do sistema educacional diante de situações de emergência (Burns, 2023; EDHEC, 2021; Gottlieb et al., 2024).
- ▶ **Uma estratégia eficaz de educação a distância deve ser capaz de ser ativada imediatamente em caso de emergência, garantindo a continuidade da aprendizagem.** O sucesso da educação a distância como estratégia para lidar com o fechamento de escolas depende de sua capacidade de resposta imediata. Durante a pandemia, os sistemas educacionais da região revelaram desigualdades significativas na preparação em relação à infraestrutura digital, aos sistemas de informação e à experiência em gestão de crises (Álvarez et al., 2020). Enquanto muitos países demoraram a reagir, o Uruguai implementou aulas virtuais no dia seguinte ao fechamento das escolas, graças ao Ceibal, que vinha garantindo o acesso universal a dispositivos tecnológicos há anos, e à estratégia abrangente e consolidada de transformação digital. Esse tipo de preparação antecipada, com estratégias de ensino a distância estabelecidas, permite uma resposta rápida às interrupções climáticas e garante a continuidade do aprendizado.

## **Ceibal: A resposta oportuna que garantiu a continuidade educacional no Uruguai durante a emergência sanitária da COVID-19**

O Uruguai é um dos países da América Latina e do Caribe que manteve as escolas fechadas por menos dias durante a pandemia. De acordo com dados do UNICEF sobre fechamento de escolas, a média regional ultrapassou 186 dias de fechamento total ou parcial entre 2020 e 2021. No Panamá e em El Salvador, o fechamento de escolas ultrapassou 200 dias. O Uruguai registrou menos da metade do tempo relatado por outros países (114 dias de fechamento total ou parcial) (UNICEF 2021).

Criado no Uruguai em 2007, o Ceibal (Conectividade Educacional para Computação Básica para Aprendizagem Online) desempenhou um papel fundamental na transição do ensino presencial para o ensino a distância no país durante a emergência sanitária da COVID-19. O Ceibal fornece um laptop para cada aluno e professor da educação pública, além de fornecer conectividade gratuita a todas as escolas, oferecer treinamento para professores e desenvolver recursos digitais de aprendizagem. A existência de infraestrutura tecnológica nas escolas e plataformas digitais de aprendizagem garantiu a continuidade educacional durante o fechamento das escolas nos períodos mais críticos da pandemia e facilitou o retorno às salas de aula (Pérez Alfaro e Bogliaccini 2022).

Ao longo dos anos, o Ceibal se consolidou como a principal agência de inovação educacional do Uruguai. Políticas como o Ceibal representam uma estratégia fundamental para manter o acesso à educação em situações adversas, incluindo calor extremo, pois podem ser ativadas rapidamente, garantindo a inclusão e a equidade no serviço educacional.

- ▶ **A tutoria por telefone é um exemplo bem-sucedido de resposta ao fechamento de escolas decorrente de emergências climáticas.** Programas personalizados de tutoria remota implementados no México, El Salvador e Guatemala não apenas melhoraram o desempenho acadêmico dos alunos, especialmente em ambientes vulneráveis, como também fortaleceram as habilidades pedagógicas e digitais dos tutores, melhorando, assim, sua empregabilidade (Zoido et al., 2023c; Hevia et al., 2023). Esses modelos de tutoria personalizada atendem a necessidades específicas e têm apresentado resultados superiores aos dos modelos tradicionais (Zoido et al., 2023a; Zoido et al., 2023b). Além disso, experiências internacionais em países como Índia, Quênia, Nepal, Filipinas e Uganda demonstraram que essa estratégia pode melhorar significativamente a aprendizagem durante emergências educacionais (Angrist et al., 2023).

## **Rentabilidade da tutoria remota**

- ▶ **A educação a distância baseada em tutoria telefônica pode ser uma alternativa econômica para mitigar os impactos do calor extremo na aprendizagem.** Para estimar sua viabilidade econômica, um exercício exploratório de custo-benefício foi conduzido no Brasil, na Colômbia e no México, considerando o custo de oito sessões anuais de tutoria telefônica, com duração de 20 a 30 minutos. Os custos são baseados na estimativa feita por Zoido et al. (2023a), com base em projetos-piloto implementados em El Salvador, México, Guatemala e Argentina, que revelaram um custo entre US\$ 29 e US\$ 60 por aluno, incluindo a remuneração de tutores e coordenadores, e despesas com treinamento, comunicação, gerenciamento de banco de dados e coordenação geral. Com base nessas experiências, os autores extrapolaram a estimativa para outros 13 países da América Latina e do Caribe, comparando o custo por aluno ao gasto educacional total de cada país.

Faixas de custo entre US\$ 16 e US\$ 116 por aluno por ano foram adotadas para o México, o Brasil e a Colômbia. Os pilotos originais se concentraram na aceleração da aprendizagem, enquanto este estudo abordou a estrutura e os custos de implementação para evitar perdas de aprendizagem em dias de fechamento das escolas devido ao calor extremo. Concluiu-se que oito sessões de tutoria recuperaram o equivalente a três dias de aprendizagem, em linha com a pesquisa de Zoido et al. (2023a), que constatou que os pilotos de tutoria podem garantir até 40% da aprendizagem anual em habilidades fundamentais. O benefício foi medido em termos do aumento esperado nos rendimentos futuros dos alunos, considerando as taxas de retorno da escolaridade de cada país (Psacharopoulos e Patrinos, 2018) e o salário médio anual em dólares americanos (ajustado pela paridade do poder de compra) (CEDLAS, 2022).

► **A análise conclui que os benefícios da tutoria por telefone superam em muito os custos.** O custo cumulativo da tutoria ao longo de toda a carreira acadêmica varia de US\$ 192 a US\$ 1.392 por aluno, dependendo do país e do custo de implementação. No entanto, os benefícios superam em muito os custos: em média, os alunos podem ganhar entre US\$ 223 e US\$ 247 em renda adicional por ano, o equivalente a aproximadamente US\$ 3.005 a US\$ 3.323 ao longo de uma vida profissional de 20 anos. A relação custo-benefício é estimada entre US\$ 2,2 e US\$ 15,7, o que significa que, para cada dólar investido, são gerados entre US\$ 2,2 e US\$ 15,7 em benefícios. Isso confirma que a tutoria remota é uma estratégia econômica para sustentar a aprendizagem diante das interrupções causadas pelo calor extremo (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3. Análise de custo/benefício de realizar oito sessões anuais de tutoria por telefone para garantir o aprendizado em caso de fechamento de escolas devido ao calor extremo no Brasil, na Colômbia e no México.**

	Gasto por aluno (US\$ PPC)		Retorno por ano adicional de escolaridade	Salário médio anual (US\$ PPC)	Renda adicional (US\$ PPC)		Razão benefício/custo (20 anos)
	Anual	Carreira acadêmica			Anual	20 anos	
<b>Brasil</b>	57 - 116	684 - 1392	11%	\$ 9876	\$ 223	\$ 3005	2,2 - 4,4
<b>Colômbia</b>	16 - 33	192 - 396	13%	\$ 8496	\$ 224	\$ 3020	7,6 - 15,7
<b>México</b>	29 - 60	348 - 720	16%	\$ 7860	\$247	\$ 3323	4,6 - 9,5

*Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de Zoido et al (2023a), Psacharopoulos e Patrinos (2018) e CEDLAS (2022).*

## SEÇÃO III.

# Planejamento e financiamento da educação para a resiliência ao calor extremo

- ▶ **Transformar evidências em ação requer planejamento informado e mecanismos de financiamento sustentáveis.** Estratégias para lidar com o calor extremo só são eficazes quando os sistemas educacionais conseguem antecipar riscos, alocar recursos em tempo hábil e coordenar respostas em todos os níveis. Isso exige a integração do risco de calor no planejamento educacional, o fortalecimento dos sistemas de informação e de gestão que orientam as decisões, bem como a garantia da disponibilidade de recursos financeiros para sustentar as intervenções ao longo do tempo.



# Capítulo 5.

## Como o planejamento escolar pode antecipar e responder ao calor extremo

- ▶ **Ter um planejamento escolar sensível ao calor extremo é essencial para antecipar os desafios, gerar respostas e consolidar um sistema educacional resiliente às altas temperaturas.** Não basta adotar medidas isoladas. Sem um planejamento ágil e uma boa gestão, é impossível identificar quais territórios estão em maior risco ou quais são suas características, nem reunir informações-chave para definir investimentos e desenhar respostas eficazes. O planejamento atua como uma ponte entre evidências e ações: converte dados climáticos e educacionais em decisões concretas, prioriza investimentos em infraestrutura resiliente, reorganiza os calendários escolares ou permite o uso de modelos de ensino à distância, quando apropriado. Em suma, o planejamento transforma as informações que temos em um roteiro coerente e sustentável que protege a aprendizagem e garante a continuidade escolar diante do aumento das temperaturas extremas (GPE 2023; IIEP-UNESCO 2021; IIEP UNESCO, s.d.).

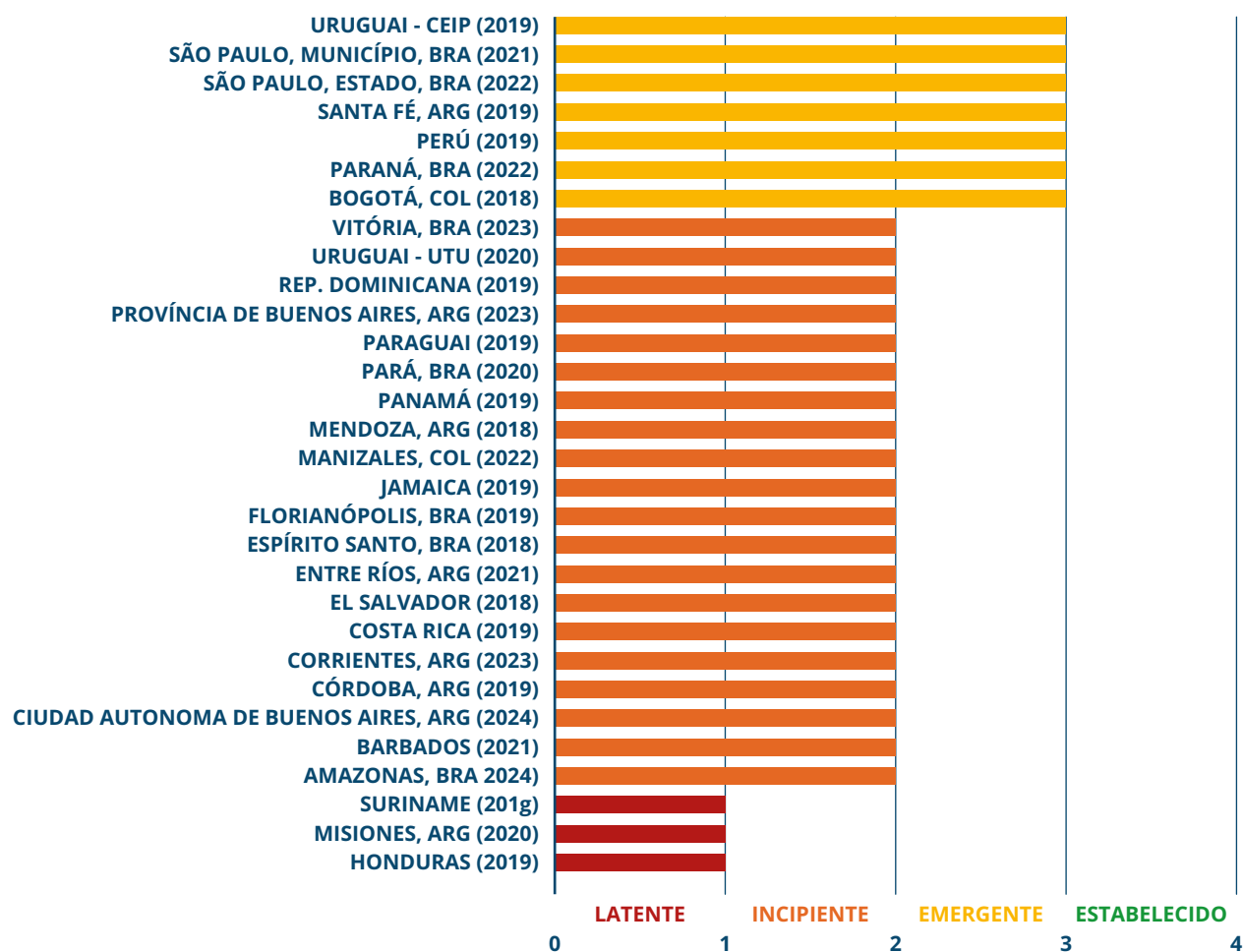
## Informações para antecipar riscos e tomar decisões sensíveis ao calor

- ▶ **Toda decisão eficaz começa pela compreensão do desafio: o risco do calor extremo.** É necessário coletar e analisar informações que caracterizem a ameaça (frequência e intensidade do calor extremo), a exposição (localização das escolas, dos alunos e dos professores) e a vulnerabilidade ao calor extremo (condições da infraestrutura, recursos disponíveis e capacidades de gestão). Essas informações devem ser oportunas e confiáveis. Idealmente, devem ser georreferenciadas e desagregadas por idade, sexo, localização, deficiência e outras variáveis sociodemográficas, a fim de oferecer respostas inclusivas (GPE, 2023; IIEP-UNESCO, 2021; Pegram e Knaute, 2019; UNICEF EAPRO, 2019). Ter dados adequados permite uma avaliação mais precisa dos desafios, direcionando intervenções às áreas mais vulneráveis e fortalecendo a capacidade adaptativa do sistema educacional (Montjourides, 2013). Isso não significa que a gestão do calor extremo seja impossível sem dados perfeitos. É sempre possível, inicialmente, basear-se em informações já disponíveis para traçar um panorama preliminar, enquanto se avança na construção de sistemas mais abrangentes.
- ▶ **Entre as ferramentas mais poderosas para o uso sistemático de informações estão os sistemas de informação e gestão educacional (SIGED).** Os SIGED permitem a coleta, a integração e a análise sistemáticas de dados em estruturas institucionais estabelecidas. Um SIGED robusto abrange múltiplas dimensões, como infraestrutura escolar, matrículas, recursos humanos, orçamentos e processos de gestão estratégica, e deve incorporar cada vez mais indicadores de risco climático (Arias

Ortiz et al., 2019). Sua implementação eficiente contribui para otimizar a gestão escolar: automatiza tarefas administrativas, libera tempo para funções pedagógicas e aprimora o planejamento. Durante a pandemia, SIGED maduros facilitaram a identificação de alunos em risco de evasão escolar. Eles também se mostraram úteis no contexto de diversas crises, incluindo as decorrentes das mudanças climáticas (Arias Ortiz, 2021). Em eventos de calor extremo, os SIGED podem identificar as escolas mais vulneráveis e facilitam intervenções preventivas direcionadas. Além disso, ao fornecer dados atualizados e acessíveis, eles fortalecem a capacidade de resposta em situações de emergência (IIEP-UNESCO 2023).

- ▶ **É importante combinar o SIGED com fontes de informação climática para ampliar seu alcance e aprimorar a capacidade de antecipação e de resposta a eventos de calor extremo.** Os SIGED fornecem uma base sólida para dados educacionais, mas seu impacto é maximizado quando interconectados com outros sistemas e fontes de dados relevantes, como projeções climáticas, mapeamento de desastres naturais e sistemas de alerta precoce. Isso permite que dados escolares e ambientais sejam referenciados em tempo real, que protocolos de emergência sejam ativados precocemente e que recursos sejam alocados estrategicamente e com base no risco (GPE 2023; van Wyk e Crouch 2020). É importante desenvolver definições, indicadores e métodos de estimativa padronizados que capturem e integrem dados relevantes, pois esses dados serão posteriormente utilizados para tomar decisões mais adequadas para mitigar os impactos do calor extremo na educação. Alguns países fizeram progressos significativos: a Jamaica usou fortaleceu seu SIGED para planejar a manutenção escolar, considerando o impacto do calor extremo (Chapelet 2022); nas Filipinas, uma plataforma digital foi desenvolvida para mapear danos e riscos; e em Bangladesh, dados climáticos foram incorporados aos sistemas estatísticos educacionais de 1.800 instituições após uma fase piloto (GPE 2023).
- ▶ **O uso de SIGED para planejamento em áreas sensíveis ao calor extremo representa um desafio, visto que seu desenvolvimento na América Latina e no Caribe é limitado.** De acordo com Arias et al. (2025, a ser publicado), a maioria dos países da América Latina e do Caribe possui SIGED em nível de maturidade incipiente (Nível 2). Isso significa que seus sistemas de gestão educacional cobrem apenas parcialmente funções críticas relativas aos processo chave e precisam avançar para uma orientação mais estratégica e integrada. A Figura 4.2 resume o nível de desenvolvimento em diferentes países ou localidades da região.
- ▶ **Ter os dados é apenas o primeiro passo.** Transformar informações em decisões concretas requer a promoção de uma cultura de planejamento baseada em evidências e a capacidade institucional de interpretar os dados, definir prioridades e agir de acordo. Um planejamento eficaz também exige a estimativa dos custos de implementação, a definição de fontes de financiamento e a alocação de fundos de reserva para situações de emergência. Da mesma forma, é necessário projetar cenários climáticos, quantificar lacunas de infraestrutura ou de cobertura e priorizar investimentos com base no nível de risco e na vulnerabilidade às ameaças. Um SIGED fortalecido facilita esse processo, permitindo uma alocação mais eficiente de recursos (Arias Ortiz et al., 2019).
- ▶ **A informação só contribui para a resiliência se for traduzida em decisões concretas.** Ela deve atingir os níveis decisórios, tanto os governos centrais quanto os subnacionais, e as escolas devem ser capacitadas para utilizá-la, uma vez que os riscos se manifestam em nível local e muitas decisões relacionadas à continuidade dos serviços educacionais devem ser tomadas nesse nível. Por exemplo, as escolas devem ter planos específicos para ativar respostas preventivas e oportunas ao calor extremo, adaptados ao seu contexto climático, às condições de infraestrutura e ao perfil da comunidade. Para isso, é essencial que os ministérios da educação, diretores de escolas, professores e equipes técnicas sejam capazes de utilizar e interpretar informações relevantes na gestão de riscos.

**Figura 5.2. Nível global de desenvolvimento do SIGED por sistema educacional, países ou localidades selecionados na América Latina e no Caribe**



Fonte: Arias Ortiz et al. (2025, a ser publicado).

Eles também precisam de ferramentas claras para lidar com as ondas de calor. Isso não significa esperar que todas as capacidades estejam plenamente desenvolvidas antes de agir. Para começar, é importante desenvolver o que já existe e fortalecer progressivamente essas capacidades. Esta é uma abordagem descentralizada que preenche a lacuna entre o que sabemos que funciona para proteger a aprendizagem e o que é efetivamente implementado.

- ▶ **A resposta ideal depende das características do calor extremo.** Antes de determinar se é melhor adotar medidas específicas, permanentes, localizadas ou sistêmicas, é necessário examinar o número de dias afetados, a intensidade das temperaturas, sua distribuição ao longo do calendário escolar e a extensão geográfica da exposição. Por exemplo, em ambientes com poucos dias quentes, ajustes de horário, suspensões de reposição ou tutoria remota são suficientes. No entanto, se o calor afetar grande parte do ano letivo, uma infraestrutura resiliente é essencial. Por outro lado, se as temperaturas mal ultrapassarem o limite crítico de 26,7 °C, estratégias passivas, como sombreamento ou ventilação cruzada, podem ser suficientes. No entanto, se excederem esse limite crítico de forma significativa, medidas ativas, como sistemas de resfriamento, podem ser necessárias. A distribuição temporal também deve ser levada em consideração: se o calor estiver concentrado em determinados

meses, as férias podem ser redistribuídas. Se, por outro lado, ocorrer em determinados horários do dia, a modificação desses horários é mais eficaz. Por fim, se o risco se limitar a um pequeno número de municípios, medidas direcionadas são viáveis; quando afeta uma grande parte do sistema educacional, são necessários planos nacionais e respostas escaláveis.

- ▶ **A integração do risco de calor extremo no planejamento educacional ainda está em fase inicial, apesar de sua crescente importância.** Muitos países implementaram políticas de segurança escolar, mas tendem a se concentrar em riscos como furacões e terremotos. O calor extremo, por outro lado, raramente é considerado, pelo menos sistematicamente, nos planos existentes (Olinger Steeves et al., 2017; Paci-Green et al., 2020). Esta é uma omissão preocupante, pois fatores como a falta de planejamento de infraestrutura, a localização das escolas em áreas de alto risco e a ausência de estratégias pós-desastre exacerbam a vulnerabilidade do sistema educacional a desastres naturais, incluindo eventos de calor extremo (Pal et al., 2023). Essas deficiências são evidentes em estudos sobre as crises de calor extremo que afetaram os sistemas educacionais filipinos nos verões de 2023 e 2024. As autoridades adotaram medidas específicas — como a suspensão das aulas presenciais, a modificação dos horários e o uso de métodos alternativos de ensino —, mas a ausência de planos institucionais sólidos impediu uma resposta coerente e sustentada (Preña e Labayo, 2024). Para avançar rumo a uma gestão de riscos eficaz, é essencial que as escolas desenvolvam planos específicos que considerem o clima local, a infraestrutura disponível e o perfil da comunidade. Isso, por sua vez, envolve o treinamento de professores, a reorganização das atividades pedagógicas de acordo com as condições térmicas e o monitoramento sistemático do ambiente para ativar respostas preventivas (Shortridge et al., 2022).
- ▶ **Em suma, o planejamento está no cerne das respostas dos sistemas educacionais ao calor extremo.** Sem processos de planejamento baseados em dados e uma gestão moderna, os sistemas educacionais não conseguem identificar onde os riscos são maiores nem quais são suas características, o que dificulta a alocação eficiente de recursos e a concepção de respostas adaptadas a cada contexto. A incorporação do risco climático ao planejamento educacional — apoiada por sistemas de informação e por fortes capacidades técnicas — permite antecipar cenários, priorizar intervenções e direcionar investimentos para os territórios mais afetados. Isso fortalece a capacidade dos sistemas de prevenir, responder e se recuperar, protege a aprendizagem e reduz as desigualdades. Em última análise, o planejamento sensível ao calor extremo é o que torna possível transformar estratégias isoladas em uma resposta coerente e sustentável, capaz de construir um sistema educacional verdadeiramente resiliente.

# Capítulo 6.

## Como financiar a resiliência da educação ao calor extremo

- ▶ **Para que as intervenções propostas não fiquem apenas no papel, é essencial contar com um financiamento sólido que permita sua implementação eficaz e sustentada ao longo do tempo.** Aumentar a resiliência dos sistemas educacionais ao calor extremo exige mais do que compreender seus impactos, identificar zonas de risco e elaborar intervenções que visem adaptar a infraestrutura escolar, flexibilizar o calendário acadêmico e fortalecer as modalidades de ensino à distância nas escolas mais expostas e vulneráveis. Requer a implementação de estratégias de financiamento que assegurem a sustentabilidade dessas intervenções, combinando o uso eficiente dos recursos existentes com a mobilização de novas fontes de financiamento.
- ▶ **Esses investimentos são essenciais não apenas para garantir que os sistemas educacionais operem em condições seguras e resilientes, mas também para evitar o custo extremamente alto da inação.** Evidências indicam que os alunos perdem, em média, 1% da aprendizagem por cada dia adicional com temperaturas acima de 26,7 °C (Park et al., 2021). Na América Latina e no Caribe, mais de 15 milhões de estudantes correm risco devido ao calor extremo. Um aumento de apenas 10 dias de calor extremo por ano letivo levaria a uma perda de 1,2 anos de aprendizagem ao longo de sua trajetória educacional. Essas perdas poderiam representar 11% de sua renda futura (de acordo com Psacharopoulos e Patrinos, 2018) e exceder US\$ 22 bilhões em PPC anualmente, o que equivale a 0,18% do PIB da região. Esse valor pode ainda ser maior, pois não inclui todos os países e não leva em consideração os efeitos cumulativos ou outros custos, como repercussões na saúde, na produtividade ou na receita tributária.
- ▶ **O financiamento da resiliência educacional requer não apenas a mobilização de novas fontes e o aproveitamento de mecanismos de financiamento inovadores que ampliem os recursos disponíveis e assegurem a sustentabilidade, mas também a distribuição eficiente dos recursos existentes.** O financiamento deve ser suficiente para garantir que todas as escolas tenham os recursos necessários, priorizando as localizadas em áreas mais expostas e vulneráveis e assegurando que todas tenham recursos adequados. Eficiente, para que cada valor investido se traduza em melhorias reais em infraestrutura, serviços e aprendizagem; sustentável, para garantir a continuidade da intervenção e não depender exclusivamente de verbas extraordinárias; e transparente, ou seja, baseada em critérios claros para que os recursos cheguem às comunidades educacionais prioritárias e sua utilização possa ser monitorada e avaliada. Não se trata apenas de redistribuir os recursos existentes, mas também de abrir novas fontes de financiamento, gerar sinergias intersetoriais e aproveitar oportunidades de acesso a mecanismos de financiamento inovadores – como títulos verdes, cooperação internacional ou parcerias público-privadas – que ampliem os recursos disponíveis para enfrentar o calor extremo.

## Mobilizar recursos para a resiliência educacional ao calor extremo

- ▶ **O financiamento dos investimentos necessários para fortalecer a resiliência dos serviços educacionais ao calor extremo enfrenta múltiplas restrições orçamentárias.** Uma grande parcela dos gastos com educação — mais de 60% — é destinada ao pagamento de salários de professores, o que deixa pouco espaço para investimentos em infraestrutura, inovação ou adaptação climática. Além disso, a alta dependência de transferências nacionais e de alocações históricas limita a capacidade de priorizar as escolas mais expostas e vulneráveis (Elacqua et al., 2025). Soma-se a isso a tensão entre a adequação e a equidade dos gastos com educação.
- ▶ **Se quisermos garantir uma aprendizagem suficiente para todos, priorizando os mais expostos e vulneráveis, é essencial encontrar recursos adicionais.** Caso contrário, os grupos que não se beneficiam das realocações tendem a se considerar desfavorecidos, o que gera resistência política e social. Por outro lado, o investimento na resiliência do sistema educacional produz benefícios de longo prazo pouco visíveis, dificultando a justificativa para sua priorização em detrimento de outras necessidades mais urgentes e de impacto imediato. Além disso, a competição por recursos no setor favorece atores com maior pressão política, como o ensino superior (Elacqua et al., 2025). De modo geral, essa inércia de gastos e os compromissos pré-existentes com determinados gastos limitam a capacidade de investir e inovar em estratégias que protejam a aprendizagem e garantam condições adequadas para os alunos mais expostos ao calor extremo.
- ▶ **Diante dessas restrições, um primeiro passo é mobilizar mais recursos para a educação em geral e para a resiliência do sistema educacional em particular.** Vários países da região já implementaram ferramentas, como metas de gastos para a educação, verbas destinadas ou impostos específicos para atender a prioridades, como a alimentação escolar e a educação básica pública. Por exemplo, o Brasil financia parte da educação básica com um imposto de 2,5% sobre os salários dos trabalhadores do setor privado, e a Bolívia destina parte de um imposto direto sobre hidrocarbonetos à infraestrutura educacional (Elacqua et al., 2025). Em outros casos, os recursos alocados à recuperação pós-emergência foram redirecionados para a prevenção de emergências. O México, por meio do Fundo para Desastres Naturais, incorporou um componente preventivo que destina automaticamente uma parcela dos recursos de reconstrução não utilizados à redução de riscos. Isso demonstra que é possível redirecionar fundos originalmente destinados a ações reativas para medidas proativas (Banco Mundial, 2012).
- ▶ **Outra opção é a emissão de dívida temática para financiar projetos com benefícios sociais e ambientais.** Um exemplo na educação são os “títulos verdes da educação”, lançados no Chile em 2020 para financiar a construção e reforma de escolas com critérios de eficiência energética. Esse projeto reduziu os custos operacionais e liberou recursos para programas educacionais (Elacqua et al., 2025). Embora essas estratégias ainda não tenham sido aplicadas para enfrentar o desafio do calor extremo, elas oferecem modelos concretos que podem ser aproveitados. Estabelecer metas de gastos vinculadas a critérios de risco climático, alocar uma parcela de receitas específicas para escolas expostas ou adaptar os fundos existentes sob novas regras de alocação expandiriam significativamente os recursos disponíveis para adaptar os sistemas educacionais ao calor extremo.
- ▶ **Também é possível alavancar fundos públicos e internacionais, especificamente destinados a compromissos climáticos, para investir na resiliência das escolas ao calor extremo.** A integração do setor educacional aos Planos Nacionais de Adaptação e às Contribuições Nacionalmente

Determinadas abre a possibilidade de alinhar orçamentos e acessar financiamento climático internacional, o que exigiria, naturalmente, uma estreita coordenação com outros setores (NAP Global Network, 2025). Essa coordenação também permite a concepção de investimentos conjuntos em serviços básicos — como água e energia — cruciais para manter as escolas abertas e seguras durante ondas de calor. Um exemplo é o Programa de Abastecimento de Água Potável para Pequenas Cidades e Escolas Rurais no Uruguai, que, graças à coordenação entre os setores de água e de educação, forneceu água potável a 325 comunidades e 259 escolas (Gonzalez et al., 2024). O acesso a fundos internacionais, como o Fundo Verde para o Clima ou o Fundo de Adaptação, constitui uma fonte adicional. Sabe-se que apenas 13% dos projetos financiados por esses fundos incluíram alguma intervenção relacionada à educação, e um deles teve como foco principal a educação. No entanto, os próprios fundos reconhecem a necessidade de dar maior prioridade a esse setor (Iniciativa pelos Direitos Ambientais das Crianças, 2023). Esse modelo demonstra que a coordenação intersetorial permite alavancar recursos existentes e atrair novos recursos de outros setores para financiar estratégias de resiliência educacional.

- ▶ **Essas ferramentas são complementadas por uma série de mecanismos de financiamento inovadores, que permitem mobilizar recursos adicionais para projetos de resiliência educacional diante do calor extremo.** Bancos multilaterais de desenvolvimento, incluindo o BID, estão incentivando o uso de garantias para refinaranciar a dívida dos países, gerando economias que podem ser alocadas a investimentos como os apresentados nesta publicação. Mecanismos de cofinanciamento também estão sendo desenvolvidos, combinando fundos multilaterais com doações ou com fundos climáticos internacionais, o que permite mobilizar mais investimentos em resiliência climática. Dentro desse grupo, destaca-se o BID CLIMA, um programa piloto baseado em resultados que recompensa os países que investem nas capacidades necessárias para acessar financiamento dos mercados de dívida verde e temática. Em 2025, o BID CLIMA aprovou sua primeira operação educacional em El Salvador, com o objetivo de ampliar a oferta por meio da construção e da reforma de escolas resilientes ao clima. Por fim, dispor de recursos de assistência técnica também permite orientar os países rumo a investimentos em resiliência climática. Um deles é o Preparados e Resilientes nas Américas, um programa regional projetado para fortalecer a resiliência a desastres na América Latina e no Caribe, que conta com fundos de assistência técnica nessa área.
- ▶ **A mobilização de recursos privados para financiar a resiliência dos serviços educacionais também constitui uma ferramenta importante.** As parcerias público-privadas, em particular, consolidaram-se como uma ferramenta estratégica para a melhoria da infraestrutura educacional na América Latina e no Caribe. Embora ainda raras no campo da resiliência climática, as parcerias público-privadas representam uma alternativa inovadora para atrair capital privado para a infraestrutura escolar, considerando as restrições orçamentárias do setor público, bem como sua limitada capacidade de captar recursos ou de arrecadar novos impostos (Casady et al., 2024). Essas parcerias público-privadas combinam os recursos e a inovação do setor privado com o mandato social do setor público. Elas aceleram a construção e a manutenção de escolas, garantindo padrões de qualidade de longo prazo e liberando recursos públicos para outras prioridades. Exemplos bem-sucedidos desse tipo de parceria incluem o programa de parcerias público-privadas da Administração Nacional de Educação Pública do Uruguai, com a construção e manutenção de 255 escolas; o programa escolar de Belo Horizonte (Brasil), onde mais de 50 escolas foram projetadas, construídas e mantidas sob contratos de 20 anos; e as escolas emblemáticas do Peru, que reconstróem e mantêm escolas públicas por meio de parcerias público-privadas.

## Distribuir recursos para fortalecer áreas de alto risco

- ▶ **Tão importante quanto mobilizar recursos é garantir que sejam distribuídos de forma justa, eficiente e sustentável.** Definir quem os recebe, de que forma e em que quantidades é essencial para que as respostas — infraestrutura resiliente, horários flexíveis e ensino à distância — sejam de fato implementadas e cheguem efetivamente aos sistemas educacionais com maior exposição ao calor extremo e menor capacidade de resposta.
- ▶ **O uso de critérios técnicos e de fórmulas de financiamento para definir a distribuição garante que os recursos respondam às necessidades reais do sistema educacional.** Os critérios técnicos e as fórmulas de financiamento estabelecem um conjunto de padrões que determinam o valor a ser transferido para cada unidade educacional (região e escola, entre outras) (Elacqua et al., 2025). No caso de calor extremo, os critérios devem incorporar variáveis de exposição e vulnerabilidade à ameaça para priorizar as comunidades escolares com maior exposição e menor capacidade de resposta.
- ▶ **Na América Latina, já existem modelos de distribuição diferenciados por nível socioeconômico que podem ser adaptados ao desafio do calor extremo.** O Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (FUNDEB) do Brasil, a Lei de Subsídio Escolar Preferencial (Lei SEP) do Chile e o Programa de Transferência de Recursos Financeiros (PTRF) de São Paulo oferecem exemplos valiosos de como aplicar critérios de equidade, flexibilidade e sensibilidade territorial. Uma abordagem sensível ao clima poderia levar em conta essas experiências e combinar critérios redistributivos com a adaptabilidade local às necessidades climáticas. Dessa forma, a distribuição de recursos não apenas mitigaria os impactos imediatos do calor na aprendizagem, mas também fortaleceria as bases institucionais para responder a riscos crescentes no futuro.

### Experiências de alocação diferenciada de recursos educacionais na América Latina

#### Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (FUNDEB) - Brasil

No Brasil, o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (FUNDEB) é o principal mecanismo de financiamento da educação básica no país. Financiado por impostos arrecadados por estados e municípios, complementados por contribuições federais, ele redistribui recursos de acordo com uma fórmula que pondera a matrícula por nível, modalidade educacional e, mais recentemente, a vulnerabilidade socioeconômica dos alunos, ajustada por fatores de custo. Essa lógica de alocação diferenciada, que permite maior apoio às escolas mais necessitadas, fornece uma base sólida para a inclusão de um fator de vulnerabilidade ao calor extremo que permitiria a alocação de mais recursos às escolas mais expostas ao risco climático. A natureza descentralizada do FUNDEB permitiria a implementação de soluções adaptadas às realidades locais, estabelecendo bônus para infraestrutura adaptativa e viabilizando fundos para garantir a continuidade educacional durante interrupções relacionadas ao calor.

#### Subsídio Escolar Preferencial (SEP) - Chile

No Chile, o Subsídio Escolar Preferencial (SEP) opera de acordo com um princípio de equidade vertical, fornecendo financiamento adicional para escolas que atendem alunos considerados prioritários, definidos por sua vulnerabilidade socioeconômica. O valor por aluno aumenta com base na proporção

de alunos prioritários matriculados na escola, e o nível de controle sobre os fundos é ajustado com base no desempenho da escola. As medidas financiadas com este subsídio são definidas pela própria escola em um Plano de Melhoria Educacional, que deve incluir medidas específicas de apoio aos alunos mais vulneráveis. Este mecanismo baseia-se no princípio de que nem todos os alunos enfrentam os mesmos obstáculos à aprendizagem e, portanto, aqueles que mais precisam deles devem receber mais recursos. Ele também prevê que as próprias comunidades educacionais identifiquem as medidas mais adequadas. Este princípio também pode ser aplicado ao projetar uma alocação sensível ao calor, que identifica os alunos mais afetados pelo calor — seja por viverem em áreas expostas ou frequentarem escolas sem condições adequadas — e direciona recursos especificamente para promover a adaptação, com base nas prioridades definidas por cada comunidade escolar.

### **Programa de Transferência de Recursos Financeiros (PTRF) – São Paulo, Brasil**

O PTRF transfere recursos diretamente às escolas públicas municipais para garantir a manutenção preventiva e o atendimento imediato em situações de emergência, com base na matrícula e nas características da infraestrutura escolar. Os recursos são administrados por associações de pais e mestres ou outros órgãos colegiados similares, que os utilizam de forma autônoma, seguindo determinadas diretrizes gerais. Isso permite ações rápidas para atender a necessidades urgentes sem longos procedimentos burocráticos. Em nível nacional, o Brasil também conta com o Programa Dinheiro Direto nas Escolas (PDDE), cujos critérios e método de funcionamento são semelhantes aos do PTRF. Em contextos de calor extremo, os fundos de uso flexível podem facilitar ações como a compra de ventiladores, o fornecimento de sombra e o ajuste do horário escolar.

- ▶ **Ao desenvolver uma fórmula de distribuição sensível ao calor, variáveis, montantes e pesos devem ser definidos para orientar a alocação de recursos de forma justa e eficiente.** As variáveis devem refletir as três dimensões que determinam o risco: i) perigo, medido pela intensidade, duração e frequência das ondas de calor que afetam cada território; ii) exposição, determinada pelo número de escolas, alunos e professores localizados em zonas de risco alto ou muito alto; e iii) vulnerabilidade ao calor extremo, avaliada por meio de indicadores de capacidade de resposta, como a taxa de pobreza, a qualidade da infraestrutura escolar ou o acesso a serviços básicos. Uma vez selecionadas essas variáveis, devem ser definidos montantes que reflitam o custo real de fechar as lacunas que cada uma representa. Por exemplo, se a variável for a qualidade da infraestrutura, os recursos devem cobrir melhorias na ventilação, nos telhados ou no acesso à água. Se a variável for o número de alunos expostos, os montantes devem refletir o custo de adaptação do ensino ou de oferta de ensino a distância para esse grupo. Os pesos, por sua vez, servem para atribuir maior importância às variáveis com maior exposição e menor capacidade de resposta, a fim de priorizar o financiamento para comunidades escolares com maior risco e menor capacidade de resposta.
- ▶ **Para que uma fórmula de distribuição sensível ao calor extremo funcione na prática, é importante dispor de dados sólidos e de estimativas de custos realistas.** Ter dados confiáveis sobre as áreas mais afetadas pelas ondas de calor, as escolas, alunos e professores expostos, a capacidade de adaptação térmica das comunidades educacionais – incluindo as condições dos edifícios e as necessidades de investimento em ventilação, ar condicionado ou melhorias estruturais, ou a disponibilidade de materiais necessários para oferecer ensino a distância – bem como estimativas detalhadas dos custos das intervenções, favorece uma distribuição mais equitativa e eficiente que aborde as verdadeiras lacunas do sistema educacional diante do calor extremo. Por outro lado, uma projeção incorreta pode resultar em algumas escolas recebendo materiais ou fundos de que não necessitam, enquanto outras, mais expostas e vulneráveis, sofrem um déficit que limita sua capacidade de adaptação. Alcançar tal nível de precisão pode exigir o fortalecimento das fontes de

informação, mas os sistemas educacionais podem avançar agora, usando os dados disponíveis para criar um panorama preliminar e, com base nisso, construir sistemas mais abrangentes e precisos que combinem informações climáticas, sociais e de infraestrutura, permitindo-lhes priorizar intervenções e direcionar a alocação de recursos para as comunidades mais necessitadas. Isso garante que as medidas adotadas tenham impacto real na resiliência educacional diante do calor extremo.

- ▶ **Uma vez definidas as variáveis e coletados dados confiáveis, a alocação de recursos depende da forma como cada país organiza seu financiamento educacional.** Em relação à governança, a distribuição de recursos pode operar de acordo com um modelo centralizado, que canaliza recursos do nível nacional, o que favorece a equidade territorial, mas é menos responsivo às necessidades locais; ou de acordo com um sistema descentralizado, que atribui a gestão dos recursos às escolas ou famílias, o que promove maior relevância e rapidez, embora exija o fortalecimento das capacidades locais. Em relação ao tipo de recurso, as transferências de renda proporcionam flexibilidade para que escolas ou governos locais decidam a melhor combinação de medidas de adaptação com base nas necessidades locais. No entanto, se forem excessivamente condicionais, podem limitar o escopo da resposta, enquanto o fornecimento de insumos do nível central é útil em contextos em que não há fornecimento local de determinados insumos, por exemplo, os necessários para modernizar os sistemas de ventilação ou isolar telhados.
- ▶ **A implementação de fórmulas de financiamento altamente sensíveis ao calor requer uma abordagem prática que permita uma transição gradual da teoria para a ação.** A incorporação progressiva de critérios de exposição e vulnerabilidade ao calor extremo nos sistemas de alocação existentes evita mudanças abruptas que poderiam gerar interrupções na gestão financeira ou resistências associadas à percepção de perda relativa de recursos em territórios não priorizados. A elaboração de mecanismos temporários de compensação, estratégias de diálogo inclusivas e processos participativos que envolvam autoridades locais, comunidades escolares e atores políticos desde o início, bem como a garantia da transparência dos critérios e da responsabilização, fortalece a legitimidade das decisões, evita resistências e ajuda a manter o apoio ao longo do tempo. A comunicação é fundamental para deixar claro que o calor extremo afeta a aprendizagem e que investir em adaptação não é uma despesa adicional, e sim uma estratégia que visa fortalecer a qualidade e a equidade educacionais.

# Lições para fortalecer a resiliência educacional ao calor extremo

---

- ▶ **O estudo mostra que o calor extremo é uma ameaça real e crescente à educação na América Latina e no Caribe.** Quando os sistemas educacionais não conseguem garantir o conforto térmico ou a continuidade do serviço, as altas temperaturas reduzem o tempo efetivo de aprendizagem, prejudicam o desempenho dos professores e limitam a capacidade de concentração dos alunos. Sua persistência e intensidade crescentes não apenas afetam a aprendizagem, mas também aumentam as taxas de evasão escolar e enfraquecem o desenvolvimento do capital humano, comprometendo o futuro desenvolvimento da região.
- ▶ **A análise do risco educacional diante do calor extremo revela uma realidade preocupante: uma parcela significativa dos sistemas educacionais está localizada em áreas de alto risco térmico e tem capacidade limitada de adaptação.** Nos últimos cinco anos, mais de 36% das escolas e quase 30% dos alunos e professores foram expostos a temperaturas acima de 26,7°C por 70 a 80 dias letivos por ano. As projeções indicam que essa situação se agravará e que mais de 40% das escolas e 35% dos alunos e professores poderão ter sua aprendizagem comprometida.
- ▶ **A magnitude desses números ressalta a urgência de agir e direcionar esforços onde são mais necessários.** Fortalecer a resiliência educacional diante do calor extremo requer identificar os sistemas mais expostos e compreender suas características, a fim de definir intervenções adaptadas às circunstâncias locais.
- ▶ **As soluções existem e são rentáveis.** Investimentos em infraestrutura escolar que garantam o conforto térmico nas salas de aula podem multiplicar seu valor entre duas e mais de 40 vezes em benefícios futuros, enquanto a flexibilização dos serviços educacionais para evitar os períodos mais quentes e manter a continuidade educacional – por meio de horários adaptativos ou modalidades de ensino à distância – gera retornos entre duas e 55 vezes por dólar investido.
- ▶ **A implementação dessas medidas requer processos de planejamento que permitam antecipar e responder ao calor.** A integração dos riscos associados ao calor extremo no planejamento educacional permitirá que os investimentos sejam direcionados de acordo com o risco, a exposição e a vulnerabilidade, além de fortalecer as capacidades institucionais em todos os níveis. A consolidação de sistemas de informação e gestão educacional (SIGED) que incorporem dados climáticos facilitará a antecipação, a ativação e o monitoramento de respostas oportunas. Da mesma forma, o desenho de estratégias deve considerar a intensidade e a duração do calor em cada território: enquanto episódios de curta duração podem ser enfrentados com ajustes no calendário ou com ensino à distância, a exposição prolongada requer infraestrutura resiliente e serviços flexíveis que garantam a continuidade da aprendizagem.
- ▶ **O financiamento é um pilar crucial para tornar essas estratégias viáveis e sustentáveis.** Incluir critérios de risco de calor nos orçamentos da educação e mobilizar recursos adicionais — provenientes de fundos climáticos, de cooperação internacional ou de investimento privado — é essencial para garantir a continuidade e a sustentabilidade das intervenções. Somente por meio de estruturas financeiras estáveis e previsíveis será possível transformar evidências em ações e proteger a aprendizagem em um ambiente cada vez mais quente.

- ▶ **Hoje, sabemos como e quando o calor começa a prejudicar a aprendizagem; quanto um aluno pode perder; onde as escolas correm maior risco; quais estratégias funcionam; e como financiá-las.** Esta publicação oferece as chaves para lidar com isso. Adaptar a educação ao calor extremo não é apenas uma necessidade urgente; é um investimento na proteção da aprendizagem de hoje e do desenvolvimento humano de amanhã.

# Referências bibliográficas

---

Abizanda, B. et al. (2022). *¿Cómo reconstruir la educación postpandemia? Soluciones para cumplir con la promesa de un mejor futuro para la juventud*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004241>

Acemoglu, D. et al. (2017). *Innovation, reallocation and growth*. NBER Working Paper, 18993. <https://www.nber.org/papers/w18993>

Acevedo, I., Flores, I., Székely, M., & Zoido, P. (2022). *¿Qué ha sucedido con la educación en América Latina durante la pandemia?* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004175>

Aghion, P., Akcigit, U., Hyytinen, A., & Toivanen, O. (2023). 2022 Klein Lecture: Parental education and invention: The Finnish enigma. *International Economic Review*, 64(2), 453–490. <https://doi.org/10.1111/iere.12632>

Alfonso et al. (2025). *Development and validation of the Emotional Responses to Climate Change Scale*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). [manuscrito no publicado]

Albatayneh, Mohaidat, Alkhezali, & Dalalah. (2019). *The influence of a building's orientation on the overall thermal performance*. *Environmental Science and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.21625/essd.v3iss1.276>

Albuja, J., Foliaco, B., Bula, A., & Gonzalez-Quiroga, A. (2022). *Potential of hybrid radiant cooling with infrared-transparent membranes to improve thermal comfort in hot and humid climate*. *International Journal of Thermofluids*, 16, 100214. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2022.100214>

Anderson et al. (2000). Temperature and aggression. *Advances in Experimental Social Psychology*, 32, 63–133. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(00\)80004-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(00)80004-0)

Andalón, Azevedo, Rodríguez-Castelán, & Sanfelice. (2016). Weather shocks and health at birth in Colombia. *World Development*, 82, 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.015>

Angrist et al. (2023). *Building resilient education systems: Evidence from large-scale randomized trials in five countries*. NBER Working Paper, 31208. Cambridge, MA. <https://www.nber.org/papers/w31208>

Arias Ortiz, E. et al. (2019). *Del papel a la nube: Cómo guiar la transformación digital de los Sistemas de Información y Gestión Educativa (SIGED)*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0001749>

Arias Ortiz, E., Giambruno, C., Muñoz Stuardo, G., & Pérez Alfaro, M. (2021). *Camino hacia la inclusión educativa: 4 pasos para la construcción de sistemas de protección de trayectorias: Paso 1: Exclusión educativa en ALC: ¿cómo los sistemas de protección de trayectorias pueden ayudar?*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0003455>

Arias Ortiz, Giambruno, Pérez Alfaro, & Eusebios. (2025, próxima publicación). *Tablero de control de aplicación instrumento SIGED en ALC Power BI*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Arceo-Gómez, E. O., & López-Feldman, A. (2024). Extreme temperatures and school performance of the poor: Evidence from Mexico. *Economics Letters*, 238, 111700. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.111700>

Assari, S., & Zare, H. (2025). Extreme heat exposure and adolescent cognitive function. *Open Journal of Neuroscience*, 3(1), 1247. <https://doi.org/10.31586/ojn.2025.1247>

Attia et al. (2022). *Comparison of thermal energy saving potential and overheating risk of four adaptive façade technologies in office buildings*. *Sustainability*, 14, 6106. <https://doi.org/10.3390/su14106106>

Ayebi-Arthur, K. (2017). *E-learning, resilience and change in higher education: Helping a university cope after a natural disaster*. *E-Learning and Digital Media*, 14(5), 259–274. <https://doi.org/10.1177/2042753017751712>

Bagolle, A., Costella, C., & Goyeneche, L. (2023). *Protección social y cambio climático: ¿cómo proteger a los hogares más vulnerables frente a las nuevas amenazas climáticas?* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004846>

Bangalore et al. (2017). *Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters*. Washington, D.C.: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/25335>

Banco Mundial. (2012). *FONDEN. Mexico's Natural Disaster Fund – A Review*. <https://hdl.handle.net/10986/26881>

- Banco Mundial. (2017). *Movilidad en América Latina: mejor que sus padres, pero no que sus pares*. <https://www.bancomundial.org/es/news/opinion/2017/10/18/movilidad-en-america-latina-mejor-que-padres-pero-no-que-pares>
- Barandiarán et al. (2019). *Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID: Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0002041>
- Behrer, A. P., & Bolotnyy, V. (2022). *Heat, crime, and punishment. Policy Research Working Paper 9909*. Washington, D.C.: Banco Mundial. <http://documents.worldbank.org/curated/en/205651643052206856>
- Boix-Vilella, S., Saiz-Clar, E., León-Zarceño, E., & Serrano, M. A. (2021). *Influence of air temperature on school teachers' mood and the perception of students' behavior*. *Sustainability*, 13(17), 9707. <https://doi.org/10.3390/su13179707>
- Borgen, N. T., Markussen, S., & Raaum, O. (2023). *Socioeconomic differences in the long-term effects of teacher absence on student outcomes*. *European Societies*, 26(3), 639-667. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39044744/>
- Bos, M.S. & Schwartz, L. (2023). *Educación y cambio climático: ¿cómo desarrollar habilidades para la acción climática en la edad escolar?* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004917>
- Bos, M.S., Schwartz, L., & Licheri, M.. (2018). *Escuelas del Siglo XXI en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0001450>
- Brambilla, A., Bonvin, J., Flourentzou, F., & Jusselme, T. (2018). *On the Influence of Thermal Mass and Natural Ventilation on Overheating Risk in Offices*. *Buildings*. 8. 47. 10.3390/buildings8040047
- Bunker et al. (2024). *The effects of cool roofs on health, environmental, and economic outcomes in rural Africa: Study protocol for a community-based cluster randomized controlled trial*. *Trials* 25, 59. <https://doi.org/10.1186/s13063-023-07804->
- Burns, M. (2023). *Distance education for teacher training: Modes, models and methods*. Washington, D.C.: Education Development Center. <https://edc.org/resources/distance-education-for-teacher-training-modes-models-and-methods/>
- Cabezas, J. (2013). *Eficiencia energética a través de pozos canadienses: caso real Casa Pomaret* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya]. *Repositorio UPCommons*. <https://hdl.handle.net/2099.1/21068>
- Casady, Cepparulo, & Giuriato. (2024). *Public-private partnerships for low-carbon, climate-resilient infrastructure: Insights from the literature*. *Journal of Cleaner Production*, 470, 143338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143338>
- Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales (CEDLAS). (2022). *Estadísticas socioeconómicas para América Latina [Base de datos]*. Universidad Nacional de La Plata. <https://www.cedlas.econo.unlp.edu.ar/wp/estadisticas/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2024). *Preventing and reducing school dropout in Latin America and the Caribbean*. <https://hdl.handle.net/11362/68815>
- Chapelet, P. (2022). *Analysis of the Education Management and Information System of Jamaica: Diagnosis and proposal for strengthening the EMIS*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004619>
- Children's Environmental Rights Initiative (2023). *Falling short: Addressing the climate finance gap for children*. <https://resourcecentre.savethechildren.net/pdf/Climate-Finance-Report-final.pdf>
- Chioda. (2016). *Fin a la violencia en América Latina: una mirada a la prevención desde la infancia a la edad adulta*. Washington, D.C.: Banco Mundial. doi: 10.1596/978-1-4648-0664-3
- Cho, H. (2017). *The effects of summer heat on academic achievement: A cohort analysis*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.03.005>
- Clayton, S. (2020). *Climate anxiety: Psychological responses to climate change*. *Journal of Anxiety Disorders*, 74, 102263. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2020.102263>
- Coffey et al. (2021). *Understanding eco-anxiety: A systematic scoping review of current literature and identified knowledge gaps*. *The Journal of Climate Change and Health*, 3, 100047. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100047>
- Cobo, C., Hawkins, R., & Rovner, H. (2020). *How countries across Latin America use technology during COVID-19-driven school closures*. Banco Mundial. <https://blogs.worldbank.org/en/education/how-countries-across-latin-america-use-technology-during-covid19-driven-school-closures>
- Commings et al. (2015). *Case study of a double skin façade: Focus on the gap between predicted and measured*. En VII International Congress on Architectural Envelopes (27-29 de mayo de 2015, San Sebastián-Donostia, España). [https://www.researchgate.net/publication/320188329\\_Case\\_study\\_of\\_a\\_double\\_skin\\_facade\\_focus\\_on\\_the\\_gap\\_between\\_predicted\\_and\\_measured](https://www.researchgate.net/publication/320188329_Case_study_of_a_double_skin_facade_focus_on_the_gap_between_predicted_and_measured)
- Costa & Goldemberg. (2025). *Too hot to learn? Evidence from high school dropouts in Brazil*. *Economics Letters*, 247, 112157. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.112157>

- De Cian, E. et al (2019). *Households' adaptation in a warming climate: Air conditioning and thermal insulation choices*. *Environmental Science and Policy*, 100, 136–157. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.015>
- Deressa, et al. (2009). *Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia*. *Global Environmental Change*, 19(2), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.01.002>
- Duarte, J., Gargiulo, C., & Martín, M. (2013). *Infrastructure and learning in Latin American elementary education: An analysis based on the SERCE*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0009016>
- Duarte, J., Jaureguiberry, F., & Racimo, M. (2017). *Sufficiency, equity and effectiveness of school infrastructure in Latin America according to TERCE*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0006344>
- EDHEC. (2021). *Advantages and disadvantages of online education*. EDHEC Business School. <https://www.edhec.edu/en/news/advantages-and-disadvantages-online-education>
- EiE Hub. (2023). *Leveraging education in emergencies for climate action: Evidence, strategic opportunities, and promising practices*. Geneva Global Hub for Education in Emergencies. <https://eiehub.org/resource/leveraging-education-in-emergencies-for-climate-action>
- Elacqua, G., Navarro-Palau, P., Prada, M. F., & Soares, S. (2020). *Hablemos de política educativa en América Latina y el Caribe #5: Educación a distancia, semipresencial o presencial: ¿Qué dice la evidencia?* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0002998>
- Elacqua, G., et al. (2025). *Gasto inteligente en educación escolar en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0013632>
- Comisión Europea / EACEA / Eurydice. (2021). *The organisation of school time in Europe: Primary and general secondary education – 2021/22*. <https://doi.org/10.2797/63021>
- Evans, D., & Yuan, F. (2019). *Equivalent years of schooling: A metric to communicate learning gains in concrete terms*. Policy Research Working Paper 8752. Washington, D.C.: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/31315>
- Fischel, E., et al. (2023). *Escuelas verdes: Lineamientos para el diseño de infraestructura escolar sostenible, baja en carbono y resiliente*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0005366>
- Fishman, Carrillo, & Russ. (2019). *Long-term impacts of exposure to high temperatures on human capital and economic productivity*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 93, 221–238. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.10.001>
- Fujii, H. et al. (2015). *Fatigue and sleep under large summer temperature differences*. *Environmental Research*, 138, 17–21. 10.1016/j.envres.2015.02.006
- G1. (2025). *Quase 75% das escolas estaduais do RS não têm ar-condicionado; aulas foram suspensas por onda de calor*. G1 Brasil. <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2025/02/10/quase-75percent-das-escolas-estaduais-do-rs-nao-tem-ar-condicionado-aulas-foram-suspensas-por-onda-de-calor.ghtml>
- Garg, T., Jagnani, M., & Taraz, V. (2020). *Temperature and human capital in India*. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7, 1113–1150. <https://doi.org/10.1086/710066>
- Giraldo. (2018). *Optimización del confort térmico en clima ecuatorial con tecnologías pasivas en fachadas [Tesis de grado]*. Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68080>
- González-Hidalgo, G., Sánchez-Flores, H., & López-Castellanos, G. (2011). *Stress test at 44 °C and 80 % of humidity and usefulness of ice suit*. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 49, 487–492. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22185848/>
- González et al. (2024). *Acceso a agua y saneamiento: un servicio esencial en los centros educativos*. Blog del BID – Agua. <https://blogs.iadb.org/agua/es/acceso-a-agua-y-saneamiento-un-servicio-esencial-en-los-centros-educativos>
- Goodman, J. (2014). *Flaking out: Student absences and snow days as disruptions of instructional time*. Working Paper 20221. Washington, D.C.: Banco Nacional de Investigación Económica (NBER). <https://ssrn.com/abstract=2450921>
- Gottlieb et al. (2024). *Herramienta de integración de tecnologías digitales en los sistemas educativos: Marco conceptual para América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0012913>
- Graff Zivin, H., Hsiang, S., & Neidell, M. (2018). *Temperature and human capital in the short and long run*. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(1).
- Graff Zivin, J., Song, Y., Tang, Q., & Zhang, P. (2020). *Temperature and high-stakes cognitive performance: Evidence from the national college entrance examination in China*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 104, 102365. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102365>
- Global Partnership for Education (GPE). (2023). *Toward climate-smart education systems: A 7-dimension framework for action*. *Global Partnership for Education Working Paper*. Washington, D.C.

- Guimarães et al. (2013). *The influence of ceiling height in thermal comfort of buildings: A case study in Belo Horizonte, Brazil*. *Engineering*, 37, 75-86.
- Hallegatte, S., Fay, M., & Barbier, E. B. (2018). *Poverty and climate change: Introduction*. *Environment and Development Economics*, 23(3), 217–233. <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000141>
- Haverinen-Shaughnessy, U., & Shaughnessy, R. J. (2015). *Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores*. *PLoS ONE*, 10(8), e0136165. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136165>
- Helldén, et al. (2021). *Climate change and child health: A scoping review and an expanded conceptual framework*. *The Lancet Planetary Health*, 5(3), e164–e175. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30274-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30274-6)
- Hevia, F., Vergara-Lope, S., Zoido, P., Székely, M., & Almeyda, G. (2023). *Efectos de las tutorías para los tutores: Evidencias de un proyecto de tutorías remotas en México, El Salvador y Guatemala*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0005116>
- Heyes, A., & Saberian, S. (2019). *Temperature and decisions: Evidence from 207,000 court cases*. *American Economic Journal: Applied Economics*, 11(2), 238–265. DOI: 10.1257/app.20170223
- Hoffmann, B., Pulido, X., & Vera-Cossio, D. A. (2023). *The unequal effect of temperature on test scores: Evidence from Colombia*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004832>
- Hovath, & Borgonovi. (2022). *Global warming, pollution and cognitive developments: The effects of high pollution and temperature levels on cognitive ability throughout the life course*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). <https://doi.org/10.1787/319b9a1f-en>
- Huellas de Arquitectura. (2013). *El jardín social de Timayui: Paisaje urbano sostenible*. <https://huellasdearquitectura.com>
- Hume, I. (2024). *Clima y rendimiento académico: El efecto de las altas temperaturas en las pruebas estandarizadas* [Tesis de grado]. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/2250/201483>
- Hyndman, Shortridge, & Vanos. (2023). *The impact of indoor and outdoor heat extremes on schoolchildren*. *Sustainability*. DOI: 10.4324/9781003103165-2
- IIEP-UNESCO. (2021). *Strengthening education management information systems for increased resilience to crises: A synthesis of case studies*. París: UNESCO. <https://doi.org/10.54675/HXSH2887>
- IIEP-UNESCO. (2023). *Institutionalizing education in emergencies data production and use for crisis-sensitive educational planning*. París: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388205>
- IIEP UNESCO & GEM (2017). *Reducir la pobreza en el mundo gracias a la enseñanza primaria y secundaria universal*. París: UNESCO. <https://www.unesco.org/gem-report/es/node/91>
- IIEP UNESCO. (s.f.). *Planeamiento educativo sensible al contexto*. <https://www.iiep.unesco.org/es/node/18>
- IPCC. (2020). *The concept of risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A summary of cross-working group discussions. Guidance for IPCC authors*. Ginebra: IPCC.
- Juras. (2024). *Measurement of innovative green façades in the Central European climate*. *Buildings*, 14(10), 3181. <https://doi.org/10.3390/buildings14103181>
- Kaffenberger, M. (2021). *Modelling the long-run learning impact of the COVID-19 learning shock: Actions to (more than) mitigate loss*. *International Journal of Educational Development*, 81, 102326. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102326>
- Kagawa, F. (2022). *The Heat is On! Towards a Climate Resilient Education System in India*. Kathmandu: UNICEF Regional Office for South Asia
- Khan, I. et al (2020). *Farm households' risk perception, attitude and adaptation strategies in dealing with climate change: Promise and perils from rural Pakistan*. *Land Use Policy*, 91, 104395. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104395>
- Kussel. (2018). *Adaptation to climate variability: Evidence for German households*. *Ecological Economics*, 143, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.039>
- Lala, & Hagishima. (2023). *Impact of escalating heat waves on students' well-being and overall health: A survey of primary school teachers*. *Climate*, 11(6), Artículo 126. <https://doi.org/10.3390/cli11060126>
- Lanza, M., Alcazar, D. M., Hoelscher, H. W., & Kohl, H. W. (2021). *Effects of trees, gardens, and nature trails on heat index and child health: Design and methods of the Green Schoolyards Project*. *BMC Public Health*, 21, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-10128-2>
- Leichenko, R., & Silva, J. A. (2014). *Climate change and poverty: Vulnerability, impacts, and alleviation strategies*. *WIREs Climate Change*, 5, 539–556. <https://doi.org/10.1002/wcc.287>

- Leme, A., & Maia, I. (2015). *Evaluation of fatigue at work in teachers using modern resources in the classroom*. *Procedia Manufacturing*, 3, 4852–4859. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.601>
- Léger-Goodes, T. et al. (2022). *Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change*. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.872544>
- Leonard, S. (2018). *Temperature and teacher absence: Evidence from 4,085 schools in India* [Tesis de maestría, Universidad de Ottawa]. *Repositorio institucional de la Universidad de Ottawa (RUOR)*. <https://ruor.uottawa.ca>
- Liao, C., Olazabal, E., & Barron, M. (2025). *Effects of temperature shocks during early childhood on school performance: The case of Peru*. *Revista Academia y Negocios*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.29393/RAN11-6ESLO30006>
- Lochner, L., & Moretti, E. (2004). *The effect of education on crime: Evidence from prison inmates, arrests, and self-reports*. *The American Economic Review*, 94, 155–189. <https://doi.org/10.1257/000282804322970751>
- Lochner. (2007). *Individual perceptions of the criminal justice system*. *American Economic Review*, 97(1), 444–460. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.1.444>
- Malmquist et al. (2021). *Vulnerability and adaptation to heat waves in preschools: Experiences, impacts and responses by unit heads, educators and parents*. *Climate Risk Management*, 31(5), 10027. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100271>
- Mateo-Berganza Díaz, M. et al. (2019). *Habilidades del siglo 21: Desarrollo de habilidades transversales en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0001574>
- McCormack, K. et al (2023). *Education under extremes: Temperature, student absenteeism, and disciplinary infractions*. [https://kristen-mccormack.com/files/mccormack\\_jmp.pdf](https://kristen-mccormack.com/files/mccormack_jmp.pdf)
- Meili et al. (2025). *Modeling the effect of trees on energy demand for indoor cooling and dehumidification across cities and climates*. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13(3), <https://doi.org/10.1029/2024MS004590>
- Mileti, D. S. (1999). *Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press. <https://doi.org/10.17226/5782>
- Montjourides. (2013). *Education data in conflict-affected countries: The fifth failure?* *Prospects*, 43(1). <https://doi.org/10.1007/s11125-012-9260-8>
- Montenegro, C. & Patrinos, H.A. (2014). *Comparable estimates of returns to schooling around the world*. *Policy Research Working Paper*; No. 7020. Washington, D.C.: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/20340>
- Montenegro et al. (2024). *Agua y saneamiento en escuelas: Planificación y diseño de instalaciones sanitarias*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0013037>
- Muñoz-Najar et al. (2021). *Remote learning during COVID-19: Lessons from today, principles for tomorrow*. Washington, D.C.: Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36535>
- Muttarak, R., & Pothisiri, W. (2013). *The role of education on disaster preparedness: Case study of 2012 Indian Ocean earthquakes on Thailand's Andaman coast*. *Ecology and Society*, 18(4), 51. <https://www.jstor.org/stable/26269420>
- Nairn, J., & Fawcett, R. (2014). *The excess heat factor: A metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(1), 227–253. <https://doi.org/10.3390/ijerph120100227>
- NAP Global Network. (2025). *Save the Children and NAP Global Network partner to boost education in adaptation planning*. <https://napglobalnetwork.org>
- NEEFUSA & CMHN. (2025). *Climate emotions in the classroom: Research findings from U.S. public middle school teachers*. <https://neefusa.org>
- Neidhöfer, G., Serrano, J., & Gasparini, L. (2018). *Educational inequality and intergenerational mobility in Latin America: A new database*. *Journal of Development Economics*, 134, 329–349. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.05.016>
- OCDE. (2021). *How much do 15-year-olds learn over one year of schooling?* París: OCDE. <https://doi.org/10.1787/4f32b31c-en>
- OCDE. (2023). *Skills in Latin America: Insights from the Survey of Adult Skills (PIAAC)*. París: OCDE. <https://doi.org/10.1787/0d5d3eaf-en>
- OCDE. (2024). *Education at a glance 2024*. París: OCDE. <https://doi.org/10.1787/69096873-en>
- Olinger Steeves et al. (2017). *Crisis preparedness in schools: Evaluating staff perspectives and providing recommendations for best practice*. *Psychology in the Schools*, 54(6). <https://doi.org/10.1002/pits.22017>
- Oreopoulos, P., & Salvanes, K. G. (2011). *Priceless: The nonpecuniary benefits of schooling*. *Journal of Economic Perspectives*, 25(1), 159–184. [10.1257/jep.25.1.159](https://doi.org/10.1257/jep.25.1.159)

- Osberghaus, D., & Abeling, T. (2022). *Heat vulnerability and adaptation of low-income households in Germany*. *Global Environmental Change*, 72, 102446. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102446>
- Paci-Green, R., et al (2020). *Comprehensive school safety policy: A global baseline survey*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101399>
- Páez et al. (2025, en proceso de publicación). *Estimación del riesgo a las olas de calor de los sistemas educativos de América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Pal, A., Tsusaka, T. W., Nguyen, T. P. L., & Ahmad, M. M. (2023). *Assessment of vulnerability and resilience of school education to climate-induced hazards: A review*. *Development Studies Research*, 10, 2202826. <https://doi.org/10.1080/21665095.2023.2202826>
- Park, J. (2017). *Temperature, test scores, and human capital production*. Harvard University. [https://scholar.harvard.edu/files/jisungpark/files/temperature\\_test\\_scores\\_and\\_human\\_capital\\_production.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/jisungpark/files/temperature_test_scores_and_human_capital_production.pdf)
- Park, R. J. (2022). *Hot temperature and high-stakes performance*. *Journal of Human Resources*, 57(2), 400–434. DOI: 10.3368/jhr.57.2.0618-9535R3
- Park, J., Goodman, J., Hurwitz, M., & Smith, J. (2020). *Heat and learning*. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(2), 306–339. DOI: 10.1257/pol.20180612
- Park, J., Behrer, A. P., & Goodman, J. (2021). *Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States*. *Nature Human Behaviour*, 5, 19–27. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-00959-9>
- Passos et al. (2018). *+SOL +LUZ: Guía práctica para la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de infraestructura social*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0001245>
- Pazos, N., et al. (2023). *Long-term effects of rainfall shocks on foundational cognitive skills: Evidence from Peru*. IZA – Instituto de Economía Laboral.
- Pegram, J., & Knaute, D. (2019). *Caribbean children facing the climate crisis*. Christ Church (Barbados): UNICEF – Oficina para el Caribe Oriental.
- Pereira et al. (2022). *Performance of solar control films on building glazing: A Literature Review*. *Applied Sciences*, 12(12), 5923. <https://doi.org/10.3390/app12125923>
- Pérez. (2018). *Efecto de la temperatura en el corto y largo plazo en pruebas educacionales estandarizadas* [Tesis de magíster en Economía]. Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://economia.uc.cl/tesis/Perez-2018.pdf>
- Pérez Alfaro, M., & Bogliaccini, J. (2022). *COVID-19, vuelta a clases y percepciones de las familias: ¿Qué podemos aprender de Uruguay?* <https://blogs.iadb.org/educacion/es/covid-19-vuelta-a-clases-uruguay>
- Pichler, A., & Striessnig, E. (2013). *Differential vulnerability to hurricanes in Cuba, Haiti, and the Dominican Republic: The contribution of education*. *Ecology and Society*, 18(3). <https://doi.org/10.5751/ES-05774-180331>
- Porras-Salazar, J. A., et al . (2018). *Reducing classroom temperature in a tropical climate improved the thermal comfort and the performance of elementary school pupils*. *Indoor Air*, 28, 892–904. DOI: 10.1111/ina.12501
- Prentice, P., Vergunst, B., Minor, K., & Berry, H. (2024). *Education outcomes in the era of global climate change*. *Nature Climate Change Review*. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01945-z>
- Preña, E. M., & Labayo, C. P. (2024). *Policy responses to extreme heat and its impact on education: The Philippine experience*. *Policy Futures in Education*, 23(3), 652–675. <https://doi.org/10.1177/14782103241288276>
- Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). *Returns to investment in education: A decennial review of the global literature*. *Education Economics*, 26(5), 445–458. <https://doi.org/10.1080/09645292.2018.1484426>
- Punyasompun et al. (2009). *Investigation on the application of solar chimney for multi-storey buildings*. *Renewable Energy*, 34(12), 2545–2561. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.03.032>
- Rakotondramiarana. (2015). *Dynamic simulation of green roofs' impact on building energy performance: Estudio de caso en Antananarivo (Madagascar)*. *Buildings*, 5(2), 497–520; <https://doi.org/10.3390/buildings5020497>
- Rieble-Aubourg, S., & Viteri, A. (2020). *COVID-19: ¿Estamos preparados para el aprendizaje en línea? Nota CIMA n.º 20*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0002303>
- Rizzo, K. (2022). *Optimising mechanical ventilation for indoor air quality and thermal comfort*. *Sustainability*, 16(2), 766; <https://doi.org/10.3390/su16020766>
- Roach, T., & Whitney, J. (2022). *Heat and learning in elementary and middle school*. *Education Economics*, 30(1), 29–46. <https://doi.org/10.1080/09645292.2021.1931815>

- Rogero. (2025). *Intense heatwave in southern Brazil forces schools to suspend return*. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2025/feb/12/brazil-record-heat-rio-grande-do-sul>
- Sabarwal, S., Venegas Marin, S., Spivack, M., & Ambasz, D. (2024). *Choosing our future: Education for climate action*. Washington, D.C.: *Banco Mundial*.
- Salthammer, T., et al. (2016). *Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution*. *Environment International*, 94, 196–210. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009>
- San Juan, G., Hoses, S., & Martini, I. (2014). *Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI: Nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares*. Washington, D.C.: *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. <http://dx.doi.org/10.18235/0006293>
- Santana, O. A. et al (2013). *Integration of face-to-face and virtual classes improves test scores in biology undergraduate courses on days with flooding in Brazil*. *Acta Scientiarum Education*, 35(1). <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v35i1.17219>
- Schady, N. Et al (2024, en publicación). *Heat and learning: How exposure to extreme heat affects learning in Brazil*. Washington, D.C.: *Banco Mundial*.
- Seppänen, O., & Vuolle, M. (2003). *Control of temperature for productivity*. *REHVA Journal*. *Federación Europea de Asociaciones de Calefacción y Aire Acondicionado*, 8–12.
- Seppänen, T., Fisk, W., & Lei, Q. (2006). *Effect of temperature on task performance in office environment*. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. <https://escholarship.org/uc/item/45g4n3rv>
- Shortridge et al. (2022). *HeatReady Schools: A novel approach to enhance adaptive capacity to heat through school community experiences, risks, and perceptions*. *Climate Risk Management*, 36(1), 100437. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100437>
- Stasi, R., Ruggiero, F. & Berardi, U. (2024). *Influence of cross-ventilation cooling potential on thermal comfort in high-rise buildings in a hot and humid climate*. *Building and Environment*, 248(15), 111096, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111096>
- Talbot-Wright, H., & Vogt-Schilb, A. (2023). *Con el calor y el agua al cuello: Nueve caminos hacia un desarrollo resiliente al cambio climático*. Washington, D.C.: *Interamericano de Desarrollo (BID)*. <https://doi.org/10.18235/0005214>
- Tian, X., Fang, Z., & Liu, W. (2021). *Decreased humidity improves cognitive performance at extreme high indoor temperature*. *Indoor Air*, 31, 608–627. DOI: 10.1111/ina.12755
- UNESCO. (2025). *Informe mundial sobre el personal docente: Afrontar la escasez de docentes y transformar la profesión*. París: *UNESCO*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000393262>
- UNICEF. (2021). *COVID-19 and school closures: Base de datos global de cierres escolares*. <https://data.unicef.org/resources/one-year-of-covid-19-and-school-closures/>
- UNICEF. (2023a). *Shape the future of education in Latin America and the Caribbean: Skills for life and work. An investment opportunity for the public and private sectors*. [https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org/lac/files/2023-08/28\\_08\\_23\\_Adolescent%20Skills%20Investment%20Case%20FINAL.pdf](https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org/lac/files/2023-08/28_08_23_Adolescent%20Skills%20Investment%20Case%20FINAL.pdf)
- UNICEF. (2023b). *Proteger a los niños y niñas del estrés térmico: Nota técnica*. <https://www.unicef.org/media/153611/file/Proteger-a-los-ni%C3%B1os-y-ni%C3%B1as-del-estr%C3%A9s-t%C3%A9rmico-Nota-t%C3%A9cnica-2023.pdf>
- UNICEF. (2024, abril 22). *Día de la Tierra: ¿Cómo está Colombia en materia de protección ambiental?* *UNICEF Colombia*. <https://www.unicef.org/colombia/diadelatierra>
- UNICEF. (2025). *Learning interrupted: Global snapshot of climate-related school disruptions in 2024*. <https://www.unicef.org/media/170626/file/Global-snapshot-climate-related-school-disruptions-2024.pdf>
- UNICEF EAPRO. (2019). *It is getting hot: Call for education systems to respond to the climate crisis – Perspective from East Asia and the Pacific*. Bangkok: *UNICEF*. <https://www.unicef.org/eap/media/4596/file/It%20is%20getting%20hot:%20Call%20for%20education%20systems%20to%20respond%20to%20the%20climate%20crisis.pdf>
- UNICEF & OMS. (2022). *Avances en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en las escuelas: Actualización de los datos de 2000 a 2021*. Nueva York: *UNICEF y OMS*.
- Van der Land, V., & Hummel, D. (2013). *Vulnerability and the role of education in environmentally induced migration in Mali and Senegal*. *Ecology and Society*, 18(4), 14.
- Van Wyk, & Crouch. (2020). *Efficiency and effectiveness in choosing and using an EMIS: guidelines for data management and functionality in Education management Information systems (EMIS)*. *UNESCO Institute for Statistics, Global Partnership for Education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374582>
- Venegas Marin, S., Schwarz, L., & Sabarwal, S. (2024). *The impact of climate change on education*. Washington, D.C.: *Banco Mundial*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/42686>

- Villafuerte, M., Juanillo, C., & Hilario, F. (2017). *Climatic insights on academic calendar shift in the Philippines*. *Philippine Journal of Science*, 146(3), 267–276. <https://philjournalsci.dost.gov.ph/climatic-insights-on-academic-calendar-shift-in-the-philippines>
- Vu, T. M. (2022). *Effects of heat on mathematics test performance in Vietnam*. *Asian Economic Journal*, 36, 72–94. <https://doi.org/10.1111/asej.12259>
- Wamsler, C., Brink, E., & Rentala, O. (2012). *Climate change, adaptation, and formal education: The role of schooling for increasing societies' adaptive capacities in El Salvador and Brazil*. *Ecology and Society*, 17(2), 2. <https://www.jstor.org/stable/26269029>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2007). *The effect of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children*. *HVAC&R Research*, 13(2), 193–220. <https://doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2013). *Providing better thermal and air quality conditions in classrooms would be cost-effective*. *Building and Environment*, 59, 581–589. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.10.007>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2017). *Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork*. *Building and Environment*, 112, 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.020>
- Wargocki, P., Porras-Salazar, J. A., & Contreras-Espinoza, S. (2019). *The relationship between classroom temperature and children's performance in school*. *Building and Environment*, 157, 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.046>
- Whitlock, C. (2023). *Climate change anxiety in young people*. *Nature Mental Health*, 1(5), 297–298. <https://doi.org/10.1038/s44220-023-00059-3>
- Yuan et al. (2024). *Reflective coatings: Enhancing building performance and sustainability*. *Nano-Structures & Nano-Objects* 39, 101296, <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2024.101296>
- Zamand, S., & Hyder, S. (2016). *Impact of climatic shocks on child human capital: Evidence from Young Lives data*. *Environmental Hazards*, 15, 246–268. <https://doi.org/10.1080/17477891.2016.1185003>
- Zhang, X., Chen, X., & Zhang, X. (2024). *Temperature and low-stakes cognitive performance*. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 11(1), 75–96. <https://doi.org/10.1086/726007>
- Zoido, P., Albornoz, F., Prieto, A., Almeyda, G., Hernández Cardozo, J. C., Oubiña, V., & Calderón, M. (2023a). *Multiplicar aprendizajes: Tutorías a distancia para potenciar la escuela*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0005309>
- Zoido, P., Flores, I., & Székely, M. (2023b). *Programa de tutorías remotas para acelerar aprendizajes*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0004916>
- Zoido, P., Flores, I., Székely, M., & Hevia, F. (2023c). *América Latina: Experiencias exitosas de tutorías remotas*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0005047>
- Zivin, J. G., & Shrader, J. (2016). *Temperature extremes, health, and human capital*. *Future of Children*, 26(1), 31–50.

