

MENTE COMPROMETIDA

A crise climática e ambiental impactam o neurodesenvolvimento de diversas formas, começando ainda na fase uterina. Além dos efeitos da exposição a poluentes, a insegurança alimentar, que leva à desnutrição, e o estresse psicológico afetam a saúde e o bem-estar mental das crianças

PRÉ-NATAL

- A poluição desencadeia um processo inflamatório sistêmico, com aumento de citocinas circulantes, que posteriormente entram na circulação cerebral, causando inflamação e levando toxicidade ao cérebro.
- Estudos em humanos mostraram que a ativação do estresse oxidativo e das vias inflamatórias durante a gravidez altera a barreira hematoplacentária, que protege o feto, permitindo que substâncias tóxicas, como ferro, cobre, chumbo e carbono negro atinjam os tecidos fetais.

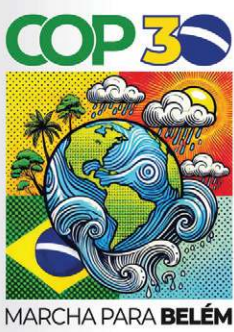
APÓS O NASCIMENTO

- As vias pelas quais a poluição do ar pode chegar ao sistema nervoso central são respiratórias (partículas inaladas entram nos pulmões, passam pelos alvéolos, entram na corrente sanguínea e eventualmente penetram no cérebro) e nasais (partículas inaladas são transportadas diretamente para o cérebro através do nervo e bulbo olfatórios).
- O dióxido de nitrogênio e as partículas em suspensão PM 2,5 provocam danos neuronais e perdas em estruturas do córtex pré-frontal, bulbo olfatório e mesencéfalo por meio de um processo inflamatório, mecanismo associado, a médio prazo, ao Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH).
- Poluentes também afetam componentes da microbiota intestinal que regulam neurotransmissores centrais, como serotonina. Estudos sugerem que depressão, ansiedade, autismo e TDAH podem estar associados à disbiose da microbiota.
- Estudos de ressonância magnética cerebral mostram uma associação entre poluição do ar e espessura cortical (volume de matéria cinzenta) das regiões frontal, parietal, temporal e dos gânglios basais. Essas mudanças estruturais podem impactar várias funções do neurodesenvolvimento.
- Pesquisas mais recentes sugerem uma associação direta entre poluição e volume reduzido de estruturas cerebrais, além do enfraquecimento das vias de conectividade, resultando em um impacto nas funções cognitivas (raciocínio, resolução de problemas, organização visuoespacial).

Fontes: The climate crisis is a child rights crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index/Unicef



Valdo Virgo/CB/D.A Press



CÉREBRO SOB ATAQUE

Na segunda reportagem da série sobre crise climática e saúde infantojuvenil, pesquisas demonstram como a poluição proveniente dos combustíveis fósseis e as temperaturas extremas afetam o neurodesenvolvimento, com efeitos duradouros

» PALOMA OLIVETO

Silencioso e invisível, um dos impactos mais devastadores da crise climática na saúde infantojuvenil não é medido por problemas respiratórios, infecções nem choque térmico. Estudos revelam que os poluentes atmosféricos e os extremos de temperatura alteram o neurodesenvolvimento, desde a fase intrauterina, comprometendo, a longo prazo, o aprendizado, a cognição e a sanidade mental. Os mesmos prejuízos podem afetar o cérebro de crianças expostas à insegurança alimentar, outro efeito colateral de um mundo cada vez mais insalubre.

“Os poluentes inalados são recebidos pelo epitélio nasal e chegam ao cérebro pelo nervo olfatório, que está conectado ao bulbo olfatório, um receptor encostado no hipocampo. Essa é uma importante área do cérebro, que controla, entre outras coisas, humor e memória”, descreve Paulo Saldiva, professor da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. O patologista, que também é membro da Academia Brasileira de Ciências, pesquisa há décadas a associação entre ambiente e saúde e é autor de diversos estudos sobre o tema.

Saldiva destaca que crianças geradas em ambientes poluídos podem apresentar atraso no desenvolvimento cognitivo e dificuldade de aprendizado. “Também têm uma chance maior de desenvolver déficit de atenção e hiperatividade. A exposição à poluição também está associada ao envelhecimento cerebral, por isso, em idosos, tem relação com um risco maior de doença de Alzheimer”, diz. Segundo o cientista, a exposição aos poluentes atmosféricos prejudica o desenvolvimento do feto tanto quanto se a mãe fumasse cinco cigarros por dia.

Mecanismos

Um artigo de revisão publicado no *Journal de Pediatria*, da Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP), explorou os impactos da crise climática no neurodesenvolvimento e explica alguns dos mecanismos em potencial da associação. Os autores, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e do Instituto do Cérebro de Porto Alegre (InsCer) observam que, na gestação, o estresse das vias inflamatórias afeta a barreira que protege a placenta, permitindo que substâncias tóxicas, como ferro, cobre, chumbo e carbono negro

Três perguntas para

ANA CLÁUDIA PIRES CARVALHO, neurologista do Hospital Anchieta, em Brasília, membro da Academia Brasileira de Neurologia (ABN)

Como a crise climática afeta o neurodesenvolvimento?

De diversas maneiras, algumas imediatas e outras de longo prazo. Tanto a exposição precoce a temperaturas extremas quanto a poluição ambiental podem comprometer o desenvolvimento cerebral. Além disso, a poluição atmosférica — agravada pelas mudanças climáticas — pode gerar inflamação no cérebro e impactar funções cognitivas essenciais, aumentando o risco de transtornos como TDAH, ansiedade e depressão. Outra preocupação é o impacto indireto da crise climática. Crianças em situação de vulnerabilidade socioeconômica são as mais afetadas, pois, muitas vezes, vivem em áreas com maior exposição a riscos climáticos e menos acesso a recursos de proteção. Isso pode aumentar o estresse infantil, podendo desencadear problemas emocionais e cognitivos.

Os extremos climáticos podem impactar o neurodesenvolvimento?

Tanto o frio intenso durante a gestação e os primeiros anos de vida quanto o calor excessivo na primeira infância podem desencadear processos inflamatórios no organismo, sendo associados a alterações na microestrutura



Arquivo pessoal

da substância branca do cérebro, uma região essencial para a conectividade neural e o desenvolvimento cognitivo. Isso pode potencialmente prejudicar seu amadurecimento, com impacto na cognição e na saúde mental na adolescência. Temperaturas extremas também podem comprometer a qualidade do sono infantil, essencial para a consolidação da memória e para o desenvolvimento cognitivo.

Quais os mecanismos por trás dessas associações?

Os mecanismos envolvidos parecem ser multifatoriais.

Um dos principais fatores é o aumento na liberação de cortisol. Esse hormônio do estresse, quando cronicamente elevado, pode afetar o neurodesenvolvimento, interferindo na mielinização dos neurônios e na conectividade cerebral. Essas descobertas reforçam a necessidade de medidas de mitigação, como políticas para garantir ambientes térmicos adequados e programas que protejam o neurodesenvolvimento infantil ante as mudanças climáticas.

(produzido pela queima de combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural) cheguem aos tecidos fetais.

Segundo o artigo, partículas poluentes do tipo PM 2,5 — emitidas por veículos, indústrias, incêndios florestais e queima de combustíveis fósseis — desencadeiam um processo inflamatório que danifica os neurônios e importantes estruturas do cérebro. “Esse mecanismo estaria associado a médio prazo ao transtorno do déficit de atenção (TDAH) e, posteriormente, à doença de Alzheimer.” Outra via apontada pelos pesquisadores é a alteração da microbiota intestinal por agentes tóxicos. “Estudos sugerem

que depressão, ansiedade, autismo e TDAH podem estar associados à disbiose da microbiota.”

Os danos cerebrais causados pela inflamação desencadeada pelos poluentes continuam a afetar as crianças após o nascimento. “Adolescentes expostos à poluição do ar e a temperaturas extremas podem apresentar alterações estruturais no cérebro, especialmente na substância branca, que desempenha um papel fundamental na conectividade neural e no processamento de informações”, afirma o neurologista Maciel Pontes, do Hospital de Base de Brasília. “Além disso, há indícios de que viver em áreas com maior poluição e exposição a eventos climáticos

extremos pode contribuir para dificuldades na regulação emocional e para o aumento dos sintomas depressivos nessa fase da vida.”

Conexões

Os extremos de temperatura também afetam o neurodesenvolvimento e as conexões entre as células cerebrais, de acordo com dois estudos recentes publicados por pesquisadores da Espanha e da Holanda. “Sabemos que o cérebro em desenvolvimento de fetos e crianças é particularmente suscetível a exposições ambientais, e há evidências preliminares de que a exposição ao frio e ao calor pode

afetar o bem-estar mental e o desempenho cognitivo em crianças e adolescentes”, diz Mônica Guxens, coautora dos artigos e pesquisadora do Instituto de Saúde Global de Barcelona (ISGlobal) e do Centro Médico Universitário Erasmus.

Os estudos foram feitos com dados de 2,6 mil crianças de 9 a 12 anos de Roterdã, na Holanda. A análise de tomografias e ressonâncias magnéticas, correlacionadas à temperatura às quais as mães e os bebês foram expostos até os 3 anos, revelou que o frio e o calor excessivos afetam a substância branca do cérebro. Os efeitos na cognição e na saúde mental mostraram-se duradouros.

“Os extremos de temperatura podem afetar a maturação da substância branca do cérebro, responsável pela conectividade entre diferentes áreas cerebrais”, explica o neurologista Maciel Pontes. “Uma maturação mais lenta dessa estrutura pode comprometer a eficiência da comunicação neural, afetando o raciocínio, a memória e a saúde mental na infância e adolescência”, diz.

Cortisol

O médico ressalta que também há evidências de que temperaturas extremas têm potencial de afetar a qualidade do sono, ativar respostas inflamatórias no organismo e aumentar a produção de cortisol, hormônio relacionado ao estresse. “Esses fatores podem, a longo prazo, contribuir para dificuldades cognitivas e maior vulnerabilidade a transtornos como ansiedade e depressão.” Os estudos do ISGlobal e do Centro Médico Universitário Erasmus ressaltaram a lógica perversa da desigualdade: sem acesso a medidas de proteção, as crianças mais pobres também foram as mais vulneráveis.

Outra consequência da crise climática, enchentes também podem afetar a saúde mental, lembra o patologista Paulo Saldiva, professor da Faculdade de Medicina da USP. Um estudo conduzido por ele com dados brasileiros, que será publicado na revista *Nature GeoChemistry*, mostra uma correlação entre inundações e impactos na saúde mental que pode durar por muitos meses. “Em uma enchente, a pessoa perde a casa, o carro, a geladeira, perde tudo. Isso é traduzido em questões da saúde mental”, diz.

Leia amanhã: O adocimento respiratório de crianças e adolescentes provocado pela crise climática.