

# Efeitos Das Alterações Climáticas No Desenvolvimento Neurológico: Uma Análise Das Implicações Para Crianças Com TEA

Prof. Dr. Eduardo Jorge Custódio Da Silva

Consultor E Orientador Em Autismo E Medicina Do Adolescente

Médico E Docente Da Universidade Do Estado Do Rio De Janeiro/FCM-UERJ

Coordenador De Ensino E Pesquisa Do NESA-UERJ

Membro Da Academia De Medicina Do Rio De Janeiro

## Resumo

As alterações climáticas têm impactos significativos e amplamente documentados na saúde física, mas suas consequências no desenvolvimento neurológico infantil ainda são uma área emergente de investigação. Este estudo analisa como as mudanças climáticas, especialmente a poluição ambiental e os eventos climáticos extremos, afetam o desenvolvimento neurológico de crianças com transtorno do espectro autista (TEA). As crianças com TEA, devido a sua vulnerabilidade biológica e sensorial, são particularmente suscetíveis aos impactos ambientais, como exposição prolongada a poluentes atmosféricos e interrupções de rotina causadas por desastres naturais. Evidências crescentes indicam que a poluição do ar, incluindo material particulado fino (PM2.5) e óxidos de nitrogênio, está associada a maiores taxas de exacerbação de sintomas de TEA, como dificuldades na comunicação, comportamentos repetitivos e maior sensibilidade sensorial. Além disso, eventos climáticos extremos, como inundações e ondas de calor, não apenas afetam a estabilidade emocional das crianças, mas também interrompem o acesso a serviços essenciais, como terapias ocupacionais e de integração sensorial, aumentando a carga sobre as famílias e profissionais de saúde. Este estudo, baseado em uma revisão de literatura e análise de casos, explora essas interações complexas e destaca a necessidade urgente de políticas públicas e intervenções voltadas para a mitigação dos impactos climáticos no desenvolvimento neurológico. Conclui-se que abordar as implicações das mudanças climáticas para crianças com TEA requer esforços integrados que combinem redução de poluentes, adaptação aos eventos climáticos extremos e acesso contínuo a serviços especializados.

**Palavras-chave:** alterações climáticas; desenvolvimento neurológico; transtorno do espectro autista; poluição ambiental; eventos climáticos extremos; saúde infantil

Date of Submission: 26-11-2024

Date of Acceptance: 06-12-2024

## I. Introdução

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças globais do século XXI, afetando diversos aspectos da saúde humana, incluindo a saúde mental e o desenvolvimento neurológico. Enquanto os impactos físicos das mudanças climáticas, como aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares, têm sido amplamente documentados (Haines et al., 2006), as consequências para o desenvolvimento neurológico infantil permanecem subexploradas, especialmente em populações vulneráveis, como crianças com transtorno do espectro autista (TEA). Essas crianças, devido às suas características únicas, como sensibilidade sensorial aumentada e dificuldade de adaptação a mudanças, estão particularmente expostas aos efeitos adversos de alterações climáticas, como poluição do ar e eventos climáticos extremos (Howlin et al., 2004; Becerra et al., 2013).

O transtorno do espectro autista é uma condição neurológica e de desenvolvimento que afeta a comunicação, o comportamento e a interação social. De acordo com a American Psychiatric Association (2013), o TEA é caracterizado por uma ampla variabilidade nos sintomas e nas necessidades das crianças, o que as torna especialmente sensíveis a fatores ambientais. Estudos recentes sugerem que a poluição ambiental, em particular a exposição a poluentes atmosféricos como material particulado fino (PM2.5) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), está associada a um aumento da prevalência de TEA e ao agravamento de seus sintomas (Becerra et al., 2013; Perera et al., 2019). Além disso, eventos climáticos extremos, como ondas de calor, inundações e tempestades, não apenas interrompem as rotinas estruturadas essenciais para o bem-estar dessas crianças, mas também afetam o acesso a terapias e serviços de suporte, exacerbando ainda mais os desafios enfrentados pelas famílias.

## Poluição Ambiental e Desenvolvimento Neurológico

A relação entre poluição ambiental e desenvolvimento neurológico infantil tem sido amplamente discutida na literatura científica. A exposição prolongada a poluentes atmosféricos durante a gestação e a primeira

infância é associada a déficits cognitivos, atrasos no desenvolvimento e aumento do risco de condições neuropsiquiátricas, como TEA e TDAH (Becerra et al., 2013; Perera et al., 2019). Esses poluentes, como o PM2.5 e os compostos orgânicos voláteis, podem atravessar a barreira hematoencefálica e induzir processos inflamatórios no cérebro em desenvolvimento, afetando funções críticas como a plasticidade neural e a regulação de neurotransmissores (Block & Calderón-Garcidueñas, 2009).

Para crianças com TEA, que já possuem predisposição a alterações no funcionamento cerebral, a exposição a esses agentes tóxicos pode agravar sintomas como dificuldade de comunicação, comportamentos repetitivos e hipersensibilidade sensorial. Um estudo conduzido por Volk et al. (2013) revelou que crianças expostas a altos níveis de poluição do ar durante a gravidez tinham maior probabilidade de desenvolver TEA. Esses achados sugerem que a qualidade do ar deve ser tratada como uma prioridade nas políticas públicas de saúde e clima.

### **Eventos Climáticos Extremos e Impactos no TEA**

Além da poluição ambiental, eventos climáticos extremos, como enchentes, ondas de calor e tempestades, têm consequências significativas para crianças com TEA. Estudos indicam que desastres naturais frequentemente geram um aumento de transtornos mentais, como ansiedade e estresse pós-traumático, em crianças expostas (Clayton et al., 2017; Furr et al., 2010). Para crianças com TEA, que dependem de rotinas previsíveis para manter sua estabilidade emocional e comportamental, essas interrupções podem ser ainda mais prejudiciais (Howlin et al., 2004). As mudanças abruptas no ambiente, combinadas com o deslocamento forçado e a interrupção de serviços essenciais, como terapias ocupacionais e educacionais, aumentam os níveis de estresse e comprometem o desenvolvimento dessas crianças.

Por exemplo, durante o furacão Katrina, muitos serviços terapêuticos foram interrompidos, deixando crianças com TEA e suas famílias sem suporte adequado por meses (Abramson & Garfield, 2006). Esse tipo de cenário não é raro em contextos de desastres climáticos, e os desafios enfrentados por famílias de crianças neurodiversas frequentemente passam despercebidos em estratégias de resposta a emergências. Como sugerido por Masten (2014), a resiliência infantil depende de uma combinação de fatores individuais, familiares e comunitários, e a falta de suporte em qualquer uma dessas áreas pode ter impactos de longo prazo no desenvolvimento infantil.

### **Interseção Entre Clima, Saúde Mental e Saúde Pública**

A interseção entre mudanças climáticas, saúde mental e desenvolvimento neurológico infantil exige uma abordagem integrada que combine pesquisa, prática clínica e formulação de políticas públicas. Clayton et al. (2017) argumentam que a saúde mental deve ser uma dimensão central das estratégias climáticas globais, dada sua interdependência com outros aspectos da saúde e do bem-estar humano. No caso de crianças com TEA, isso significa garantir que as políticas climáticas considerem suas necessidades específicas, desde a redução de poluentes até a adaptação a eventos climáticos extremos.

Além disso, é crucial reconhecer as disparidades sociais e econômicas que amplificam os impactos das mudanças climáticas em populações vulneráveis. Crianças de comunidades marginalizadas, que frequentemente enfrentam maior exposição à poluição e menos acesso a serviços de saúde e educação, estão duplamente vulneráveis. Como observado por Perera et al. (2019), a interação entre desigualdades socioeconômicas e exposição ambiental cria um ciclo de vulnerabilidade que compromete o desenvolvimento neurológico infantil. Essas desigualdades devem ser abordadas por meio de políticas públicas inclusivas, que garantam acesso equitativo a serviços de saúde e educação, mesmo em contextos de crise climática.

### **Objetivos do Estudo**

Com base nessas evidências, este estudo tem como objetivo explorar os impactos das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico de crianças com TEA, com foco em dois principais fatores: (1) a exposição à poluição ambiental e seus efeitos nos sintomas do TEA e (2) as consequências de eventos climáticos extremos na estabilidade emocional, comportamental e no acesso a serviços essenciais. Além disso, busca-se identificar estratégias de mitigação e adaptação que possam ser incorporadas em políticas públicas para proteger essa população vulnerável.

O estudo também visa contribuir para a conscientização sobre a necessidade de integrar a saúde mental e o desenvolvimento neurológico infantil nas estratégias climáticas, reconhecendo crianças com TEA como uma população prioritária. Compreender como as alterações climáticas impactam o desenvolvimento neurológico é essencial para a formulação de intervenções eficazes, que promovam a resiliência e o bem-estar dessas crianças em um mundo em transformação.

## II. Metodologia

Este estudo utiliza uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos, para analisar os impactos das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico de crianças com transtorno do espectro autista (TEA). A metodologia mista foi escolhida devido à necessidade de compreender não apenas os padrões estatísticos relacionados aos impactos ambientais, mas também as experiências subjetivas das famílias e cuidadores, o que enriquece a compreensão do fenômeno (Creswell, 2014).

### Objetivos Metodológicos

Os objetivos desta metodologia são:

1. Identificar correlações entre a exposição a poluentes atmosféricos e a gravidade dos sintomas do TEA.
2. Avaliar os efeitos de eventos climáticos extremos na estabilidade emocional e comportamental de crianças com TEA.
3. Explorar os desafios enfrentados por famílias e cuidadores na adaptação às mudanças climáticas e na busca de suporte para crianças neurodiversas.

### Desenho do Estudo

O estudo foi dividido em duas fases principais:

1. **Fase Quantitativa:** Análise de dados epidemiológicos e aplicação de instrumentos padronizados para medir o impacto da exposição ambiental nos sintomas do TEA.
2. **Fase Qualitativa:** Entrevistas semiestruturadas com cuidadores de crianças com TEA e profissionais de saúde para explorar as implicações subjetivas das alterações climáticas.

Essa abordagem mista permite uma triangulação de dados, combinando análises estatísticas e relatos pessoais para gerar uma visão abrangente e profunda (Patton, 2002).

### Amostra e Participantes

A amostra foi composta por 120 crianças diagnosticadas com TEA, com idades entre 6 e 12 anos, residentes em áreas urbanas e rurais com diferentes níveis de exposição à poluição ambiental e suscetibilidade a eventos climáticos extremos. A seleção dos participantes foi baseada nos seguintes critérios:

- Diagnóstico formal de TEA, conforme os critérios do *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)* (American Psychiatric Association, 2013).
- Residência em regiões de alta e baixa exposição a poluentes atmosféricos, identificadas com base em dados da Organização Mundial da Saúde (OMS).
- Participação voluntária de cuidadores e consentimento informado.

A amostra foi dividida em dois grupos:

- **Grupo Exposto:** Crianças que vivem em áreas com alta poluição atmosférica ou que sofreram impactos diretos de eventos climáticos extremos, como inundações ou ondas de calor.
- **Grupo Controle:** Crianças que vivem em áreas de menor poluição ambiental e sem exposição recente a eventos climáticos extremos.

A escolha da amostragem intencional permite investigar os efeitos de maneira direcionada, priorizando contextos relevantes para os objetivos do estudo (Creswell, 2014).

### Instrumentos de Coleta de Dados

#### Fase Quantitativa

Na fase quantitativa, foram utilizados os seguintes instrumentos:

1. **Escala de Gravidade do TEA (Autism Diagnostic Observation Schedule - ADOS-2):** Ferramenta padronizada para medir a severidade dos sintomas do TEA (Lord et al., 2012).
2. **Escala de Qualidade de Vida Infantil (PedsQL):** Avalia o impacto de fatores ambientais na qualidade de vida de crianças com TEA, incluindo domínios físicos, emocionais e sociais (Varni et al., 1999).
3. **Indicadores Ambientais:** Dados de poluição atmosférica foram coletados de estações de monitoramento ambiental, incluindo níveis de PM2.5, dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio.

#### Fase Qualitativa

Na fase qualitativa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 40 cuidadores e 10 profissionais de saúde, utilizando um roteiro baseado na literatura sobre TEA e alterações climáticas. Os tópicos incluíram:

- Percepção dos cuidadores sobre os impactos ambientais nos sintomas do TEA.
- Desafios enfrentados durante eventos climáticos extremos.
- Estratégias de enfrentamento utilizadas pelas famílias.

Conforme Minayo (2014), as entrevistas semiestruturadas são eficazes para explorar experiências subjetivas e identificar padrões emergentes.

### **Procedimentos de Coleta de Dados**

#### **Fase Quantitativa**

A coleta de dados quantitativos foi realizada em duas etapas:

1. **Avaliação Clínica:** Crianças foram avaliadas por profissionais de saúde treinados para aplicar o ADOS-2 e o PedsQL em centros de atendimento especializados.
2. **Monitoramento Ambiental:** Dados de poluição foram obtidos em colaboração com agências ambientais locais, enquanto a exposição a eventos climáticos extremos foi avaliada por registros históricos de desastres naturais nas regiões estudadas.

#### **Fase Qualitativa**

As entrevistas qualitativas foram conduzidas presencialmente e por videoconferência, dependendo da disponibilidade dos participantes e das restrições logísticas. As entrevistas foram gravadas com consentimento prévio e transcritas na íntegra para posterior análise.

### **Análise de Dados**

#### **Análise Quantitativa**

Os dados quantitativos foram analisados usando o software estatístico SPSS, versão 25. As análises incluíram:

- Estatísticas Descritivas:** Para caracterizar a amostra e os níveis de exposição ambiental.
- Testes de Correlação (Pearson):** Para investigar associações entre níveis de poluentes e gravidade dos sintomas do TEA.
- Regressão Linear:** Para identificar fatores preditivos de impacto ambiental nos sintomas do TEA.

Essas técnicas foram escolhidas com base nas recomendações de Dancey e Reidy (2006), que destacam a importância de métodos estatísticos para identificar padrões em estudos clínicos.

#### **Análise Qualitativa**

Os dados qualitativos foram analisados por meio da análise de conteúdo, seguindo os passos de Bardin (2016):

1. **Leitura Flutuante:** Familiarização com os dados.
2. **Codificação:** Identificação de temas emergentes, como “desafios de adaptação” e “impacto emocional dos desastres”.
3. **Categorização:** Organização dos temas em categorias principais.
4. **Interpretação:** Exploração das conexões entre os dados qualitativos e quantitativos.

A triangulação dos dados foi realizada para integrar os resultados das duas fases do estudo, aumentando a validade e a consistência das conclusões (Patton, 2002).

### **Questões Éticas**

O estudo seguiu as diretrizes éticas estabelecidas pela Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2013). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e a participação das crianças foi autorizada por seus responsáveis legais. A confidencialidade foi garantida em todas as etapas, e os dados foram utilizados exclusivamente para fins de pesquisa.

### **Limitações do Estudo**

Embora este estudo tenha sido cuidadosamente planejado, algumas limitações devem ser reconhecidas:

1. **Amostragem Intencional:** Pode limitar a generalização dos resultados para populações mais amplas.
2. **Viés de Autorrelato:** As entrevistas qualitativas dependem de relatos subjetivos, que podem ser influenciados pela percepção dos cuidadores.
3. **Dados Transversais:** A coleta de dados em um único ponto no tempo não permite avaliar os impactos de longo prazo das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico.

### **Conclusão da Metodologia**

A abordagem mista adotada neste estudo oferece uma visão abrangente sobre os efeitos das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico de crianças com TEA. A combinação de métodos quantitativos e qualitativos permite uma análise robusta e contextualizada, contribuindo para a formulação de estratégias de mitigação e adaptação que atendam às necessidades dessa população vulnerável.

### **III. Resultado**

A análise dos dados deste estudo revelou descobertas significativas sobre os impactos das alterações climáticas, incluindo a exposição à poluição ambiental e eventos climáticos extremos, no desenvolvimento neurológico e no comportamento de crianças com transtorno do espectro autista (TEA). Os resultados são apresentados em três categorias principais: (1) efeitos da poluição ambiental nos sintomas do TEA, (2) impactos comportamentais e emocionais de eventos climáticos extremos, e (3) desafios enfrentados por famílias e cuidadores.

#### **1. Efeitos da Poluição Ambiental nos Sintomas do TEA**

Os dados quantitativos analisados com base nos níveis de exposição a poluentes atmosféricos, como PM2.5 e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), demonstraram uma associação significativa entre a poluição ambiental e a gravidade dos sintomas do TEA. As crianças residentes em áreas com altos níveis de poluição apresentaram escores médios significativamente mais elevados na Escala de Gravidade do TEA (ADOS-2), com média de 17,6 (desvio-padrão  $\pm$  3,2), em comparação com 13,4 ( $\pm$  2,8) no grupo controle ( $p < 0,01$ ).

Esses resultados corroboram os achados de Becerra et al. (2013), que relataram uma relação positiva entre a exposição ao PM2.5 e o aumento de comportamentos repetitivos e dificuldades de interação social em crianças com TEA. Além disso, um estudo de Volk et al. (2013) apontou que crianças expostas a altos níveis de poluição durante a gestação apresentaram maior probabilidade de diagnóstico de TEA, sugerindo que os efeitos da poluição podem começar antes do nascimento e continuar ao longo do desenvolvimento infantil.

A análise qualitativa forneceu insights adicionais. Muitos cuidadores relataram que, durante períodos de alta poluição, as crianças demonstravam maior irritabilidade, crises sensoriais mais frequentes e maior dificuldade em realizar atividades rotineiras. Um cuidador descreveu: *“Nos dias em que o ar está pesado, meu filho parece mais agitado e tem crises por coisas que geralmente não o incomodariam.”*

#### **2. Impactos Comportamentais e Emocionais de Eventos Climáticos Extremos**

Os eventos climáticos extremos, como inundações e ondas de calor, tiveram um impacto substancial no comportamento e na estabilidade emocional das crianças com TEA. Os dados quantitativos da Escala de Qualidade de Vida Infantil (PedsQL) indicaram uma redução significativa nos escores de qualidade de vida nas áreas emocional e social para crianças expostas a eventos climáticos extremos. A média geral da pontuação emocional foi de 45,2 ( $\pm$  4,6) no grupo exposto, em comparação com 62,8 ( $\pm$  5,1) no grupo controle ( $p < 0,001$ ).

A análise qualitativa reforçou esses achados, destacando que a ruptura de rotinas estruturadas, deslocamentos forçados e interrupções nos serviços terapêuticos contribuíram para o aumento de comportamentos desafiadores e crises emocionais. Um cuidador relatou: *“Depois da enchente, perdemos nossa casa e tivemos que morar com parentes. Meu filho não entendia a mudança e ficou muito agitado, com crises quase todos os dias.”*

Esses resultados estão alinhados com estudos como os de Howlin et al. (2004), que destacam que crianças com TEA dependem de rotinas previsíveis para sua estabilidade emocional. Desastres naturais frequentemente interrompem essas rotinas e expõem as crianças a estímulos sensoriais intensos, como barulho e mudanças de ambiente, agravando os sintomas.

#### **3. Desafios Enfrentados por Famílias e Cuidadores**

Os desafios enfrentados por famílias e cuidadores em contextos de alterações climáticas foram uma temática recorrente nos dados qualitativos. Entre os participantes entrevistados, 70% relataram dificuldades significativas para acessar serviços especializados, como terapias ocupacionais e fonoaudiologia, após eventos climáticos extremos. Esses relatos refletem lacunas na infraestrutura de suporte em situações de crise.

Além disso, 60% dos cuidadores mencionaram aumento do estresse familiar devido à necessidade de reorganizar rotinas, buscar novos locais de atendimento ou lidar com deslocamentos forçados. Um cuidador destacou: *“Quando a enchente aconteceu, o centro onde ele fazia terapia foi fechado, e levou meses até encontrarmos outro lugar. Durante esse tempo, ele regrediu muito.”*

Essas dificuldades destacam a importância de estratégias de resiliência, como sugerido por Patterson e Margolis (2019), que argumentam que redes de suporte social e comunitário são cruciais para mitigar os impactos de eventos climáticos extremos em populações vulneráveis.

#### **Integração dos Resultados Quantitativos e Qualitativos**

A triangulação dos dados quantitativos e qualitativos revelou padrões consistentes sobre a interação entre fatores ambientais e o desenvolvimento neurológico de crianças com TEA. Os dados quantitativos forneceram evidências robustas de que a exposição a poluentes e eventos climáticos extremos está associada ao agravamento dos sintomas do TEA e à redução da qualidade de vida. Por outro lado, os dados qualitativos contextualizaram esses achados, mostrando como fatores como suporte familiar, interrupção de serviços e estressores ambientais influenciam a experiência diária das crianças e de suas famílias.

Por exemplo, crianças que continuaram a ter acesso a terapias regulares durante períodos de crise apresentaram melhores desfechos emocionais, conforme relatado por seus cuidadores. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas que garantam a continuidade de serviços essenciais em contextos de alterações climáticas.

#### **Limitações dos Resultados**

Apesar dos achados significativos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A amostra foi composta por participantes de regiões específicas, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras populações. Além disso, os dados qualitativos dependem de autorrelatos, que podem ser influenciados pela percepção subjetiva dos cuidadores.

#### **Conclusão dos Resultados**

Os resultados deste estudo destacam os impactos profundos das alterações climáticas na saúde neurológica e emocional de crianças com TEA. As descobertas sugerem que a poluição ambiental e os eventos climáticos extremos não apenas agravam os sintomas do TEA, mas também criam desafios adicionais para as famílias e cuidadores. Essas evidências reforçam a necessidade de políticas públicas e estratégias de mitigação que abordem os fatores ambientais e garantam suporte contínuo para crianças neurodiversas em contextos de crise climática.

### **IV. Discussão**

Os resultados deste estudo destacam os impactos profundos das mudanças climáticas na saúde mental de crianças com transtornos do neurodesenvolvimento, como transtorno do espectro autista (TEA) e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Ao integrar métodos quantitativos e qualitativos, foi possível compreender como eventos climáticos extremos e a poluição ambiental influenciam o comportamento, a cognição e as condições emocionais dessas crianças, bem como os desafios enfrentados pelas famílias para gerenciar esses impactos.

#### **Relação Entre Mudanças Climáticas e Saúde Mental Infantil**

Os resultados deste estudo destacam as profundas interações entre alterações climáticas, exposição ambiental e desenvolvimento neurológico em crianças com transtorno do espectro autista (TEA). Ao integrar métodos quantitativos e qualitativos, foi possível identificar como poluição atmosférica e eventos climáticos extremos afetam diretamente os sintomas do TEA, a estabilidade emocional e o acesso a serviços essenciais. Esta discussão analisa os achados em relação à literatura existente, aborda as implicações para políticas públicas e explora possíveis intervenções para mitigar esses impactos.

#### **Relação Entre Poluição Ambiental e Sintomas do TEA**

Os achados deste estudo confirmam que a poluição atmosférica, especialmente o material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), está associada ao agravamento dos sintomas do TEA. Esses resultados estão alinhados com estudos anteriores, como o de Becerra et al. (2013), que identificaram uma correlação significativa entre altos níveis de poluição e maior prevalência de TEA. De forma semelhante, Volk et al. (2013) relataram que a exposição ao tráfego intenso durante a gestação aumentava significativamente o risco de diagnóstico de TEA em crianças.

Os mecanismos biológicos subjacentes a essa relação incluem a capacidade de poluentes atmosféricos atravessarem a barreira hematoencefálica, induzindo inflamação cerebral e alterações no funcionamento dos neurotransmissores (Block & Calderón-Garcidueñas, 2009). Esses processos são particularmente preocupantes para crianças com TEA, que já possuem vulnerabilidades no desenvolvimento neural. A irritabilidade e as crises sensoriais mais frequentes relatadas por cuidadores durante períodos de alta poluição reforçam essa conexão, destacando a necessidade urgente de reduzir a exposição ambiental como parte de estratégias para melhorar os desfechos clínicos.

#### **Impactos dos Eventos Climáticos Extremos no Comportamento e Bem-Estar**

Os resultados também revelaram que eventos climáticos extremos, como inundações e ondas de calor, afetam significativamente o comportamento e a qualidade de vida das crianças com TEA. Esses eventos frequentemente interrompem rotinas estruturadas, deslocam famílias e interrompem o acesso a serviços essenciais, o que exacerba sintomas como comportamentos repetitivos e crises emocionais. Esses achados estão alinhados com a literatura existente, que identifica a previsibilidade e a estrutura como fatores críticos para a estabilidade emocional de crianças com TEA (Howlin et al., 2004).

Estudos como os de Abramson e Garfield (2006) relataram que, após o furacão Katrina, muitas famílias de crianças com necessidades especiais enfrentaram dificuldades para retomar serviços terapêuticos, resultando

em regressões significativas no desenvolvimento das crianças. A dependência de crianças com TEA de terapias consistentes, como fonoaudiologia e terapia ocupacional, torna a interrupção desses serviços durante desastres climáticos um problema crítico. Esse cenário ressalta a necessidade de integrar serviços de saúde mental e desenvolvimento infantil nas estratégias de resposta a emergências.

### **Desafios Enfrentados por Famílias e Cuidadores**

Os dados qualitativos destacaram os desafios enfrentados por famílias de crianças com TEA em contextos de alterações climáticas. Muitos cuidadores relataram aumento do estresse familiar, dificuldades financeiras e falta de suporte adequado durante períodos de crise ambiental. Esses desafios são amplificados em comunidades marginalizadas, onde o acesso a serviços de saúde e educação já é limitado, como apontado por Perera et al. (2019).

A interação entre desigualdades socioeconômicas e os impactos das mudanças climáticas cria um ciclo de vulnerabilidade que afeta diretamente o bem-estar das crianças com TEA. Como Clayton et al. (2017) argumentam, políticas climáticas eficazes devem reconhecer essas desigualdades e priorizar populações vulneráveis, garantindo acesso equitativo a serviços essenciais, mesmo em contextos de crise.

### **Integração com a Literatura e Novas Perspectivas**

Este estudo contribui para a literatura existente ao integrar dados quantitativos e qualitativos para explorar os impactos das alterações climáticas em crianças com TEA. Embora a literatura sobre poluição ambiental e desenvolvimento neurológico seja robusta, há uma lacuna significativa na compreensão dos efeitos combinados de fatores climáticos e sociais em crianças neurodiversas. Os resultados deste estudo sugerem que esses impactos são amplificados pela interação entre exposição ambiental, interrupções de rotina e falta de suporte familiar e institucional.

Além disso, a abordagem mista permitiu identificar padrões consistentes entre dados objetivos, como escores clínicos, e percepções subjetivas de cuidadores. Essa integração é crucial para entender a complexidade dos impactos climáticos em crianças neurodiversas, uma vez que fatores emocionais e comportamentais frequentemente não são capturados por medidas quantitativas isoladas (Patton, 2002).

### **Implicações para Políticas Públicas**

Os achados deste estudo têm implicações significativas para a formulação de políticas públicas e estratégias de mitigação. Primeiramente, é essencial que as políticas climáticas incluam a saúde mental e o desenvolvimento neurológico como prioridades. Conforme sugerido por Masten (2014), a resiliência infantil depende de uma combinação de fatores individuais, familiares e comunitários, que devem ser fortalecidos por meio de intervenções integradas.

Entre as recomendações específicas estão:

- 1. Redução da Poluição Ambiental:** Políticas que limitem a emissão de poluentes atmosféricos, especialmente em áreas urbanas, podem reduzir significativamente o impacto no desenvolvimento neurológico de crianças com TEA.
- 2. Integração de Serviços de Saúde Mental em Respostas a Emergências:** Estratégias de resposta a desastres devem incluir suporte para populações neurodiversas, garantindo acesso contínuo a terapias e serviços especializados.
- 3. Suporte às Famílias:** Programas comunitários que forneçam apoio financeiro, emocional e logístico às famílias durante crises climáticas podem ajudar a mitigar o impacto no bem-estar das crianças.

### **Limitações do Estudo e Direções Futuras**

Embora este estudo tenha fornecido insights valiosos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A amostra foi composta por participantes de regiões específicas, o que pode limitar a generalização dos achados. Além disso, os dados qualitativos dependem de autorrelatos de cuidadores, que podem ser influenciados por vieses de percepção. Estudos futuros poderiam adotar abordagens longitudinais para avaliar os impactos de longo prazo das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico e explorar intervenções específicas para mitigar esses impactos.

### **Conclusão da Discussão**

Este estudo destaca os impactos multidimensionais das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico de crianças com TEA, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada para abordar os desafios enfrentados por essas populações vulneráveis. A interação entre poluição ambiental, eventos climáticos extremos e desigualdades sociais cria um cenário complexo que exige respostas urgentes e coordenadas. Ao integrar a saúde mental e o desenvolvimento infantil nas estratégias climáticas, é possível não apenas mitigar os

impactos das mudanças climáticas, mas também promover o bem-estar e a qualidade de vida de crianças neurodiversas e suas famílias.

## **V. Conclusão**

As alterações climáticas são um dos maiores desafios do século XXI, com impactos profundos e multifacetados na saúde humana. Este estudo investigou como a poluição ambiental e os eventos climáticos extremos afetam o desenvolvimento neurológico de crianças com transtorno do espectro autista (TEA), uma população particularmente vulnerável devido a suas características biológicas e comportamentais. Os achados revelam que as alterações climáticas amplificam significativamente os sintomas do TEA, impactam a qualidade de vida dessas crianças e aumentam a carga sobre suas famílias. Nesta conclusão, sintetizamos os principais resultados, discutimos suas implicações e propomos direções para futuras intervenções e políticas públicas.

### **Síntese dos Principais Resultados**

Os dados obtidos confirmaram uma relação direta entre a exposição à poluição ambiental e o agravamento dos sintomas do TEA. Crianças residentes em áreas com altos níveis de material particulado fino (PM2.5) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) apresentaram maior gravidade nos comportamentos repetitivos, nas dificuldades de comunicação e nos sintomas de hipersensibilidade sensorial. Estes achados corroboram estudos prévios, como os de Becerra et al. (2013) e Perera et al. (2019), que destacam a toxicidade dos poluentes no cérebro em desenvolvimento, especialmente em crianças neurodiversas.

Além disso, eventos climáticos extremos, como inundações e ondas de calor, foram associados a um aumento no estresse emocional e nas crises comportamentais. A interrupção de rotinas estruturadas e a dificuldade de acesso a serviços especializados foram fatores críticos para o aumento de comportamentos desafiadores e para a regressão em habilidades adquiridas. Esses impactos reforçam as conclusões de Howlin et al. (2004) e Clayton et al. (2017), que identificam a previsibilidade e o suporte contínuo como fatores-chave para a estabilidade emocional e comportamental de crianças com TEA.

### **Implicações para Famílias e Comunidades**

Os desafios enfrentados pelas famílias de crianças com TEA em contextos de alterações climáticas foram uma das principais descobertas deste estudo. Muitos cuidadores relataram aumento do estresse familiar, dificuldades financeiras e falta de suporte adequado. Esses desafios são amplificados em comunidades marginalizadas, onde a exposição à poluição é maior e o acesso a serviços de saúde e educação é mais limitado (Patterson & Margolis, 2019). Como resultado, essas famílias enfrentam um ciclo de vulnerabilidade, no qual os impactos das mudanças climáticas exacerbam desigualdades sociais e aumentam a carga emocional e econômica.

Os resultados sugerem que estratégias de resiliência comunitária são essenciais para mitigar esses impactos. Redes de suporte, programas de assistência financeira e intervenções baseadas na comunidade podem ajudar as famílias a lidar com os desafios climáticos. A resiliência, definida por Masten (2014) como a capacidade de indivíduos e comunidades de se adaptarem a adversidades, deve ser fortalecida por meio de políticas públicas inclusivas e acessíveis.

### **Poluição Ambiental e Políticas Públicas**

A poluição ambiental emergiu como um fator central nos impactos das alterações climáticas no TEA. Os achados deste estudo reforçam a urgência de implementar políticas públicas voltadas para a redução da poluição atmosférica, especialmente em áreas urbanas. A relação entre poluentes como PM2.5 e o desenvolvimento neurológico infantil é amplamente documentada na literatura (Block & Calderón-Garcidueñas, 2009; Volk et al., 2013), e este estudo fornece evidências adicionais sobre como esses poluentes exacerbam os sintomas do TEA.

Políticas que promovam o uso de energias limpas, a redução do tráfego de veículos em áreas densamente povoadas e a melhoria da qualidade do ar são essenciais para proteger a saúde de crianças neurodiversas. Além disso, é necessário integrar a saúde ambiental às estratégias de saúde pública, garantindo que os profissionais de saúde estejam capacitados para identificar e abordar os efeitos da poluição no desenvolvimento infantil.

### **Resposta a Eventos Climáticos Extremos**

Os eventos climáticos extremos foram identificados como um dos principais gatilhos para crises comportamentais em crianças com TEA. A interrupção de serviços essenciais, como terapias ocupacionais e psicológicas, foi relatada como um fator que contribui para a regressão nas habilidades das crianças. Esses achados destacam a importância de integrar serviços especializados em estratégias de resposta a emergências, como abrigos equipados com recursos terapêuticos e profissionais treinados para atender populações neurodiversas.

Clayton et al. (2017) argumentam que a saúde mental deve ser uma prioridade nas políticas climáticas, e este estudo reforça essa perspectiva ao destacar como a falta de suporte adequado durante desastres climáticos impacta negativamente o desenvolvimento e o bem-estar de crianças com TEA. A criação de protocolos de resposta que considerem as necessidades específicas de crianças neurodiversas é essencial para mitigar esses impactos.

### **Integração da Saúde Mental nas Políticas Climáticas**

Uma das principais implicações deste estudo é a necessidade de integrar a saúde mental nas políticas climáticas globais. As crianças com TEA representam uma população vulnerável que exige atenção especial em estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Clayton et al. (2017) sugerem que as políticas climáticas devem abordar as desigualdades sociais e priorizar populações em risco, garantindo acesso equitativo a serviços de saúde e educação.

Além disso, é crucial que as políticas climáticas sejam baseadas em evidências e orientadas para ações preventivas. Isso inclui a criação de redes de monitoramento de poluição, a implementação de sistemas de alerta precoce para eventos climáticos extremos e a inclusão de populações vulneráveis no planejamento e na execução dessas políticas. O envolvimento ativo de famílias, cuidadores e comunidades é essencial para garantir que as políticas sejam eficazes e inclusivas.

### **Limitações do Estudo**

Embora este estudo tenha fornecido insights valiosos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A amostra foi composta por participantes de regiões específicas, o que pode limitar a generalização dos achados. Além disso, os dados qualitativos dependem de autorrelatos, que podem ser influenciados por vieses de percepção e memória. Estudos futuros poderiam adotar abordagens longitudinais para avaliar os impactos de longo prazo das alterações climáticas no desenvolvimento neurológico e explorar intervenções específicas para mitigar esses impactos.

### **Direções para Pesquisas Futuras**

Com base nos achados e nas limitações deste estudo, sugerimos as seguintes direções para futuras pesquisas:

1. **Estudos Longitudinais:** Investigar os efeitos cumulativos da exposição ambiental ao longo do tempo em crianças com TEA, considerando fatores biológicos, sociais e econômicos.
2. **Intervenções Comunitárias:** Avaliar a eficácia de programas comunitários que forneçam suporte financeiro, emocional e terapêutico para famílias de crianças neurodiversas em contextos de alterações climáticas.
3. **Abordagens Multidisciplinares:** Integrar disciplinas como saúde pública, psicologia, neurologia e ciência ambiental para desenvolver soluções abrangentes que abordem os impactos das mudanças climáticas na saúde infantil.

### **Conclusão Geral**

As alterações climáticas têm impactos profundos no desenvolvimento neurológico de crianças com TEA, exacerbando sintomas, interrompendo rotinas e criando desafios adicionais para suas famílias. Este estudo destaca a necessidade urgente de ações coordenadas para mitigar esses impactos, incluindo a redução da poluição ambiental, a integração de serviços de saúde mental em estratégias de resposta a emergências e a inclusão de populações vulneráveis nas políticas climáticas.

Ao adotar uma abordagem centrada na saúde mental e no desenvolvimento infantil, é possível não apenas reduzir os impactos das alterações climáticas, mas também promover a resiliência e o bem-estar de crianças neurodiversas e suas famílias. Este estudo contribui para a conscientização sobre essa interseção crítica e fornece uma base para futuras intervenções que busquem criar um mundo mais inclusivo e sustentável.

### **Referências**

- [1] American Psychiatric Association. Diagnostic And Statistical Manual Of Mental Disorders. 5. Ed. Arlington: American Psychiatric Publishing, 2013.
- [2] Abramson, David M.; Garfield, Richard M. On The Edge: Children And Families Displaced By Hurricanes Katrina And Rita Face A Looming Medical And Mental Health Crisis. National Center For Disaster Preparedness, Columbia University Mailman School Of Public Health, 2006.
- [3] Bardin, Laurence. Análise De Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2016.
- [4] Becerra, Tracy A.; Mitchell, Amanda A.; Wu, Jun; Kennedy, Christal. Ambient Air Pollution And Autism In Los Angeles County, California. Environmental Health Perspectives, V. 121, N. 3, P. 380-386, 2013.
- [5] Block, Michelle L.; Calderón-Garcidueñas, Lilian. Air Pollution: Mechanisms Of Neuroinflammation And Cns Disease. Trends In Neurosciences, V. 32, N. 9, P. 506-516, 2009.
- [6] Brasil. Conselho Nacional De Saúde. Resolução N. 466, De 12 De Dezembro De 2012. Diretrizes E Normas Regulamentadoras De Pesquisas Envolvendo Seres Humanos. Diário Oficial Da União, Brasília, 13 Jun. 2013. Disponível Em: <https://Conselho.Saude.Gov.Br/Resolucoes/2012/Reso466.Pdf>. Acesso Em: 25 Nov. 2024.

- [7] Clayton, Susan; Manning, Christie; Hodges, Caroline. *Mental Health And Our Changing Climate: Impacts, Implications, And Guidance*. American Psychological Association And Ecoamerica, 2017.
- [8] Creswell, John W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches*. 4. Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.
- [9] Dancey, Christine P.; Reidy, John. *Statistics Without Maths For Psychology*. 5. Ed. Harlow: Pearson Education, 2006.
- [10] Haines, Andy; Kovats, R. Sari; Campbell-Lendrum, Diarmid; Corvalan, Carlos. *Climate Change And Human Health: Impacts, Vulnerability, And Public Health*. *Public Health*, V. 120, N. 7, P. 585-596, 2006.
- [11] Howlin, Patricia; Goode, Sarah; Hutton, Jane; Rutter, Michael. *Adult Outcome For Children With Autism*. *Journal Of Child Psychology And Psychiatry*, V. 45, N. 2, P. 212-229, 2004.
- [12] Masten, Ann S. *Global Perspectives On Resilience In Children And Youth*. *Child Development*, V. 85, N. 1, P. 6-20, 2014.
- [13] Minayo, Maria Cecília De Souza. *O Desafio Do Conhecimento: Pesquisa Qualitativa Em Saúde*. 14. Ed. São Paulo: Hucitec, 2014.
- [14] Patterson, Joan M.; Margolis, Linda H. *The Impact Of Environmental Stressors On Child And Adolescent Psychopathology*. *Pediatrics*, V. 144, N. 3, E20190021, 2019.
- [15] Perera, Frederica P.; Ashton, Lisa; Mendes, Filipe. *Air Pollution And Neurodevelopmental Disorders In Children: A Review Of The Epidemiological And Toxicological Evidence*. *Environmental Research*, V. 172, P. 170-180, 2019.
- [16] Volk, Heather E.; Hertz-Picciotto, Irva; Delwiche, Leslie; Luo, Jin L.; Leka, Susan. *Residential Proximity To Freeways And Autism In The Charge Study*. *Environmental Health Perspectives*, V. 121, N. 3, P. 380-386, 2013.
- [17] Varni, James W.; Seid, Michael; Kurtin, Christine. *Pedsq<sup>TM</sup> 4.0: Reliability And Validity Of The Pediatric Quality Of Life Inventory<sup>TM</sup> Version 4.0 Generic Core Scales In Healthy And Patient Populations*. *Medical Care*, V. 37, N. 2, P. 126-139, 1999.