

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Ana Lucrecia Dutra de Souza

**Eventos Hidrológicos Extremos e Saúde Infantil no Brasil: Evidências dos
Sistemas Ambulatorial e Hospitalar**

Juiz de Fora

2026

Ana Lucrecia Dutra de Souza

**Eventos Hidrológicos Extremos e Saúde Infantil no Brasil: Evidências dos
Sistemas Ambulatorial e Hospitalar**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada. Área de concentração: Economia

Orientadora: Profa Dra. Flávia Lúcia Chein Feres

Coorientador: Dr. Igor Vieira Procópio

Juiz de Fora

2026

Ficha catalográfica elaborada através do Modelo Latex do CDC da UFJF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Souza, Ana Lucrecia de.

Eventos Hidrológicos Extremos e Saúde Infantil no Brasil: Evidências dos Sistemas Ambulatorial e Hospitalar / Ana Lucrecia Dutra de Souza. – 2026.

48 f. : il.

Orientadora: Flávia Lúcia Chein Feres

Coorientador: Igor Vieira Procópio

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2026.

1. Eventos hidrológicos. 2. Saúde infantil. 3. Doenças infecciosas. I. Feres, Flávia Chein, orient. II. Título. II. Procópio, Igor Vieira, coorient.

Ana Lucrecia Dutra de Souza

Eventos Hidrológicos Extremos e Saúde Infantil no Brasil: Evidências dos Sistemas Ambulatorial e Hospitalar

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada. Área de concentração: Economia

Aprovada em 11 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Dr.ª Flávia Lúcia Chein Feres - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Igor Vieira Procópio - Coorientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Ricardo da Silva Freguglia
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr.ª Isabela Brandão Furtado
Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Juiz de Fora, 29/01/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Flavia Lucia Chein Feres, Professor(a)**, em 12/02/2026, às 20:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Igor Vieira Procópio, Servidor(a)**, em 13/02/2026, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo da Silva Freguglia, Professor(a)**, em 23/02/2026, às 10:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Isabela Brandão Furtado, Usuário Externo**, em 26/02/2026, às 20:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2847033** e o código CRC **4A20D077**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, à minha mãe, Eni, pelo apoio incondicional e por ser minha maior incentivadora na trajetória como pesquisadora.

Aos amigos que fiz ao longo desta caminhada, pelo companheirismo, pelo aprendizado compartilhado e pelo apoio mútuo nos momentos decisivos.

À professora e orientadora Flávia Chein e ao coorientador Igor Procópio, pela orientação dedicada, pela paciência e pelo rigor intelectual que acompanham minha formação desde a graduação e culminaram na elaboração deste trabalho. Meu reconhecimento estende-se também a todos os professores e colaboradores do Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo conhecimento compartilhado e pelo ambiente acadêmico enriquecedor.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo indispensável apoio financeiro durante o período do mestrado.

Por fim, registro meu agradecimento a todos que, de perto ou de longe, me acompanharam e apoiaram ao longo desta jornada.

RESUMO

Este estudo investiga o impacto causal de eventos hidrológicos extremos (enxurradas, alagamentos e inundações) sobre a saúde infantil no Brasil, com foco em crianças de 0 a 2 anos e em doenças infecciosas gastrointestinais. A pesquisa contribui ao utilizar dados ambulatoriais pouco explorados e modelos adequados às características dos desastres, abrangendo todo o território brasileiro. Utilizam-se dados do Atlas Digital de Desastres, do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) e do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) para 731 municípios entre 2012 e 2024. A estratégia empírica emprega um modelo de diferenças-em-diferenças com tratamento escalonado e não absorvente (Chaisemartin e D'Haultefœuille (2024)). Os resultados indicam ausência de efeitos significativos nos atendimentos ambulatoriais, mas aumento das internações hospitalares no primeiro e segundo trimestres após os eventos. A análise por sexo mostra maior impacto entre meninas. Conclui-se que desastres hidrológicos ampliam vulnerabilidades e reforçam a necessidade de fortalecer a Atenção Primária.

Palavras-chave: Eventos hidrológicos; Saúde infantil; Doenças infecciosas; SUS; Vulnerabilidade social.

ABSTRACT

This study investigates the causal impact of extreme hydrological events (flash floods, waterlogging, and floods) on child health in Brazil, focusing on children aged 0 to 2 years and infectious gastrointestinal diseases. The research contributes by using underexplored outpatient data and models suited to the characteristics of disaster events, covering the entire Brazilian territory. Data from the Digital Atlas of Disasters, the Outpatient Information System (SIA), and the Hospital Information System (SIH) are used for 731 municipalities between 2012 and 2024. The empirical strategy employs a difference-in-differences model with staggered and non-absorbing treatment (Chaisemartin e D'Haultefœuille (2024)). The results indicate no significant effects on outpatient visits, but show an increase in hospital admissions in the first and second quarters after the events. A sex-disaggregated analysis reveals a stronger impact among girls. The findings suggest that hydrological disasters amplify preexisting vulnerabilities and highlight the need to strengthen Primary Health Care.

Keywords: Hydrological events; Child health; Infectious diseases; SUS (Unified Health System); Social vulnerability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Proporção de incidência de doenças gastrointestinais por sexo	23
Figura 2: Distribuição Espacial dos desastres hidrológicos	26
Figura 3: Distribuição Espacial das taxas de morbidade no nível ambulatorial	27
Figura 4: Distribuição Espacial das taxas de morbidade no nível hospitalar	28
Figura 5: Efeito de desastres hidrológicos sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – <i>"Never-Switchers"</i>	31
Figura 6: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – <i>"Switchers"</i>	32
Figura 7: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – <i>"Never-Switchers"</i>	33
Figura 8: Efeito sobre internações (SIH) - Feminino – <i>"Never-Switchers"</i>	34
Figura 9: Efeito sobre internações (SIH) - Masculino – <i>"Never-Switchers"</i>	34
Figura 10: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – <i>"Switchers"</i>	36
Figura 11: Efeito sobre internações (SIH) - Feminino – <i>"Switchers"</i>	37
Figura 12: Efeito sobre internações (SIH) - Masculino – <i>"Switchers"</i>	37
Figura 17: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – <i>"Never-Switchers"</i>	44
Figura 18: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Feminino – <i>"Never-Switchers"</i>	45
Figura 19: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Masculino – <i>"Never-Switchers"</i>	45
Figura 20: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – <i>"Switchers"</i>	45
Figura 21: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Feminino – <i>"Switchers"</i>	46
Figura 22: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Masculino – <i>"Switchers"</i>	46
Figura 23: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – <i>"Never-Switchers"</i>	46
Figura 24: Efeito sobre internações (SIH) - Feminino – <i>"Never-Switchers"</i>	47
Figura 25: Efeito sobre internações (SIH) - Masculino – <i>"Never-Switchers"</i>	47
Figura 26: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – <i>"Switchers"</i>	47
Figura 27: Efeito sobre internações (SIH) - Feminino – <i>"Switchers"</i>	48
Figura 28: Efeito sobre internações (SIH) - Masculino – <i>"Switchers"</i>	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos eventos hidrológicos segundo o Cobrade	14
Tabela 2 – Códigos CID-10 e respectivas doenças	17
Tabela 3 – Distribuição percentual das doenças gastrointestinais por CID-10 (SIA)	21
Tabela 4 – Distribuição percentual das doenças gastrointestinais por CID-10 (SIH)	22
Tabela 5 – Perfil das morbidades nos municípios (SIA)	24
Tabela 6 – Perfil das morbidades nos municípios (SIH)	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APS	Atenção Primária à Saúde
ICSAP	Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária
SIA	Sistema de Informações Ambulatoriais
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
UBS	Unidade Básica de Saúde
UPA	Unidades de Pronto Atendimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	EVENTOS HIDROLÓGICOS E OS IMPACTOS NA SAÚDE	13
2.2	DOENÇAS INFECCIOSAS E SAÚDE INFANTIL	15
2.2.1	VULNERABILIDADE BIOLÓGICA DIFERENCIAL POR SEXO NA PRIMEIRA INFÂNCIA	17
2.3	O SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE E A EFICIÊNCIA NA PREVENÇÃO DE ICSAPs	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	DADOS	20
3.2	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	21
4	ESTRATÉGIA EMPÍRICA	29
5	RESULTADOS	31
5.1	EFEITOS SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO NÍVEL AMBULATORIAL	31
5.1.1	CONTROLE: NUNCA TRATADOS	31
5.1.2	CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA	32
5.2	EFEITOS SOBRE AS INCIDÊNCIAS NO NÍVEL HOSPITALAR	33
5.2.1	CONTROLE: NUNCA TRATADOS	33
5.2.2	CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA	35
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A – ESTIMATIVAS NÃO NORMALIZADAS E SEM PESOS PARA POPULAÇÃO	44
.1	AMBULATORIAL	44
.1.1	CONTROLE: NUNCA TRATADOS	44
.1.2	CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA	45
.2	HOSPITALAR	46
.2.1	CONTROLE: NUNCA TRATADOS	46
.2.2	CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA	47

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a variabilidade climática no Brasil tem exposto fragilidades estruturais na infraestrutura urbana e na rede pública de saúde, transformando choques climáticos em desastres com efeitos que ultrapassam a esfera sanitária. A primeira infância é particularmente vulnerável a essas rupturas — doenças infecciosas e falhas no atendimento básico comprometem o desenvolvimento físico e cognitivo, com impactos duradouros sobre o capital humano e a produtividade futura. Assim, proteger a saúde infantil em contextos de desastre não é apenas uma questão de bem-estar social, mas também de eficiência econômica e de sustentabilidade do desenvolvimento.

Embora exista um corpo crescente de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde pública, a literatura brasileira ainda dedica menor atenção aos efeitos específicos sobre a atenção ambulatorial e sobre o acesso cotidiano aos serviços de saúde. Não foram encontrados estudos que investiguem, com rigor causal, como eventos hidrológicos extremos — como enxurradas, alagamentos e inundações — alteram a demanda por serviços de saúde de baixa e média complexidade. Esta lacuna é particularmente relevante considerando que desastres hidrológicos produzem impactos diretos e indiretos na saúde Few et al. (2004) e Halmenschlager et al. (2025), e que a atenção ambulatorial desempenha papel central na resposta a crises, funcionando como elo essencial entre a atenção primária e a hospitalar. A descontinuidade nesse nível de cuidado, especialmente entre crianças na primeira infância — grupo biologicamente vulnerável —, pode agravar quadros clínicos inicialmente leves, aumentando o risco de complicações, de hospitalizações evitáveis e de prejuízos ao desenvolvimento infantil (Souza , 2023; Dimitrova e Muttarak , 2020).

Diante desse contexto, este trabalho analisa a ocorrência de eventos estritamente hidrológicos - enxurradas, inundações e alagamentos- sobre a saúde de crianças entre 0 e 2 anos. Assim, observam-se os municípios brasileiros que tiveram eventos hidrológicos extremos ou não tiveram nenhum evento ao longo do período de 2012 a 2024.

Foram integrados aos registros de ocorrência de eventos hidrológicos extremos do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Sedec MIDR/UFSC) registros de saúde derivados do Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS (SIA/SUS) e do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). A estratégia empírica adotada fundamenta-se em um modelo de Diferenças-em-Diferenças com eventos escalonados, conforme a abordagem proposta por (Chaisemartin e D’Haultefœuille, 2024). Os efeitos dinâmicos dos desastres sobre as taxas de morbidade ambulatorial e hospitalar são, assim, estimados por meio de um desenho de pesquisa escalonado, binário e não absorvente. Esse arranjo metodológico permite a comparação crítica dos resultados obtidos nos dois níveis de atenção, de modo a interpretar as disparidades observadas à luz das diferenças na completude dos sistemas de informação e do conceito de Condições Sensíveis à Atenção Primária (CSAP).

A realização deste estudo justifica-se pela necessidade de compreender um ponto crítico onde três vulnerabilidades convergentes amplificam os impactos dos desastres hidrológicos na saúde infantil: a social, a biológica e a do sistema de saúde. Em primeiro lugar, a vulnerabilidade socioeconômica e territorial pré-existente em muitos municípios brasileiros atua como um amplificador do dano.

A falta de saneamento, habitação adequada e infraestrutura resiliente faz com que as populações mais pobres não apenas estejam mais expostas aos eventos extremos, mas também tenham sua capacidade de resposta e recuperação drasticamente reduzida, convertendo um choque climático em uma crise humanitária localizada (Banholzer et al. , 2014; Briones-ESstébanez; Ebecken , 2017). Essa fragilidade ambiental interage com uma segunda dimensão inevitável: a vulnerabilidade biológica das crianças nos primeiros 1000 dias de vida. Esta janela de desenvolvimento é crucial para a formação imunológica e cognitiva, tornando o organismo infantil excepcionalmente sensível a infecções e desnutrição. A contaminação da água e dos alimentos após inundações incide diretamente sobre essa suscetibilidade, podendo gerar sequelas irreversíveis no crescimento e no capital humano futuro (Alderman; Headey , 2018; Dimitrova e Muttarak , 2020; Guerrant et al., 2012). A terceira dimensão, que transforma esse risco potencial em um custo real e evitável, é a ineficiência operacional da Atenção Primária à Saúde (APS). Internações por doenças diarreicas são classicamente enquadradas como Condições Sensíveis à Atenção Primária (CSAP). Sua ocorrência, especialmente após um desastre, sinaliza uma falha no primeiro elo da rede de cuidado, que deveria atuar como barreira protetora, contendo surtos e gerenciando casos para evitar que evoluam para complicações graves (Bhalotra et al. , 2025; Rocha , 2021; Dias , 2021).

Ademais, a vulnerabilidade biológica na primeira infância apresenta diferenças significativas entre os sexos. Recém-nascidos do sexo masculino demonstram maior fragilidade, caracterizada, entre outros aspectos, por maturação pulmonar mais lenta e maior suscetibilidade a processos infecciosos, o que se traduz em taxas mais elevadas de mortalidade perinatal. Em contrapartida, as meninas possuem uma vantagem imunológica associada a genes do cromossomo X, conferindo maior resistência inicial a doenças infecciosas (Pardue; Wizemann, 2001). Contudo, essa resposta imunológica mais robusta pode levar a processos inflamatórios mais intensos durante uma infecção, potencialmente aumentando a gravidade do quadro clínico e o risco de hospitalização (Muenchhoff; Goulder , 2014). Adicionalmente, meninas podem apresentar maior sensibilidade fisiológica a choques ambientais agudos, com potenciais implicações de longo prazo para o desenvolvimento e a saúde (Maccini; Yang , 2009).

Este estudo contribui para a literatura ao focar em crianças de 0 a 2 anos e em doenças gastrointestinais infecciosas em âmbito nacional, diferentemente de Halmenschlager et al. (2025), que analisam a população geral no Nordeste. Avança também ao restringir a amostra a municípios expostos exclusivamente a eventos hidrológicos extremos, isolando

seu efeito causal. Por fim, adota um estimador de diferenças-em-diferenças adequado para tratamentos não absorventes e escalonados Chaisemartin e D’Haultefœuille (2024), capturando a dinâmica temporal e a heterogeneidade dos efeitos entre os municípios.

Portanto, este estudo busca produzir evidências causais robustas que elucidem essa falha sistêmica. Seu objetivo extrapola a mera quantificação de um risco à saúde, ao visar a demonstração do custo associado à ineficiência: o desperdício de recursos hospitalares no manejo de condições que uma Atenção Primária à Saúde (APS) resolutiva e preparada para desastres poderia prevenir. Nessa perspectiva, o estudo se justifica como insumo fundamental para a formulação de políticas públicas que concebam o fortalecimento da atenção primária não apenas como uma intervenção orientada pela equidade, mas como uma estratégia de maior custo-efetividade para a consolidação de sistemas de saúde resilientes frente à crise climática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVENTOS HIDROLÓGICOS E OS IMPACTOS NA SAÚDE

No Brasil, embora menos frequentes que secas e incêndios, as inundações e deslizamentos foram responsáveis por 88,5% dos custos totais de danos em estabelecimentos de saúde, sendo de 3,2 a 3,6 vezes mais caros do que outros tipos de desastres (Sarmiento et al., 2023). Conforme a United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2024), desastres não são fenômenos “naturais”, mas resultam da interação entre perigos climáticos e fragilidades humanas e institucionais. Assim, fatores como pobreza, urbanização desordenada e degradação ambiental podem transformar eventos extremos em crises humanitárias (Banholzer et al. , 2014; Briones-ESstébanez; Ebecken , 2017).

A literatura distingue perigo, evento extremo e desastre como conceitos fundamentais. O perigo (hazard) é o fenômeno físico potencialmente danoso; o evento extremo é a ocorrência de uma variável meteorológica fora dos limites históricos; e o desastre é a interrupção social e econômica que excede a capacidade local de resposta (UNISDR, 2009; IPCC, 2012; Van Der Most; Marchand, 2017). No caso brasileiro, a combinação entre precipitação intensa, drenagem insuficiente e vulnerabilidade urbana tem aumentado a frequência de enchentes pluviais e fluviais. Um exemplo recente foi o desastre no Rio Grande do Sul, em 2024, quando chuvas superiores a 500 mm em cinco dias elevaram o Lago Guaíba a níveis históricos, provocando colapso urbano e de serviços essenciais (WMO, 2024).

Tabela 1 – Descrição dos eventos hidrológicos segundo o Cobrade

Evento	Descrição
Enxurradas	Enxurradas referem-se ao escoamento superficial de alta velocidade e energia, causado por chuvas intensas e localizadas, geralmente em bacias pequenas com relevo acidentado. Esse fenômeno é caracterizado por um aumento súbito da vazão de cursos d'água, resultando em transbordamentos abruptos das margens dos rios. As enxurradas possuem elevado potencial destrutivo.
Alagamentos	Alagamentos ocorrem quando a capacidade dos sistemas urbanos de drenagem é excedida, provocando o acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas. Esse fenômeno é causado por chuvas intensas que o sistema de drenagem não consegue escoar adequadamente.
Inundações	Inundações são caracterizadas pela submersão de áreas além dos limites habituais de um curso d'água, atingindo regiões que normalmente não são afetadas por cheias. Esse transbordamento se desenvolve de forma gradual e geralmente resulta de períodos prolongados de precipitação em áreas de várzea ou baixadas.

Fonte: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres CEMADEN (2012).

Os desastres hidrológicos produzem impactos diretos e indiretos sobre a saúde, cuja distinção é essencial para compreender seus múltiplos mecanismos de ação. Os impactos diretos decorrem do contato imediato com a água contaminada ou com o ambiente físico do evento, resultando em afogamentos, traumas e infecções agudas. Já os impactos indiretos abrangem as consequências ambientais e socioeconômicas dos desastres, incluindo danos à infraestrutura de saneamento, contaminação de fontes de água e de alimentos, desabrigamento, insegurança alimentar e interrupção dos serviços de saúde. Esses efeitos também variam no tempo: no curto prazo, predominam mortes e lesões; no médio prazo, observa-se a disseminação de doenças infecciosas de veiculação hídrica e vetorial, como gastroenterites, leptospirose e dengue; e, no longo prazo, destacam-se agravamentos de doenças crônicas, desnutrição e transtornos mentais, frequentemente associados à pobreza e à deterioração das condições de vida (Few et al., 2004; Halmenschlager et al., 2025).

Um dos principais mecanismos de impacto dos desastres naturais sobre a saúde é a interrupção dos serviços assistenciais, que compromete o acesso a cuidados básicos, imunizações e tratamentos contínuos, principalmente em crianças, prejudicando os indicadores de desenvolvimento infantil (Datar et al., 2013). Entre crianças na primeira infância, que fazem parte do grupo considerado mais vulnerável, essa descontinuidade pode agravar quadros clínicos inicialmente leves, ampliando o risco de complicações e aumentando as chances de hospitalização (Souza, 2023). Assim, os desastres não apenas

elevam a exposição a doenças, mas também acentuam desigualdades estruturais no acesso e na capacidade de resposta do sistema de saúde, reforçando padrões de vulnerabilidade social já existentes.

2.2 DOENÇAS INFECCIOSAS E SAÚDE INFANTIL

Entre os agravos mais sensíveis a eventos hidrológicos estão as doenças infecciosas e parasitárias, transmitidas por vetores ou por veiculação hídrica. Influenciados por fatores ambientais, climáticos e sociais, esses agravos representam canais de transmissão importantes dos efeitos de médio prazo dos desastres. As doenças de veiculação hídrica, em particular, estão diretamente relacionadas à contaminação da água e de alimentos, sendo agravadas por sistemas de saneamento precários (Halmenschlager et al., 2025; Alcayna et al., 2022; Yang et al., 2025). Após inundações, a interrupção do abastecimento e o consumo de água contaminada elevam a incidência desses agravos, sobretudo entre crianças de 0 a 4 anos, grupo etário mais vulnerável aos efeitos de desastres (Halmenschlager et al., 2025; Yang et al., 2025).

Os efeitos dos desastres hidrológicos sobre a saúde infantil iniciam-se ainda durante a gestação. A exposição a chuvas intensas e variações extremas de temperatura no primeiro trimestre da gravidez - fase crítica para o desenvolvimento fisiológico e cognitivo do feto - está associada ao aumento do risco de parto prematuro, baixo peso ao nascer e restrição de crescimento intrauterino (Carrillo, 2020; Chácon-Montalván et al., 2021; Pereda et al., 2014). No Brasil, Pereda et al. (2014) demonstram que tanto o aumento da temperatura quanto os eventos climáticos extremos, como enchentes e secas, afetam significativamente os resultados de nascimento, possivelmente por meio do estresse térmico, da redução na disponibilidade de alimentos e do aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores. Esses efeitos tendem a ser mais acentuados em contextos de baixa renda, saneamento precário e infraestrutura de saúde limitada, onde as gestantes enfrentam maiores barreiras de acesso ao cuidado pré-natal e maior exposição a ambientes insalubres (Chácon-Montalván et al., 2021).

O efeito adverso do impacto cumulativo sobre a saúde nos primeiros anos de vida pode ser explicado pela extrema vulnerabilidade biológica dos "primeiros 1000 dias" (da concepção aos dois anos). Bebês e crianças pequenas são excepcionalmente sensíveis a dietas precárias e infecções neste período crucial. Chuvas intensas e inundações aumentam o risco de doenças infecciosas e entéricas, comprometendo o estado nutricional e a recuperação de recém-nascidos. Os impactos das exposições precoces começam a se refletir, de forma cumulativa, sobre o crescimento linear e o desenvolvimento cognitivo. Estudos apontam que as pontuações de altura por idade (HAZ) — indicador de desnutrição crônica e de condições vivenciadas desde o período gestacional — tendem a permanecer inferiores entre crianças expostas a chuvas intensas e enchentes *in utero* ou nos primeiros anos de vida (Le;

Nguyen , 2021; Dimitrova e Muttarak , 2020). Dimitrova e Muttarak (2020) mostram que crianças afetadas por desastres climáticos durante os dois primeiros anos apresentam menor estatura para a idade do que aquelas expostas apenas após os 2 ou 3 anos, o que evidencia a importância das fases iniciais do desenvolvimento infantil para a formação do capital humano.

A exposição a condições ambientais severas durante a infância pode alterar permanentemente as trajetórias de saúde ao interromper investimentos críticos. A estatura de uma criança no seu segundo aniversário é um forte preditor do desenvolvimento cognitivo e do capital humano futuro, sendo que a maior parte da desaceleração do crescimento linear, avaliada pelo escore Z de altura para a idade (HAZ), ocorre antes dos 23 meses de idade (Alderman; Headey , 2018; Datar et al. , 2013; Guerrant et al., 2012).

Infecções entéricas e episódios diarreicos em crianças vivendo em contextos de pobreza, especialmente durante os primeiros dois anos de vida, podem acarretar, em média, um déficit estatural de aproximadamente 8 cm, bem como uma redução de cerca de 10 pontos no quociente de inteligência (QI) aos 7–9 anos de idade. Há evidências de que a exposição a eventos adversos, como desastres, está associada à redução dos escores z de altura para idade (HAZ) e de peso para idade em aproximadamente 0,12 a 0,15 unidades, efeito que se traduz em um aumento de cerca de 7% na probabilidade de baixa estatura para idade (Datar et al. , 2013; Guerrant et al., 2012). Além disso, cinco ou mais infecções diarreicas nos primeiros 2 anos de vida foram responsáveis por 25% a 43% de todo o atraso no crescimento (stunting). Isso ocorre porque as infecções entéricas (agravadas pela falta de água e saneamento adequados) interrompem as funções de absorção e barreira do intestino, resultando em um quadro conhecido como “intestino empobrecido” (Guerrant et al., 2012). Esse achado reforça a relevância da faixa etária de 0 a 2 anos como um período biologicamente sensível, no qual as condições ambientais e os choques hidrológicos têm maior probabilidade de produzir efeitos duradouros sobre a saúde e o crescimento.

Para operacionalizar a análise dos impactos dos eventos hidrológicos na saúde infantil, este estudo selecionou um conjunto de doenças infecciosas e parasitárias com base em dois critérios principais: (1) a associação estabelecida na literatura com enchentes e a falta de saneamento, cuja incidência aumenta significativamente após tais eventos (Freitas; Ximenes, 2012; Halmenschlager et al., 2025); e (2) o reconhecido papel prejudicial que doenças gastrointestinais, em particular, exercem sobre o crescimento e o desenvolvimento de crianças nos primeiros anos de vida (Guerrant et al., 2012). Dessa forma, foram incluídas na análise as seguintes condições, definidas pelo Capítulo I da CID-10:

Tabela 2 – Códigos CID-10 e respectivas doenças

CID-10	Morbidade
A00	Cólera
A01	Febre Tifoide
A03	Shigelose
A04	Outras infecções intestinais bacterianas
A07	Outras doenças intestinais por protozoários
A08	Infecções intestinais virais, outras e as não especificadas
A09	Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível
A80	Poliomielite aguda
B15	Hepatite Aguda A
B17	Outras hepatites agudas virais
B77	Ascaridíase

2.2.1 VULNERABILIDADE BIOLÓGICA DIFERENCIAL POR SEXO NA PRIMEIRA INFÂNCIA

Há evidências que diferenças biológicas entre os sexos constituem um fator relevante na determinação da vulnerabilidade na infância. Recém-nascidos do sexo masculino apresentam maior fragilidade biológica, expressa em taxas mais elevadas de mortalidade perinatal. Essa vulnerabilidade está associada a fatores como a maturação pulmonar mais lenta – modulada por hormônios sexuais – e a maior suscetibilidade a infecções intestinais e respiratórias, bem como a maior prevalência de malformações congênitas (Costa et al., 2017). Em contraste, recém-nascidas do sexo feminino apresentam uma vantagem imunológica atribuída a genes reguladores localizados no cromossomo X, os quais conferem maior resistência a doenças infecciosas (Pardue; Wizemann, 2001). Do ponto de vista demográfico e epidemiológico, seria, portanto, esperada uma menor taxa de mortalidade infantil entre meninas. Quando tal diferença não é observada, pode-se inferir a presença de um viés social que contrabalança ou anula a vantagem biológica feminina.

Esta diferença imunológica entre os sexos pode gerar padrões distintos de morbidade. Apesar de a suscetibilidade inicial a infecções ser maior em meninos, as respostas inflamatórias podem ser mais intensas em meninas, o que pode resultar em maior gravidade dos sintomas e, conseqüentemente, em taxas mais elevadas de internação para determinadas doenças (Muenchhoff; Goulder, 2014; Ingersoll, 2017). Esta maior reatividade imunológica feminina, embora protetora em muitos contextos, pode representar um duplo aspecto em situações de agressão ambiental aguda. Adicionalmente, evidências sugerem que meninas podem apresentar maior sensibilidade fisiológica a choques ambientais – como os decorrentes de desastres – durante a primeira infância. Essa vulnerabilidade diferenciada pode desencadear ou amplificar mecanismos biológicos de estresse com implicações de longo prazo para o desenvolvimento cognitivo, o estado nutricional e a saúde na vida adulta (Maccini; Yang, 2009). Portanto, a interação entre o sexo biológico, a resposta

imune e a exposição a choques externos configura um eixo importante para a compreensão das desigualdades em saúde infantil em cenários de crise.

2.3 O SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE E A EFICIÊNCIA NA PREVENÇÃO DE ICSAPs

A capacidade de resposta do Sistema Único de Saúde (SUS) a desastres hidrológicos e seus impactos na saúde infantil é condicionada por sua estrutura de custos e pela efetividade da rede de atenção. Neste contexto, a Atenção Primária à Saúde (APS) desempenha um papel central na prevenção de agravos e na contenção de gastos hospitalares evitáveis, atuando como filtro para os níveis de maior complexidade e custo (Vidal et al. , 2024; Rocha , 2021). Contudo, as desigualdades regionais e a fragmentação da rede limitam sua efetividade em momentos de crise.

A lógica de organização do SUS, estabelecida pela Portaria 4.279/2010, baseia-se em níveis de complexidade crescente. A APS, composta pelas Unidades Básicas de Saúde (UBS), por exemplo, é a porta de entrada preferencial, responsável por ações de baixa complexidade, promoção e prevenção. Já a atenção especializada (média e alta complexidade), que engloba serviços como as Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e hospitais, concentra procedimentos de alto custo e tecnologia. A eficiência do sistema depende, portanto, da capacidade da APS de resolver a maioria dos problemas e regular o acesso aos demais níveis.

Justamente aí reside um problema central de ineficiência: internações hospitalares e visitas a serviços de emergência frequentemente tratam condições sensíveis à atenção primária (CSAP), cuja ocorrência poderia ser reduzida por cuidados básicos oportunos e eficazes (Rocha , 2021; Dias , 2021). Evidências demonstram que o investimento na APS é a estratégia principal para reverter essa ineficiência. A expansão da Estratégia Saúde da Família (ESF) mostrou-se custo-efetiva, com benefícios superando custos em 22,5% em municípios de alta cobertura, além de reduzir a mortalidade infantil (Ferreira-Batista et al., 2023; Bhalotra et al., 2019). No Rio de Janeiro, por exemplo, a utilização de consultas da ESF foi associada a uma taxa 42% menor de internação por gastroenterite infecciosa (Hone et al., 2022). De modo semelhante, a oferta de cuidados básicos em clínicas de varejo no México reduziu em 48% as visitas à emergência por doenças gastrointestinais (Rubli , 2023). Da mesma forma, a implantação de UPAs no Rio de Janeiro, uma camada intermediária de atenção, reduziu internações por CSAP em 24-37% e a mortalidade intra-hospitalar em 13%, com um custo que representou apenas uma fração das despesas hospitalares totais (Bhalotra et al. , 2025). Estudos corroboram que a APS de qualidade previne admissões de emergência e reduz gastos hospitalares (Hone et al., 2022).

Este debate sobre eficiência é diretamente aplicável ao objeto deste estudo. A incidência de doenças infecciosas gastrointestinais, agravadas por desastres hidrológicos e pela falta de saneamento básico, está intrinsecamente ligada a essa dinâmica de custos

(Londe et al., 2018). Muitas dessas interações se enquadram como ICSAP, representando o custo final de problemas estruturais que a APS poderia mitigar. Esses achados reforçam que o fortalecimento da atenção primária não é apenas uma questão de equidade, mas de eficiência econômica, especialmente para conter os impactos sanitários e os custos associados a desastres ambientais.

3 METODOLOGIA

3.1 DADOS

Para a realização deste estudo, procedeu-se à extração e integração de dados provenientes de três fontes oficiais: 1) Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA), para dados de atendimentos de saúde em nível primário; 2) Sistema de Informações Hospitalares (SIH), para registros de internações hospitalares; 3) Atlas de Desastres do Brasil (Sedec MIDR/UFSC), utilizado como base para a identificação e classificação de eventos adversos.

O universo inicial da base de dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil compreende os municípios brasileiros que reportaram a ocorrência de eventos hidrológicos ou não hidrológicos no período de 2012 a 2024, totalizando 4.921 municípios. Desse total, 2.493 municípios (50.7%) registraram a ocorrência de pelo menos um evento hidrológico, com a seguinte distribuição: 1.416 municípios com registro de enxurradas, 894 de alagamentos e 1.085 de inundações (os totais não são mutuamente excludentes).

Com o propósito de isolar o efeito causal de eventos hidrológicos extremos sobre desfechos em saúde, foi adotado um desenho de avaliação quase-experimental. A constituição dos grupos de tratamento e controle baseou-se em critérios de inclusão segundo os quais foram selecionados: (i) Tratados: municípios que, ao longo do período de estudo, apresentaram exclusivamente registros de eventos hidrológicos extremos, sem ocorrência concomitante de eventos não hidrológicos; e (ii) Controle: municípios que não registraram qualquer tipo de evento (hidrológico ou não hidrológico) no mesmo intervalo temporal.

Adicionalmente, para assegurar que os municípios do grupo de controle fossem de fato não-expostos antes da análise, definiu-se um período de baseline (primeiro trimestre de 2012 ao primeiro trimestre de 2013). Desse grupo, foram excluídos 42 municípios que sofreram eventos hidrológicos nessa janela temporal, garantindo, assim, a condição de não-exposição prévia.

Para os municípios que atenderam aos critérios acima, foram vinculadas as informações de saúde referentes aos atendimentos ambulatoriais e hospitalares por doenças infecciosas gastrointestinais. A aplicação consecutiva dos filtros metodológicos resultou em uma amostra final balanceada de 731 municípios, sendo 649 municípios sem registro de eventos e 82 municípios com registro de apenas eventos hidrológicos extremos.

O desenho metodológico adotado configura um modelo de dados em painel balanceado de municípios com frequência trimestral. As unidades tratadas são definidas como os municípios que sofreram ao menos um evento hidrológico extremo durante o período da análise. O grupo de controle, por sua vez, é composto pelos municípios que nunca foram expostos a qualquer tipo de evento adverso, conforme definido anteriormente, garantindo um contrafactual adequado para a estimativa do efeito causal.

As variáveis dependentes de interesse consistem em taxas de incidência padronizadas pela população de crianças entre 0 e 2 anos, calculadas para mensurar a morbidade associada a doenças infecciosas gastrointestinais de veiculação hídrica em dois níveis de atenção à saúde. Taxa de morbidade ambulatorial (por cada 100 mil habitantes) e Taxa de morbidade hospitalar (por cada 100 mil habitantes).

3.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

A análise exploratória visa caracterizar a distribuição temporal e espacial dos desfechos de saúde (atendimentos e internações por doenças infecciosas gastrointestinais) e sua relação preliminar com a exposição a eventos hidrológicos extremos. A amostra final, composta por 731 municípios (649 no grupo de controle e 82 no grupo de tratamento), foi analisada no período trimestral de 2012 a 2024.

Para operacionalizar a análise dos impactos na saúde, este estudo partiu de um conjunto de doenças infecciosas e parasitárias definidas pelo Capítulo I da CID-10, selecionadas por sua associação estabelecida com a contaminação hídrica e a falta de saneamento. A lista inicial incluía condições de etiologia específica, como Cólera (A00), Febre Tifoide (A01), Shigelose (A03), infecção Intestinal (A04), Doenças Intestinais causadas por protozoários (A07), Rotavírus (A08), Diarreia e Gastroenterite (A09), Poliomielite Aguda (A80), Hepatite A (B15), Hepatite E (B17.2) e Ascariíase (B77).

Contudo, a Tabela 3 revelou uma concentração extrema dos registros. Aproximadamente 90% de todos os atendimentos e internações relacionados ao conjunto de agravos estavam codificados sob o CID-10 A09 – Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa presumível.

Tabela 3 – Distribuição percentual das doenças gastrointestinais por CID-10 (SIA)

CID-10	Total (%)
Diarreia e Gastroenterite	91.80
Rotavírus	5.87
Cólera	0.89
Infecção intestinal	0.83
Febre Tifoide	0.29
Outras doenças intestinais por protozoários	0.12
Ascariíase	0.11
Shigelose	0.05
Hepatite A	0.03
Poliomielite aguda	0.01
Hepatite E	0.00

Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA).

Já no âmbito hospitalar, a distribuição é mais diversificada, embora ainda concentrada. Como mostra a Tabela 4, as internações (SIH) distribuem-se principalmente entre três categorias: Diarreia e Gastroenterite (CID-10 A09) responde por 59% dos registros, seguida por Infecção Intestinal (CID-10 A04), com 21,8%, e Rotavírus (CID-10 A08), com 17%.

Tabela 4 – Distribuição percentual das doenças gastrointestinais por CID-10 (SIH)

CID-10	Total (%)
Diarreia e Gastroenterite	59.13
Infecção intestinal	21.80
Rotavírus	17.95
Outras doenças intestinais por protozoários	0.37
Cólera	0.29
Ascaridíase	0.24
Febre Tifoide	0.10
Shigelose	0.06
Hepatite A	0.05
Poliomielite aguda	0.01
Hepatite E	0.00

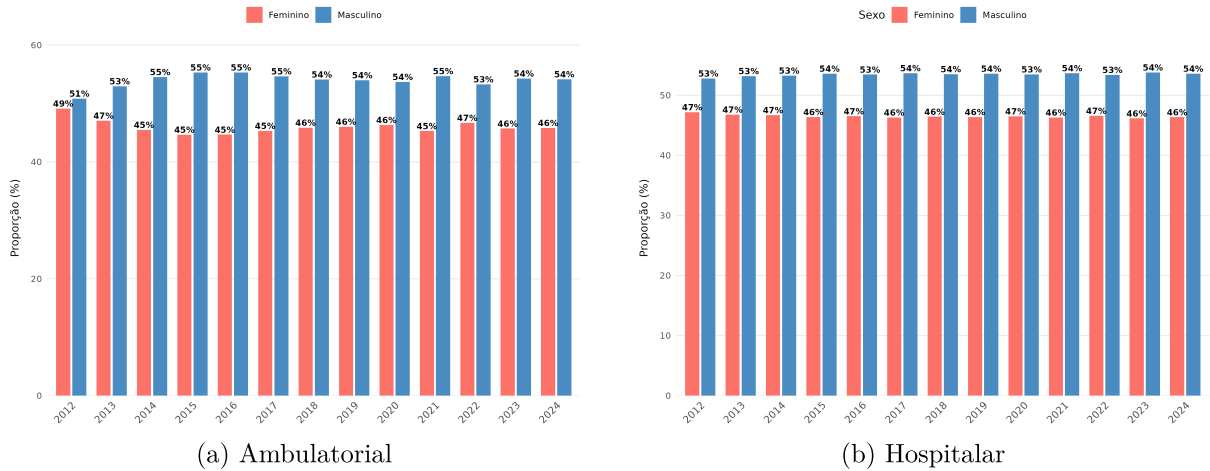
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH).

A predominância do CID A09, particularmente no SIA, decorre de sua natureza operacional. Diferentemente dos códigos etiológicos específicos – como Cólera (A00) ou Febre Tifoide (A01), que exigem confirmação laboratorial –, o A09 é uma classificação sindrômica. Ele é utilizado quando há forte suspeita clínica de infecção gastrointestinal, mas o agente etiológico (vírus, bactéria ou parasita) não foi identificado, refletindo a realidade assistencial em que a maioria dos casos é diagnosticada e tratada com base no quadro clínico, sem investigação etiológica.

Diante da predominância empírica do CID-10 A09 – majoritário no SIA e a categoria mais frequente no SIH –, a análise inferencial subsequente deste estudo concentrou-se neste diagnóstico. Esta opção metodológica garante que os resultados capturem o núcleo da morbidade gastrointestinal infecciosa associada a desastres hidrológicos, que se manifesta predominantemente sob essa classificação sindrômica nos sistemas de informação do SUS.

A Figura 1 apresenta a distribuição das morbidades por sexo nos níveis ambulatorial e hospitalar, respectivamente, indicam uma predominância de crianças do sexo masculino entre os casos registrados de doenças infecciosas gastrointestinais. A maior representação masculina nos atendimentos e internações pode refletir, em parte, essa diferença na suscetibilidade biológica basal, e, não necessariamente, uma diferença na exposição ao risco ou no acesso aos serviços de saúde.

– Figura 1: Proporção de incidência de doenças gastrointestinais por sexo



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) e Sistema de Informações Hospitalares (SIH).

As Tabelas 5 e 6 resumizam, respectivamente, a evolução anual do número médio de atendimentos ambulatoriais e internações hospitalares, diferenciando os municípios afetados e não afetados por desastres hidrológicos.

Na tabela 5, observa-se uma tendência geral de crescimento nas taxas médias de atendimento em ambos os grupos ao longo da série histórica. Contudo, a partir de 2018, os municípios afetados por eventos hidrológicos passam a apresentar, consistentemente, médias anuais superiores às dos municípios não afetados. O pico de disparidade ocorre em 2022, quando a média nos municípios afetados (3,4 atendimentos/100 mil hab.) foi aproximadamente 3,8 vezes maior que a média no grupo controle (0,9). Este padrão sugere uma associação positiva preliminar entre a exposição a desastres e a maior demanda por serviços ambulatoriais para as condições em estudo.

Tabela 5 – Perfil das morbidades nos municípios (SIA)

Ano	Total	Número de Municípios		Média de Atendimentos	
		Não Afetados	Afetados	Média Não Af.	Média Af.
2012	731	731	0	0.0	NA
2013	731	724	7	0.0	0.0
2014	731	726	5	0.0	0.0
2015	731	725	6	0.0	0.0
2016	731	713	18	0.1	0.0
2017	731	717	14	0.1	0.1
2018	731	726	5	0.2	1.7
2019	731	723	8	0.7	0.1
2020	731	725	6	0.3	0.2
2021	731	724	7	1.0	2.9
2022	731	720	11	0.9	3.4
2023	731	722	9	1.3	2.8
2024	731	724	7	2.5	0.7

Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA).

Na Tabela 6, o padrão observado para as internações apresenta maior variabilidade, sem evidência de uma tendência temporal consistente de crescimento. Observa-se que, em diversos anos (por exemplo, 2014, 2019 e 2024), a média de internações no grupo de municípios expostos supera a do grupo controle, em alguns casos de forma substantiva (como em 2014, com 18,7 vs. 7,7). Em outros anos, verifica-se a reversão dessa relação.

Essa volatilidade pode sugerir que o impacto dos eventos hidrológicos sobre desfechos mais graves (internações) é predominantemente agudo e concentrado no período imediatamente subsequente ao desastre, o que tende a ser atenuado quando se consideram médias anuais; alternativamente, pode refletir a influência de fatores contextuais não mensurados ou não controlados nesta análise descritiva.

Tabela 6 – Perfil das morbidades nos municípios (SIH)

Ano	Total	Número de Municípios		Média de Internações	
		Não Afetados	Afetados	Média Não Af.	Média Af.
2012	731	731	0	8.2	NA
2013	731	724	7	6.9	3.7
2014	731	726	5	7.7	18.7
2015	731	725	6	6.1	5.7
2016	731	713	18	6.7	3.8
2017	731	717	14	5.5	4.4
2018	731	726	5	5.9	6.1
2019	731	723	8	5.4	12.2
2020	731	725	6	2.9	0.6
2021	731	724	7	3.4	0.2
2022	731	720	11	4.0	1.0
2023	731	722	9	3.7	1.4
2024	731	724	7	4.2	2.9

Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH).

A Figura 2 confirma que a exposição a desastres hidrológicos extremos é um evento raro e concentrado a nível municipal. Isto é corroborado pela estatística descritiva, onde a mediana e o terceiro quartil das ocorrências são iguais a zero, enquanto a média de 0,15 e o valor máximo de 5 indicam a presença de clusters específicos de municípios com múltiplas ocorrências.

Visualmente, esses clusters se localizam predominantemente em regiões de maior vulnerabilidade socioambiental, como áreas metropolitanas e regiões susceptíveis a inundações, reforçando que a exposição ao tratamento está correlacionada com características geográficas e socioeconômicas específicas.

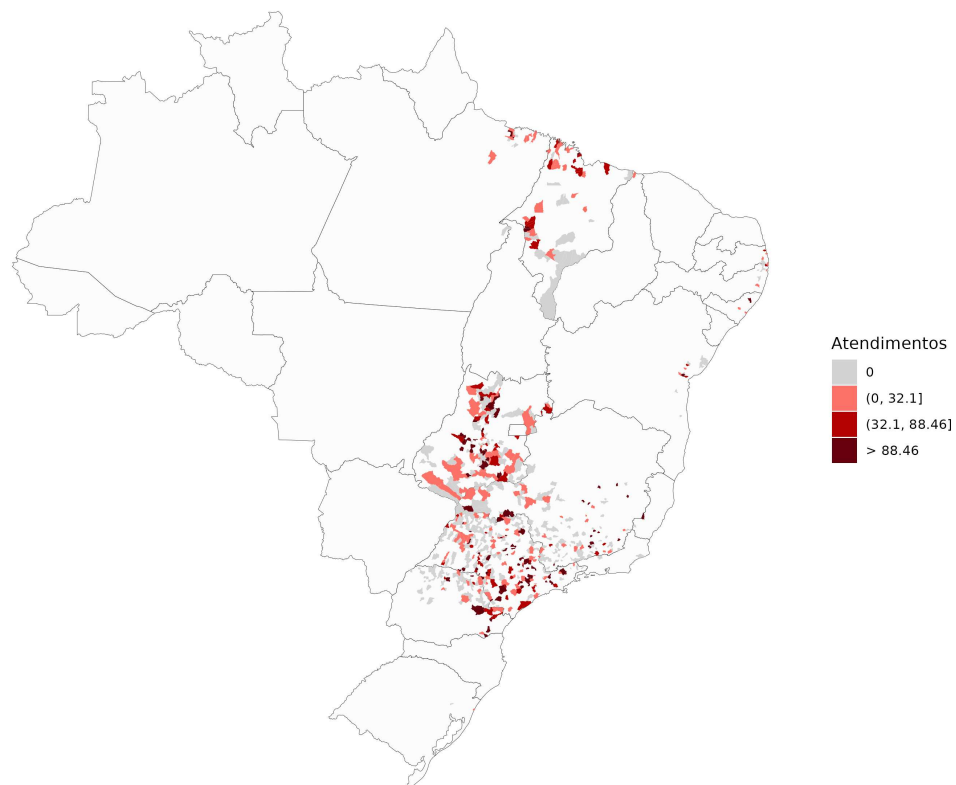
– Figura 2: Distribuição Espacial dos desastres hidrológicos



Fonte: Atlas Digital de Desastres do Brasil (UFSC-CEMADEN).

A Figura 3 reflete a extrema assimetria da distribuição das taxas de morbidade ao nível ambulatorial. Enquanto a mediana é zero, indicando que metade dos municípios não registrou atendimentos para o agravo no período, a média é de 88,46 e o valor máximo atinge 5.768,59, evidenciando a presença de outliers positivos extremos. O mapa ilustra este padrão, mostrando vastas áreas com baixa ou nenhuma incidência, intercaladas por pontos de altíssima morbidade. Estes municípios têm alta probabilidade de se concentrar em áreas historicamente associadas a piores indicadores de saneamento e acesso à saúde, sugerindo uma sobreposição espacial entre vulnerabilidade estrutural e carga de doença.

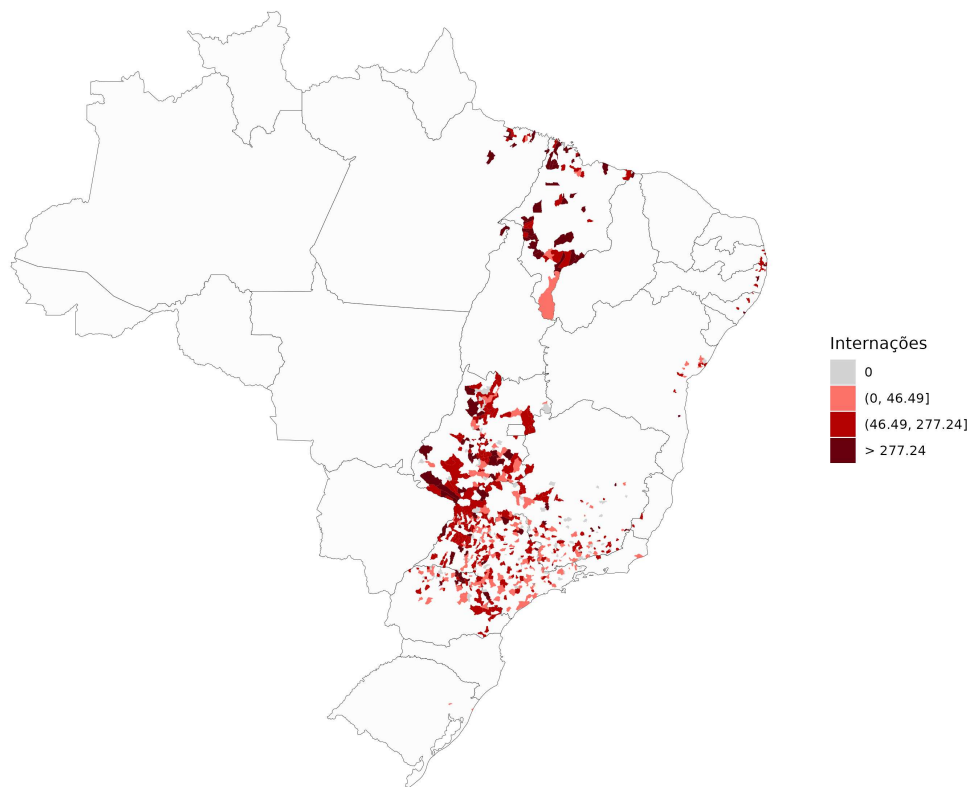
– Figura 3: Distribuição Espacial das taxas de morbidade no nível ambulatorial



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA).

A Figura 4 apresenta uma distribuição das taxas de morbidade ao nível hospitalar com características distintas da distribuição no nível ambulatorial. A mediana é elevada (120,20) e 75% dos municípios apresentam taxas superiores a 46,49, o que indica que se trata de um desfecho em saúde mais frequente e amplamente disseminado no território. Contudo, a presença de um valor máximo de 8.085,66 mantém uma acentuada assimetria à direita na distribuição. O mapa correspondente revela uma dispersão espacial mais homogênea de taxas moderadas a altas no país, embora se observe a persistência de aglomerados (clusters) de excepcional gravidade..

– Figura 4: Distribuição Espacial das taxas de morbidade no nível hospitalar



Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH).

4 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Este estudo examina os efeitos de curto prazo de eventos hidrológicos extremos sobre a saúde infantil no Brasil, com foco nos atendimentos ambulatoriais por doenças infecciosas gastrointestinais em crianças de 0 a 2 anos de idade, no período de 2012 a 2024. A análise empírica fundamenta-se em um desenho de pesquisa em painel com tratamento binário, não absorvente e escalonado.

A literatura metodológica recente demonstra que os modelos tradicionais de efeitos fixos de duas vias (TWFE) são inadequados para desenhos com tais características, principalmente devido a três vieses estruturais: (i) a falta de robustez à heterogeneidade dos efeitos do tratamento entre grupos e ao longo do tempo; (ii) o problema dos pesos negativos, que pode levar à inversão do sinal do efeito estimado; e (iii) a contaminação entre efeitos dinâmicos em desenhos escalonados, onde unidades em diferentes estágios do tratamento são comparadas de forma inadequada. Essas limitações tornam o estimador TWFE particularmente incompatível com um tratamento não absorvente e escalonado, como é o caso da exposição a desastres hidrológicos.

Conseqüentemente, optou-se pela aplicação do método proposto por Chaisemartin e D’Haultefœuille (2024). Este método resolve os problemas anteriormente citados ao garantir que os pesos das comparações sejam sempre positivos e ao basear as inferências apenas em comparações válidas entre unidades que alteram seu status de tratamento (*switchers*) e unidades que permanecem no *status quo*.

O painel de dados foi construído considerando os municípios que registraram, em algum momento, tanto os diagnósticos de interesse quanto desastres hidrológicos. O grupo de controle é composto pelos trimestres em que esses municípios não foram expostos, e os períodos tratados correspondem aos trimestres com ocorrência de desastres. Adicionalmente, para reforçar a plausibilidade da premissa de tendências paralelas, definiu-se um período de baseline (primeiro trimestre de 2012 ao primeiro trimestre de 2013), excluindo-se da amostra os municípios que sofreram eventos hidrológicos nessa janela inicial. Essa restrição garante que todas as unidades partam de um estado comum de não-exposição. Dado isso, o ano de 2012 foi totalmente excluído da amostra, sendo utilizado para a estimação apenas o período de 2013 a 2024.

O estimador de Chaisemartin e D’Haultefœuille (2024) opera sob a lógica Actual-versus-Status-Quo (AVSQ). Ele calcula os efeitos dinâmicos do tratamento $\hat{\delta}_\ell$ comparando sistematicamente a evolução dos resultados de unidades que mudam de status (*switchers*) com a de unidades que permanecem no estado inicial (*status quo*) até o momento da comparação. Formalmente, para cada unidade g que sofre seu primeiro tratamento no período F_g , o modelo busca unidades de controle g' que, no período $t = F_g - 1 + \ell$, ainda mantenham o mesmo status inicial de g no período base. No contexto deste estudo, o

status inicial é definido como a não-exposição a eventos hidrológicos extremos.

O efeito médio total é dado pelo estimador agregado de Estudo de Evento ($DID_{g,\ell}$)

$$DID_{\ell} = \frac{1}{N_{\ell}} \sum_{g:F_g-1+\ell \leq T_g} S_g \cdot DID_{g,\ell} \quad (4.1)$$

Para estimar o impacto causal da exposição a eventos hidrológicos, esta análise adota a estrutura de Diferenças-em-Diferenças (DID) e interpreta o parâmetro ($\hat{\delta}_{\ell}$) como o efeito médio do tratamento no período ℓ pós-evento, comparado a um cenário contrafactual de não-exposição. Dois desenhos alternativos foram implementados, diferindo pela construção do grupo de controle: (i) municípios nunca tratados ("Never-switchers") e (ii) municípios ainda não tratados (\cdot).

Na primeira abordagem, o grupo de controle é formado exclusivamente por municípios que nunca sofreram um evento hidrológico durante toda a janela observacional. O estimador $\hat{\delta}_{\ell}$ obtido captura, portanto, o efeito dinâmico do tratamento para os municípios tratados (*switchers*), comparando-os com um contrafactual constituído pelos never-treated. Essa estratégia permite que os controles sejam mais "limpo", mas pode ser um grupo muito diferente dos atingidos em termos de geografia ou infraestrutura.

Na segunda abordagem, restringe-se a amostra aos municípios que em algum momento tornam-se tratados ("switchers-in"), excluindo os Never-switchers. Assim, o grupo de controle para uma unidade tratada no período t é composto por municípios que ainda não sofreram o evento naquele momento, mas o sofrerão no futuro. Neste caso, $\hat{\delta}_{\ell}$ mede o efeito do tratamento ao comparar os *switchers* com um contrafactual baseado em suas próprias contrapartes futuras antes do tratamento.

Além disso, para garantir que os efeitos estimados sejam representativos da população infantil brasileira sob risco, as estimativas de DID_{ℓ} são ponderadas pela população de crianças de 0 a 2 anos de cada município. Segundo Chaisemartin e D'Haultefeuille (2024), o uso de pesos é uma extensão mecânica do estimador de Diferença-em-Diferenças robusto, sendo tecnicamente recomendável quando as unidades geográficas apresentam grande heterogeneidade populacional. Esta ponderação permite que o parâmetro estimado capture o impacto sobre a criança média na amostra, mitigando a influência de taxas voláteis provenientes de municípios com populações reduzidas e fortalecendo a precisão dos erros-padrão frente à variabilidade dos dados de saúde.

5 RESULTADOS

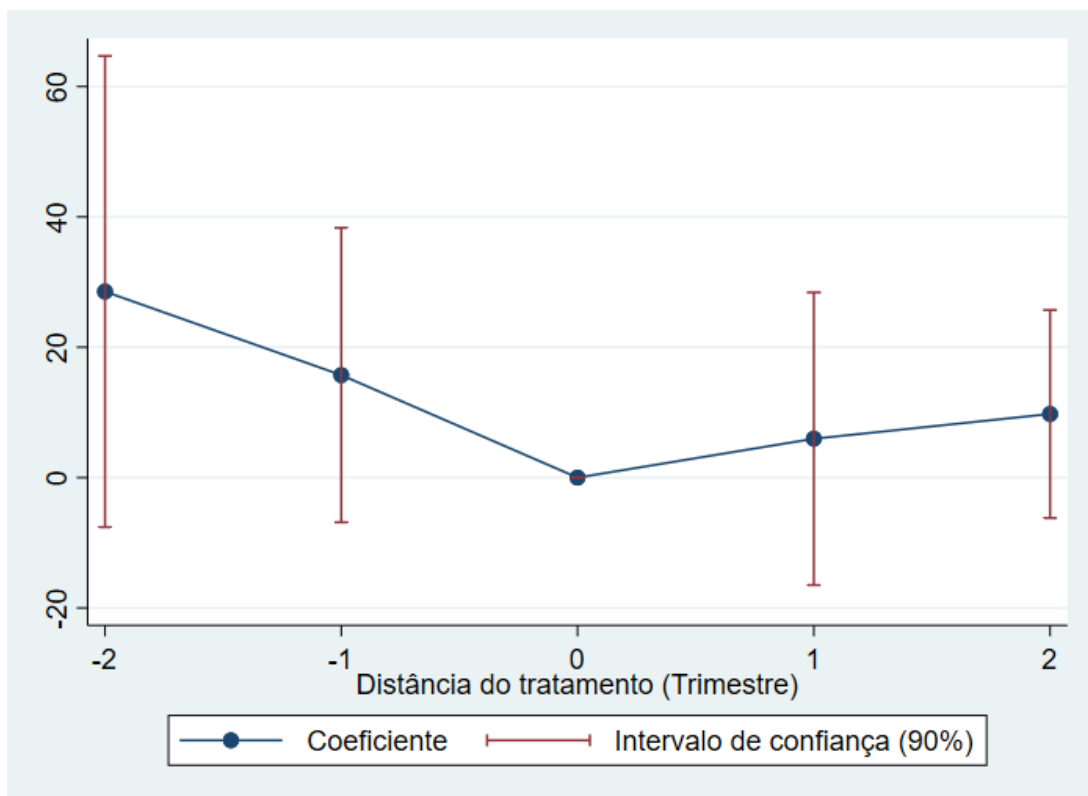
5.1 EFEITOS SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO NÍVEL AMBULATORIAL

As Figuras 5 e 6 apresentam os efeitos dinâmicos estimados para a taxa de atendimentos ambulatoriais. Contrariando a expectativa inicial e a tendência observada na análise descritiva, nenhum dos coeficientes estimados se mostra estatisticamente significativo em qualquer dos desenhos (*never-switchers* ou *switchers*, antes de se tornarem *switchers-in*), para todos os períodos (ℓ) anteriores e posteriores ao evento.

5.1.1 CONTROLE: NUNCA TRATADOS

Este resultado não significativo possui uma explicação metodológica clara. O método Chaisemartin e D’Haultefœuille (2024) baseia-se na comparação de unidades que mudam de status (*switchers*) com unidades de controle adequadas. Para a variável ambulatorial (SIA), o número reduzido de *switchers* com uma trajetória de dados válida resulta em uma amostra efetiva pequena no momento de construir o contrafactual ideal. Conseqüentemente, as estimativas perdem precisão, refletindo-se em erros-padrão elevados e na ausência de significância estatística.

– Figura 5: Efeito de desastres hidrológicos sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) –
 “Never-Switchers”



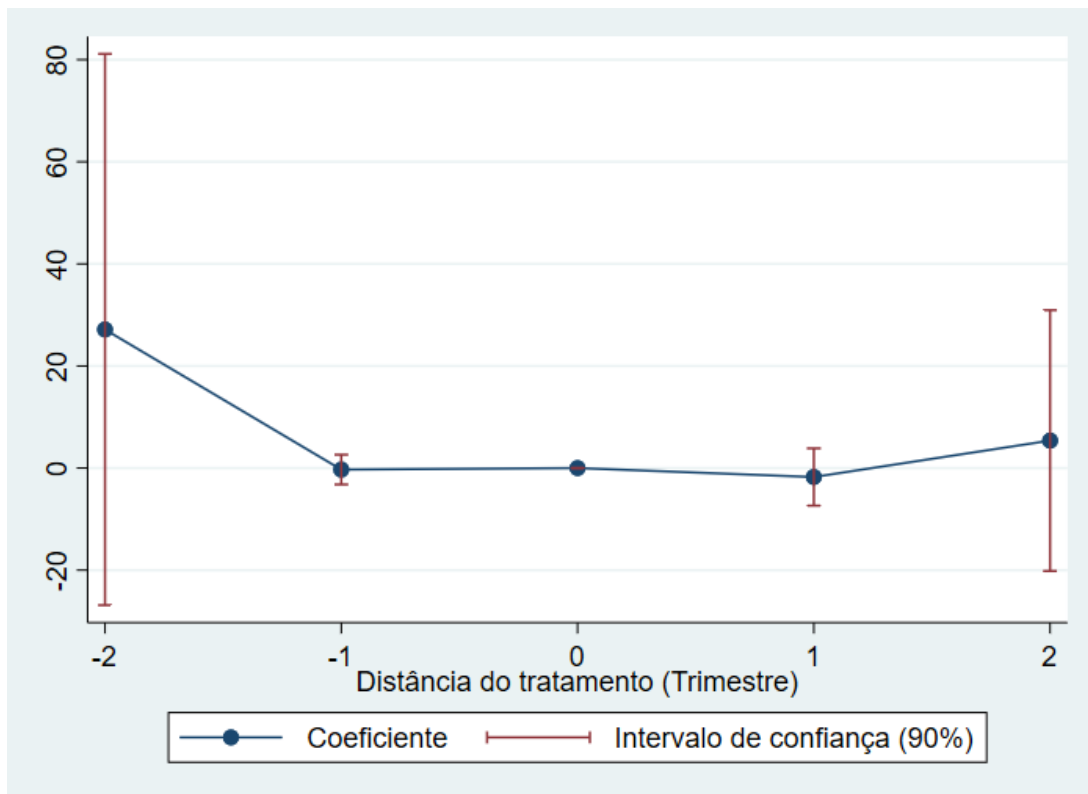
Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

5.1.2 CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA

A estratégia de utilizar apenas unidades *switchers* como controle representa uma alternativa metodológica que força o modelo a realizar comparações internas mais restritas.

Na Figura 6, mesmo sob essa especificação — que deveria isolar comparações mais puras entre unidades com trajetórias de tratamento semelhantes —, as estimativas não alcançam significância estatística.

– Figura 6: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – “Switchers”



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

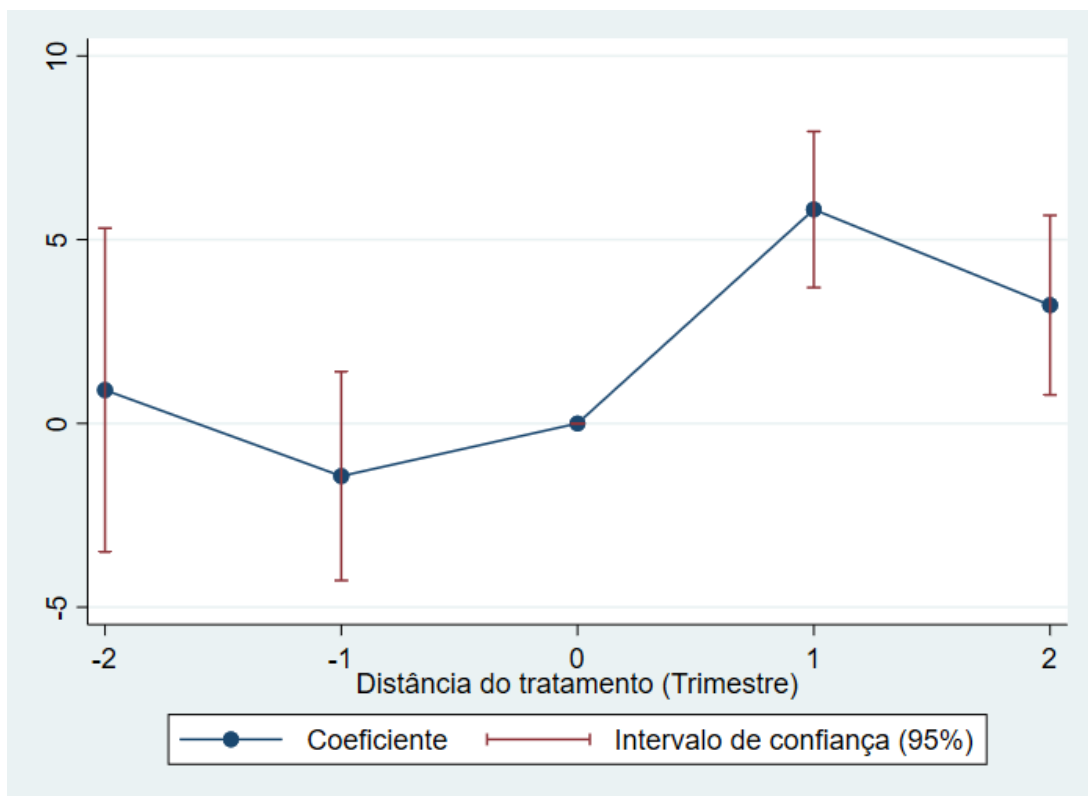
Este resultado nulo é consistente com a discussão levantada na análise exploratória. Como destacado, o Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) sofre de subnotificação para determinadas condições, como as apresentadas neste estudo, uma vez que o registro do diagnóstico (CID-10) não é obrigatório na atenção primária em atendimentos de baixa complexidade. Portanto, a variável dependente não captura de forma confiável a verdadeira incidência da morbidade na comunidade. A falta de significância estatística não implica a ausência de efeito biológico ou clínico, mas reflete, muito provavelmente, a inadequação dos dados ambulatoriais do SIA como indicador sensível para mensurar o impacto agudo de desastres. Este achado corrobora a decisão metodológica, explicitada anteriormente, de priorizar a análise do desfecho hospitalar.

5.2 EFEITOS SOBRE AS INCIDÊNCIAS NO NÍVEL HOSPITALAR

5.2.1 CONTROLE: NUNCA TRATADOS

No contexto hospitalar (Figura 7), quando os municípios nunca tratados compõem o grupo de controle (Figura 7), observa-se um aumento significativo das internações já no primeiro trimestre ($\ell = 1$) após o evento hidrológico. O coeficiente estimado é de 5,82 internações adicionais por 100 mil crianças (0-2 anos). Em termos de variabilidade, o impacto equivale a cerca de 0.48 desvio padrão (12,00) da variável dependente. O efeito persiste no segundo trimestre 3,22 internações adicionais por cada 100 mil habitantes, 0,27 desvio padrão.

– Figura 7: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – “Never-Switchers”



Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

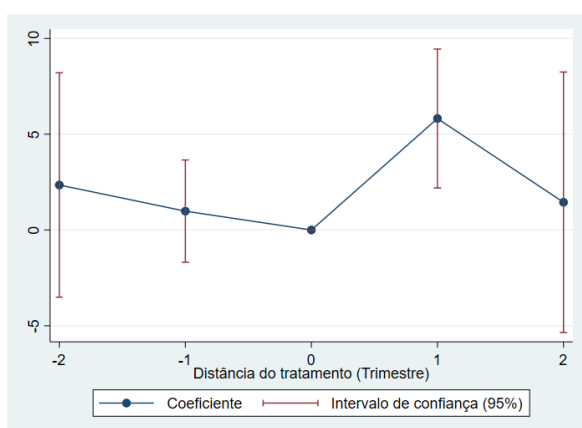
Esse aumento expressivo e imediato está em consonância com o que a literatura denomina impactos indiretos de médio prazo dos desastres hidrológicos. Conforme discutido por Few et al. (2004) e Halmenschlager et al. (2025), os efeitos sobre a saúde não se restringem ao momento do desastre (traumas, afogamentos), mas se estendem por semanas a meses, mediados pela contaminação da água e dos alimentos, pela interrupção dos serviços de saneamento e pela desorganização da rede de atenção à saúde.

A persistência do efeito no segundo trimestre ($\ell = 2$) sugere que as condições ambientais favoráveis à transmissão de patógenos entéricos se mantêm por um período

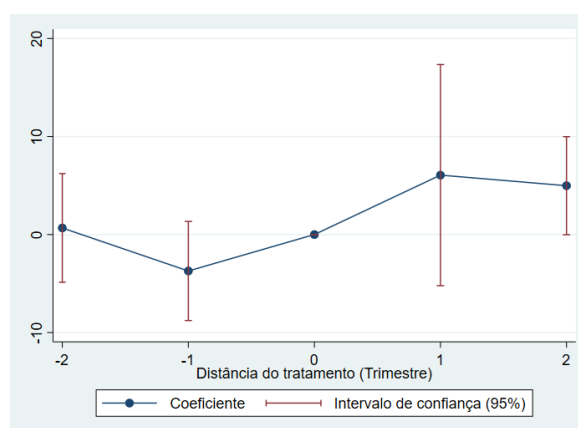
prolongado após o evento. Freitas; Ximenes (2012) , ao analisarem enchentes no Brasil, alertam que embora grande parte das consequências ambientais se concentre em doenças infecciosas e parasitárias — seja pela contaminação de águas e alimentos, seja pela alteração dos ciclos de hospedeiros e vetores —, os impactos sobre a saúde corroboram para problemas mais complexos. A demora nos processos de reabilitação e reconstrução para o restabelecimento da infraestrutura, serviços e economia local pode ampliar o espectro de doenças e agravos ou agravar condições preexistentes, tornando crônicas as consequências de um evento agudo. Nesse sentido, a persistência das internações por doenças gastrointestinais observada neste estudo pode ser interpretada não apenas como reflexo da contaminação ambiental imediata, mas também como um indicador do processo de recuperação das condições de vida e da organização dos serviços de saúde nos municípios afetados. Indicando uma piora em municípios com vulnerabilidade pré-existente.

A estratificação por sexo revelou um padrão diferencial significativo no impacto dos eventos hidrológicos sobre as internações hospitalares. Conforme apresentado nas Figuras 8 e 9, observa-se um efeito estatisticamente significativo no primeiro trimestre para meninas, com um coeficiente estimado de 5,82 internações adicionais por 100 mil crianças (desvio padrão de 13,43). Em termos de magnitude, este valor representa um desvio padrão de aproximadamente 0,43 em relação às taxas de internação do grupo. Para meninos, contudo, nenhum efeito estatisticamente significativo foi detectado nos períodos analisados.

– Figura 8: Efeito sobre internações (SIH) – Feminino – "Never-Switchers"



– Figura 9: Efeito sobre internações (SIH) – Masculino – "Never-Switchers"



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

Este padrão está alinhado com a literatura que aponta uma maior reatividade imunológica inata no sexo feminino. Embora meninas possuam, em média, uma vantagem imunológica que as torna menos susceptíveis a infecções iniciais, sua resposta inflamatória pode ser mais intensa uma vez instalado o agravo. Essa reação exacerbada do sistema

imunológico, potencialmente mediada por fatores genéticos e hormonais, pode levar a manifestações clínicas mais graves e, conseqüentemente, a uma maior probabilidade de hospitalização frente a choques ambientais como a contaminação hídrica pós-desastre (Ingersoll , 2017).

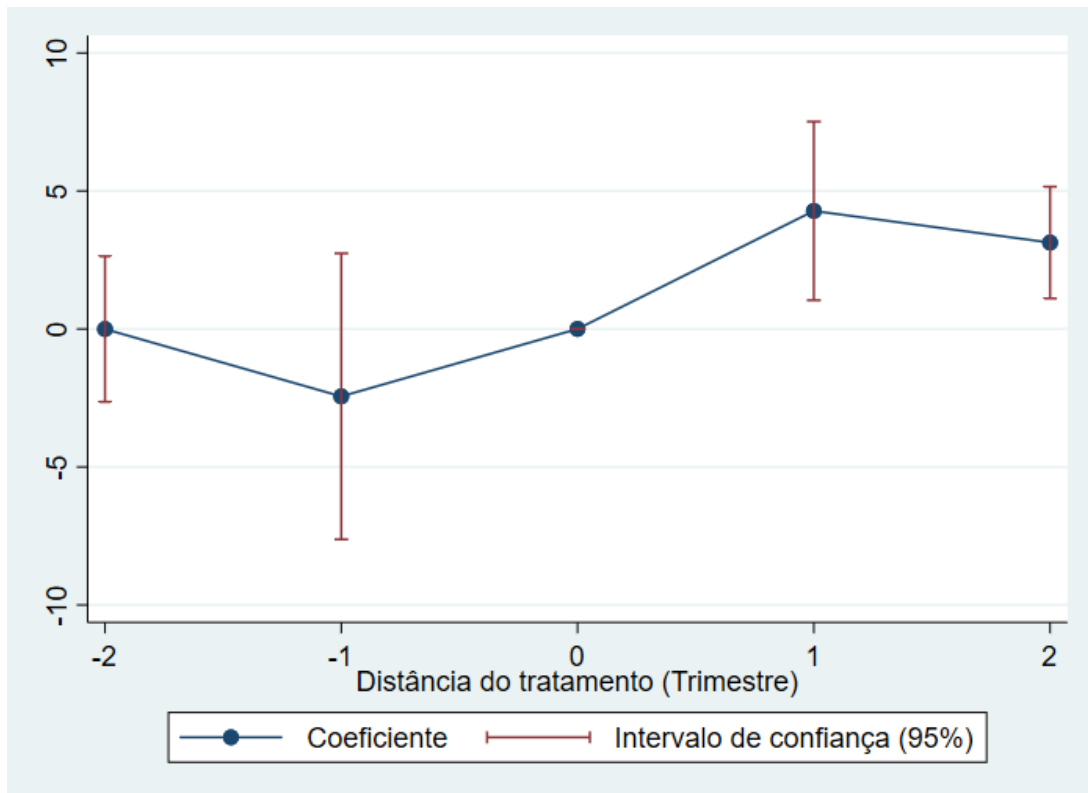
Em outras palavras, observa-se que, para diversas patologias, as meninas apresentam uma menor incidência, mas podem desenvolver quadros mais graves. De acordo com Muenchhoff; Goulder (2014) e Ingersoll (2017), embora as fêmeas geralmente montem respostas imunes mais robustas para eliminar patógenos, essa reatividade aumentada pode ser prejudicial ao elevar a imunopatologia — o dano causado ao organismo pela própria resposta inflamatória. A Figura 1 da análise exploratória corrobora essa hipótese ao mostrar que, embora a proporção de casos registrados seja ligeiramente maior entre meninos (refletindo maior incidência), o efeito sobre as internações — que capturam a gravidade — concentra-se nas meninas.

Paralelamente, uma segunda linha de investigação, liderada por Maccini; Yang (2009), sugere que as meninas são significativamente mais sensíveis a choques ambientais ocorridos no início da vida. Ao estudarem o impacto da pluviosidade no nascimento, os autores encontraram efeitos profundos e de longo prazo na saúde e no status socioeconômico de mulheres adultas, resultados que não foram observados entre os homens. Esse achado evidencia uma vulnerabilidade diferencial a estresses ambientais na primeira infância, que Muenchhoff; Goulder (2014) sugerem poder ser influenciada por mecanismos hormonais ou programações epigenéticas que moldam o sistema imune neonatal. No contexto de desastres hidrológicos, a interrupção de serviços e a contaminação de recursos podem desencadear respostas de estresse e privação nutricional que, somadas à predisposição inflamatória feminina, agravam quadros infecciosos e elevam o risco de hospitalização.

5.2.2 CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA

No momento em que o grupo de controle considera apenas municípios que ainda não sofreram o evento hidrológico (Figura 10), observa-se um aumento significativo das internações já no primeiro trimestre após o evento hidrológico. O coeficiente estimado é de 4,28 internações adicionais por 100 mil crianças (0-2 anos) (com um desvio padrão da amostra de 7,91). Em termos de variabilidade, o impacto equivale a cerca de 0,54 desvio padrão (7,91) da variável dependente. O efeito persiste, ainda que com magnitude 3,13, a com variabilidade de 0,42 em termos de desvio padrão, no segundo trimestre, indicando uma persistência de curto prazo do choque sobre a saúde infantil. É importante ressaltar que a distribuição da taxa de internações é altamente assimétrica (mediana = 0), indicando que este impacto percentual expressivo refere-se a um incremento sobre uma linha de base média já baixa, mas demonstra uma alteração substantiva no perfil de morbidade grave nos municípios afetados imediatamente após o desastre.

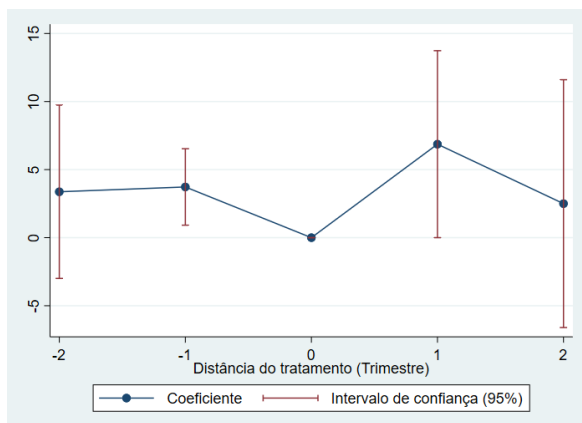
– Figura 10: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – “Switchers”



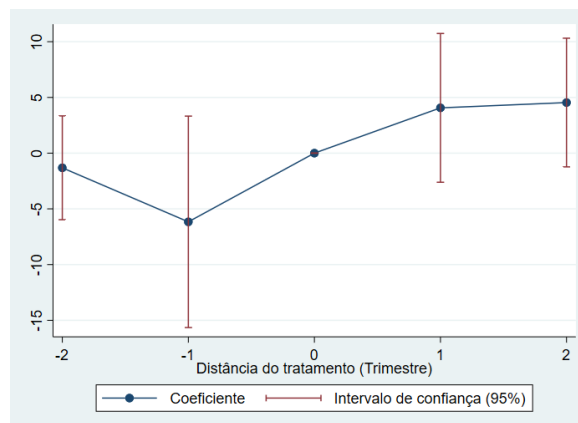
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

Quando a análise é restrita ao grupo de controle composto apenas por unidades ainda não tratadas (*switchers-out*), os resultados para ambos os sexos nas Figuras 11 e 12 deixam de apresentar significância estatística. No caso da Figura 11, a hipótese de tendências paralelas foi violada.

– Figura 11: Efeito sobre internações (SIH)
- Feminino – “Switchers”



– Figura 12: Efeito sobre internações (SIH)
- Masculino – “Switchers”



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas foram normalizadas e foram ponderadas pelo peso da população do município.

A ausência de efeitos estatisticamente significativos nos registros ambulatoriais (SIA) não invalida a hipótese de que os eventos hidrológicos extremos impactam a morbidade infantil por doenças gastrointestinais. Pelo contrário, os resultados robustos obtidos para as internações hospitalares — com aumentos expressivos e persistentes — já constituem evidência suficiente de que esses desastres afetam a saúde infantil de forma relevante. Na literatura, as internações por condições sensíveis à atenção primária (ICSAP), como as doenças diarreicas, são amplamente reconhecidas como um indicador indireto da efetividade da Atenção Primária à Saúde (APS) ((Bhalotra et al. , 2025)).

Quanto à ausência de efeito no SIA, é importante considerar que os sistemas de informação ambulatorial apresentam limitações conhecidas de registro, especialmente para diagnósticos de baixa complexidade, o que pode dificultar a captação completa da morbidade na atenção primária. Contudo, o foco deste trabalho recai sobre o desfecho mais grave — a internação —, cuja mensuração é mais consolidada e cujo aumento já sinaliza, por si só, a ocorrência de falhas na rede de cuidados.

Dada a relevância dos eventos hidrológicos extremos na elevação das internações hospitalares, destaca-se a necessidade de uma atenção primária de qualidade para reduzir internações por condições sensíveis, como as doenças analisadas. Isso é especialmente crítico após desastres, quando a incidência dessas doenças se intensifica em municípios com vulnerabilidade socioeconômica e estrutural, criando um ciclo de adoecimento que a mudança climática tende a agravar. A piora dos sintomas e o aumento da frequência dessas infecções resultam em hospitalizações que poderiam ser evitadas com uma APS resolutiva.

Os resultados também indicam uma vulnerabilidade biológica nos primeiros 1000

dias de vida, tornando essa fase mais propensa à contaminação, uma vez que o sistema imunológico ainda está em desenvolvimento (Alderman; Headey , 2018). Assim, há maior risco de agravamento do estado de saúde, acelerando a necessidade de internação. Além disso, a maior suscetibilidade de meninas a agravamentos na saúde aumenta a probabilidade de internações hospitalares neste grupo.

Esse mecanismo é particularmente crítico na faixa etária de 0 a 2 anos, em que a vulnerabilidade biológica torna a progressão clínica mais rápida e severa. Assim, os resultados indicam que o custo sanitário dos desastres hidrológicos não decorre apenas do aumento da incidência de doenças infecciosas, mas da possível falha do primeiro nível de atenção em atuar como barreira protetora em um contexto de choque ambiental. De forma que, os desastres hidrológicos não apenas aumentam a exposição a patógenos, mas amplificam falhas pré-existentes no primeiro nível de atenção, convertendo um choque ambiental em custos hospitalares evitáveis e em riscos ao desenvolvimento infantil.

6 CONCLUSÃO

Este estudo investigou os impactos de eventos hidrológicos extremos na saúde infantil no Brasil, com foco na morbidade por doenças infecciosas gastrointestinais em crianças de 0 a 2 anos, utilizando dados dos sistemas ambulatorial (SIA) e hospitalar (SIH) entre 2012 e 2024. A análise, baseada em um modelo de diferenças-em-diferenças robusto, permitiu isolar o efeito causal desses desastres, controlando para heterogeneidades municipais e tendências temporais.

Os resultados principais confirmam que os desastres hidrológicos têm um efeito significativo e imediato na saúde infantil, manifestando-se de forma mais aguda e mensurável no nível hospitalar. Identificou-se um aumento significativo nas internações hospitalares já no primeiro trimestre após o evento, se estendendo para o segundo trimestre. Este impacto persiste significativo no trimestre subsequente, indicando que as consequências para a saúde infantil se estendem além do momento imediato da crise. Este achado está alinhado com a literatura que destaca a extrema vulnerabilidade biológica dos "primeiros 1000 dias" de vida, período no qual choques ambientais podem comprometer o desenvolvimento imunológico, nutricional e cognitivo de forma duradoura.

A análise estratificada por sexo revelou um padrão diferenciado de impacto no nível hospitalar. Foram encontradas evidências robustas de um efeito causal significativo especificamente para crianças do sexo feminino: os eventos hidrológicos extremos geram um aumento substancial de 5,82 internações adicionais por 100 mil meninas (0-2 anos) no trimestre do evento. Em contraste, nenhum efeito estatisticamente significativo foi identificado para os meninos da mesma faixa etária. Esse resultado está em consonância com a perspectiva de uma maior reatividade imunológica inata no sexo feminino.

Em contraste, a análise do sistema ambulatorial não revelou efeitos estatisticamente significativos. Esta não-significância, contudo, é interpretada não como a ausência de efeito, mas como uma limitação intrínseca da fonte de dados.

Os resultados reiteram que os desastres não são eventos meramente naturais, mas fenômenos sociais que interagem com vulnerabilidades preexistentes. A maior magnitude dos efeitos observada em municípios com histórico de exposição a desastres sugere que a vulnerabilidade socioeconômica e estrutural—como saneamento inadequado, urbanização desordenada e fragilidade da rede de saúde—amplifica os impactos dos choques hidrológicos. Dessa forma, os desastres funcionam como um mecanismo de acentuação das desigualdades em saúde, atingindo com mais força as populações infantis já em situação de desvantagem.

Este estudo contribui para a literatura ao fornecer evidências causais robustas para o contexto brasileiro, aplicando métodos econométricos avançados adequados a tratamentos escalonados e não absorventes. A análise adota um rigoroso desenho quase-experimental, no qual a amostra é restrita a municípios expostos exclusivamente a eventos hidrológicos

extremos, excluindo aqueles que sofreram outros tipos de desastres.

Em suma, eventos hidrológicos extremos representam uma ameaça significativa e mensurável à saúde das crianças brasileiras, com efeitos sobre o sistema hospitalar e expõem as falhas na vigilância da atenção primária. Os achados sublinham a necessidade de transitar de uma resposta reativa para uma gestão proativa e preventiva dos riscos, construindo um sistema de saúde mais resiliente e equitativo, capaz de proteger seu capital humano mais vulnerável frente à crescente variabilidade climática.

REFERÊNCIAS

- ALCAYNA, Tilly et al. **Climate-sensitive disease outbreaks in the aftermath of extreme climatic events: a scoping review**. *One Earth*, v. 5, n. 4, p. 336–350, 2022.
- ALDERMAN, Harold; HEADEY, Derek. **The timing of growth faltering has important implications for observational analyses of the underlying determinants of nutrition outcomes**. *PLOS ONE*, v. 13, n. 4, e0195904, 2018.
- BANHOLZER, Sandra; KOSSIN, James; DONNER, Simon. **The impact of climate change on natural disasters**. In: **Reducing disaster: early warning systems for climate change**. Cham: Springer, 2014. p. 21–49.
- BHALOTRA, Sonia R.; ROCHA, Rudi; SOARES, Rodrigo R. **Does universalization of health work? Evidence from health systems restructuring and expansion in Brazil**. IZA Discussion Papers, 2019.
- BHALOTRA, Sonia; NUNES, Letícia; ROCHA, Rudi. **Emergency care centers, hospital performance and population health**. Working Paper, 2025.
- BRIONES-ESTÉBANEZ, F.; EBECKEN, N. F. **Flood hazard analysis and risk assessment**. *Natural Hazards*, 2017.
- CARRILLO, Bladimir. **Early rainfall shocks and later-life outcomes: evidence from Colombia**. *The World Bank Economic Review*, v. 34, n. 1, p. 179–209, 2020.
- CHACÓN-MONTALVÁN, Erick A. et al. **Rainfall variability and adverse birth outcomes in Amazonia**. *Nature Sustainability*, v. 4, n. 7, p. 583–594, 2021.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. São José dos Campos: CEMADEN, 2012.
- COSTA, Janaína Calu; DA SILVA, Inacio Crochemore Mohnsam; VICTORA, Cesar Gomes. **Gender bias in under-five mortality in low/middle-income countries**. *BMJ Global Health*, 2017.
- DA SILVA SANTANA, Giselly de Lourdes et al. **Spatio-temporal analysis of the vulnerability of typhoid fever in the municipality of Belém, Pará, Brazil**. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 9, p. 10, 2024.
- DATAR, Ashlesha; LIU, Jin; LIN, May. **The impact of natural disasters on child health and investments in rural India**. *Social Science & Medicine*, v. 76, p. 83–91, 2013.
- DE CHAISEMARTIN, Clément; D’HAULTFÈUILLE, Xavier. **Difference-in-differences estimators of intertemporal treatment effects**. *Review of Economics and Statistics*, p. 1–45, 2024. No prelo.
- DIAS, Bruna Moreno; ZANETTI, Ariane Cristina Barboza; PEREIRA, Antonio Carlos. **Expenses of hospitalization for ambulatory care sensitive conditions in the Health Regional Offices of the State of São Paulo**. *Einstein (São Paulo)*, v. 19, eGS5817, 2021.

DIMITROVA, Anna; MUTTARAK, Raya. **After the floods: differential impacts of rainfall anomalies on child stunting in India**. *Global Environmental Change*, v. 64, 102130, 2020.

FERREIRA-BATISTA, Natalia Nunes et al. **Is primary health care worth it in the long run? Evidence from Brazil**. *Health Economics*, v. 32, n. 7, p. 1504–1524, 2023.

FEW, Roger et al. **Floods, health and climate change: a strategic review**. 2004.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. **Enchentes e saúde pública**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, p. 1601–1616, 2012.

GUERRANT, Richard L. et al. **The impoverished gut**. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, v. 10, n. 4, p. 220–229, 2012.

HACON, Sandra et al. **Health in the Amazon**. *Nature Reviews*, 2024.

HALMENSCHLAGER, Vinícius et al. **The effects of hydrological disasters on population health**. *Health Economics*, v. 34, n. 5, p. 855–868, 2025.

HONE, Thomas et al. **Expansion of primary healthcare**. *The Lancet Regional Health – Americas*, v. 15, 100348, 2022.

INGERSOLL, Molly A. **Sex differences shape the response to infectious diseases**. *PLoS Pathogens*, 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Managing the risks of extreme events and disasters**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

LE, Kien; NGUYEN, My. **In-utero exposure to rainfall variability**. *World Development*, v. 144, 105485, 2021.

LONDE, Luciana de Resende et al. **Vulnerability, health and disasters**. *Ambiente & Sociedade*, v. 21, e01022, 2018.

MACCINI, Sharon; YANG, Dean. **Under the weather**. *American Economic Review*, 2009.

MUENCHHOFF, Maximilian; GOULDER, Philip J. R. **Sex differences in pediatric infectious diseases**. *The Journal of Infectious Diseases*, 2014.

PARDUE, Mary-Lou; WIZEMANN, Theresa M. (ed.). **Exploring the biological contributions**. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

PEREDA, Paula Carvalho; MENEZES, Tatiane; ALVES, Denisard C. O. **Climate change impacts**. IDB Working Paper Series, 2014.

ROCHA, João Victor Muniz. **Hospitalizations for Ambulatory Care-Sensitive Conditions**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa, 2021.

RUBLI, Adrian. **Trade-offs between access and quality**. *Journal of Public Economics*, v. 224, 104938, 2023.

SARMIENTO, Juliana Helo et al. **Economic impacts of climate change**. *The Lancet Regional Health – Americas*, v. 26, 100589, 2023.

SOUZA, Ana Lucrécia Dutra de. **O impacto de desastres hidrológicos**. 2023. Dissertação (Mestrado) – UFJF, Juiz de Fora, 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. Geneva: UNDRR, 2024.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva: UNISDR, 2009.

VAN DER MOST, H.; MARCHAND, M. **Flood risk management strategies**. Delft: Deltares, 2017.

VIDAL, Emerson Pessoa; DA SILVA, Rita de Cássia Costa; ZUCCHI, Paola. **Impacts of mining disasters**. BMC Health Services Research, v. 24, n. 1, p. 285, 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Extreme weather and climate impacts**. Geneva: WMO, 2024.

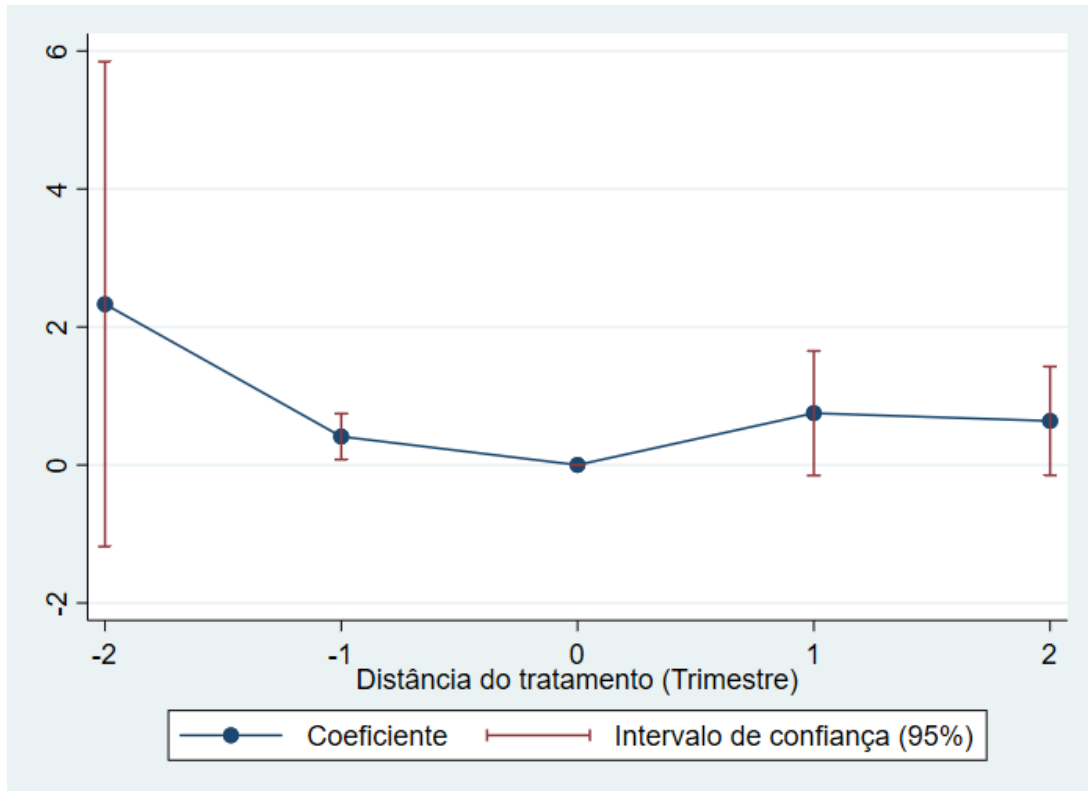
YANG, Zhengyu et al. **Hospitalization risks associated with floods**. Nature Water, v. 3, n. 5, p. 561–570, 2025.

APÊNDICE A – ESTIMATIVAS NÃO NORMALIZADAS E SEM PESOS PARA POPULAÇÃO

.1 AMBULATORIAL

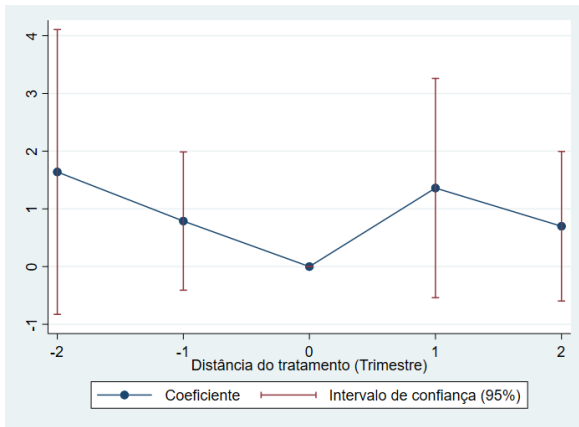
.1.1 CONTROLE: NUNCA TRATADOS

– Figura 17: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – “Never-Switchers”

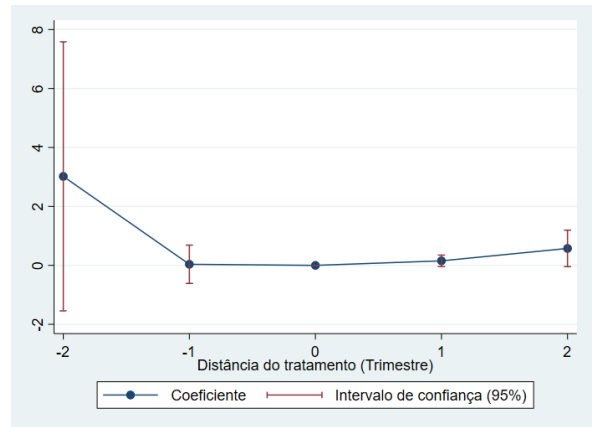


Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

– Figura 18: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Feminino – “Never-Switchers”



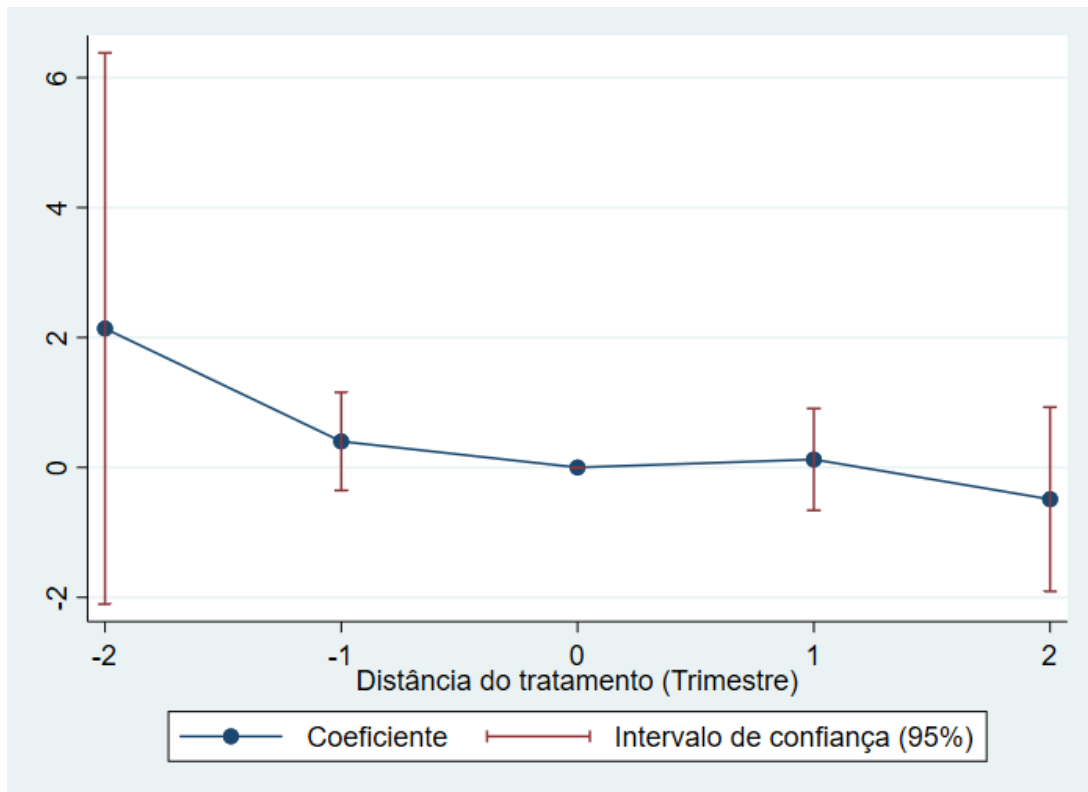
– Figura 19: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Masculino – “Never-Switchers”



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

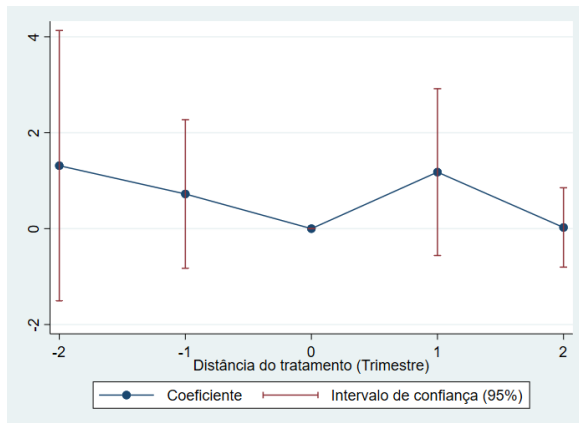
.1.2 CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA

– Figura 20: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) – “Switchers”

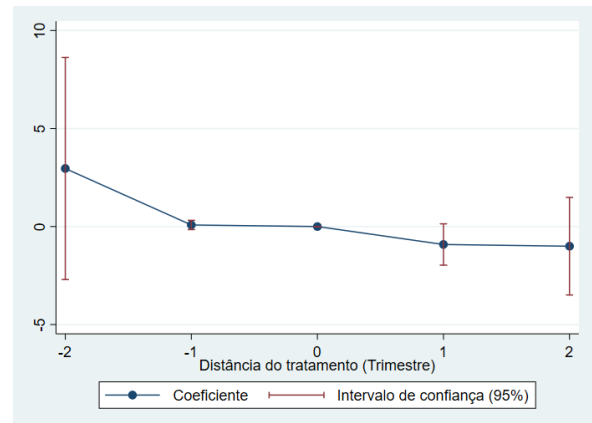


Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

– Figura 21: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Feminino – "Switchers"



– Figura 22: Efeito sobre atendimentos ambulatoriais (SIA) - Masculino – "Switchers"

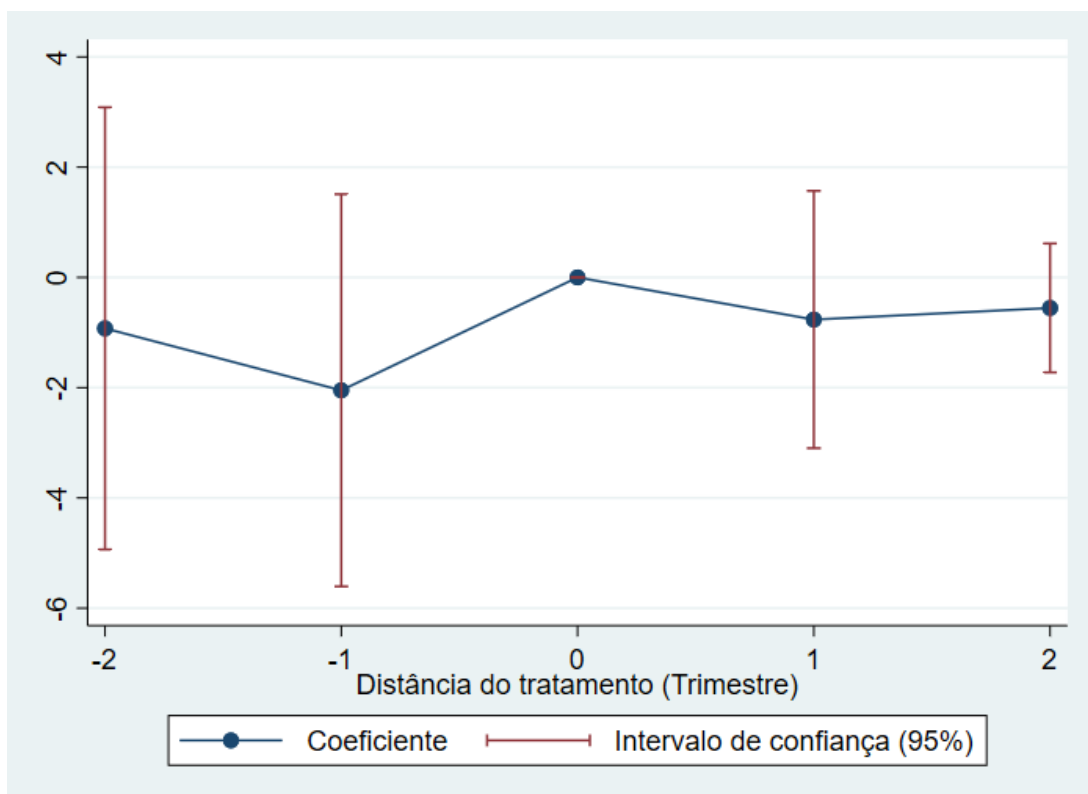


Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

.2 HOSPITALAR

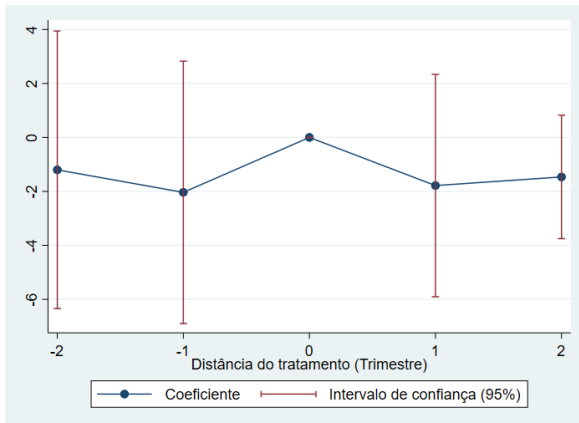
.2.1 CONTROLE: NUNCA TRATADOS

– Figura 23: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – "Never-Switchers"

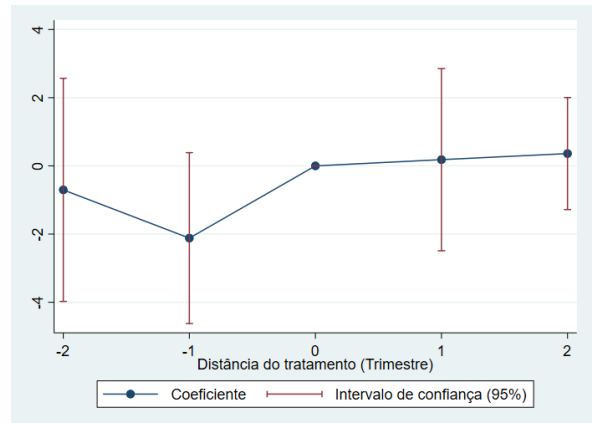


Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

– Figura 24: Efeito sobre internações (SIH)
- Feminino – "Never-Switchers"



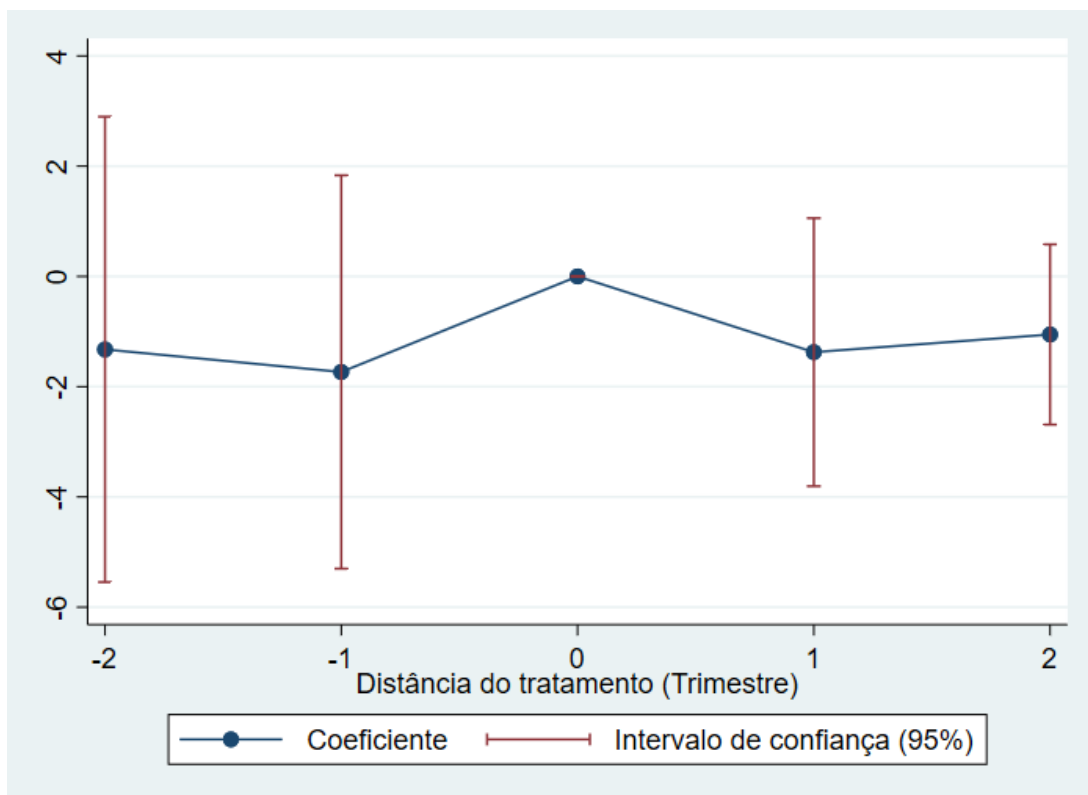
– Figura 25: Efeito sobre internações (SIH)
- Masculino – "Never-Switchers"



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios nunca tratados como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

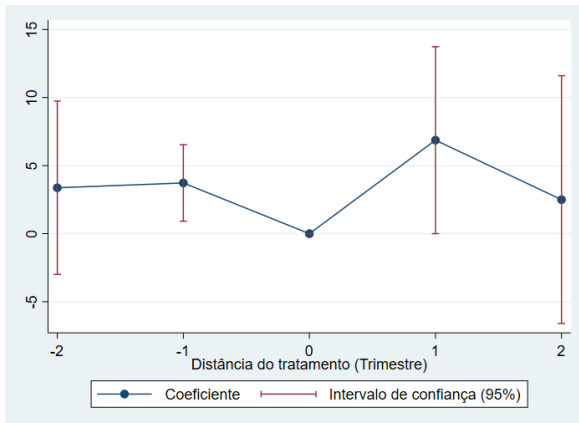
.2.2 CONTROLE: NÃO TRATADOS AINDA

– Figura 26: Efeito sobre internações hospitalares (SIH) – "Switchers"

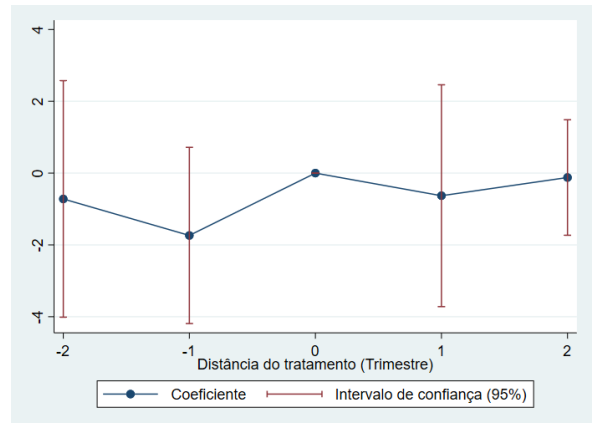


Fonte: Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.

– Figura 27: Efeito sobre internações (SIH)
- Feminino – “Switchers”



– Figura 28: Efeito sobre internações (SIH)
- Masculino – “Switchers”



Fonte: Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). Nota: Apenas municípios não tratados ainda como grupo de controle. As estimativas não foram normalizadas e não foram ponderadas pelo peso da população do município.