REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EMERGÊNCIA E REEMERGÊNCIA DE DOENÇAS INFECCIOSAS NO BRASIL

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE EMERGENCE AND RE-EMERGENCE OF INFECTIOUS DISEASES IN BRAZIL

Ciências da Saúde • 05/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793767768

Daniel Gonçalves da Silva[1]

Alexandre Fleury Curado de Faria[2]

Ana Clara Machado Bariani[3]

Clara Luquetti Paiva[4]

Felipe Schmaltz Zalaf[5]

Gabriel Alcino Souza Ferreira[6]

João Pedro Gonçalves Souza[7]

João Vitor Lelis Faria[8]

José Nicolas Andraos Filho[9]

Kaic Toledo Camilo[10]

Kamila Carvalho Naves de Afonseca[11]

Lucas Henrique Melo Guimarães[12]

Luis Fellipe Diniz Fernandes[13]

Mariana Bandeira Junqueira[14]

Matheus Lúcio Fernandes Gomes[15]

Natan Campos Trindade[16]

Pedro Henrique Miranda de Mendonça[17]

Ruan Carlos Vicente Barbosa dos Santos[18]

Sarah Elias Landim[19]

Thomás Liberato Dias[20]

RESUMO

As mudanças climáticas modificam as condições ambientais que influenciam a sobrevivência de vetores, a circulação de patógenos e a exposição humana a agentes infecciosos. No Brasil, país marcado por grande diversidade ecológica, desigualdades socioeconômicas e ampla distribuição de doenças endêmicas, o aquecimento, as alterações no regime de chuvas, as secas e as inundações podem modificar a distribuição temporal e espacial de agravos como dengue, malária, leishmaniose e leptospirose. Este artigo teve como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica narrativa, as evidências recentes sobre a relação entre mudanças climáticas e emergência ou reemergência de doenças infecciosas no território brasileiro, discutindo mecanismos, populações vulneráveis e estratégias de adaptação em saúde pública. Foram consultadas publicações indexadas e documentos técnicos de referência, priorizando estudos publicados entre 2016 e outubro de 2026, com ênfase em pesquisas brasileiras e revisões recentes. A literatura indica associações entre variáveis climáticas e risco infeccioso, mas também demonstra que tais relações são heterogêneas, não lineares e mediadas por urbanização, saneamento, uso do solo, mobilidade humana, imunidade populacional e capacidade dos serviços de saúde. Estudos sobre dengue identificam contribuição de anomalias térmicas para a expansão da transmissão, enquanto pesquisas sobre malária amazônica mostram interações entre clima, desmatamento e ocupação territorial. As enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul ilustram como eventos extremos podem ampliar a exposição à leptospirose e comprometer a vigilância e a assistência. Conclui-se que a mudança climática atua como importante modificador do risco, e não como causa isolada, exigindo vigilância integrada, planejamento territorial, saneamento, redução de emissões e preparação dos serviços de saúde.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Doenças infecciosas; Saúde pública; Doenças transmitidas por vetores; Brasil.

ABSTRACT

Climate change modifies environmental conditions that influence vector survival, pathogen circulation, and human exposure to infectious agents. In Brazil, a country characterized by ecological diversity, socioeconomic inequalities, and a wide distribution of endemic diseases, warming, altered rainfall patterns, droughts, and floods may change the temporal and spatial distribution of dengue, malaria, leishmaniasis, and leptospirosis. This article aimed to analyze recent evidence on the relationship between climate change and the emergence or re-emergence of infectious diseases in Brazil through a narrative literature review, discussing mechanisms, vulnerable populations, and public health adaptation strategies. Indexed publications and reference technical documents were consulted, prioritizing studies published between 2016 and October 2026, particularly Brazilian research and recent reviews. The literature indicates associations between climatic variables and infectious risk, while showing that these relationships are heterogeneous, nonlinear, and mediated by urbanization, sanitation, land use, human mobility, population immunity, and health-system capacity. Studies on dengue identify a contribution of thermal anomalies to transmission expansion, whereas research on Amazonian malaria demonstrates interactions between climate, deforestation, and territorial occupation. The 2024 floods in Rio Grande do Sul illustrate how extreme events can increase exposure to leptospirosis and disrupt surveillance and healthcare. Climate change should therefore be understood as an important risk modifier rather than an isolated cause, requiring integrated surveillance, territorial planning, sanitation, emissions reduction, and

health-service preparedness.

Keywords: Climate change; Infectious diseases; Public health; Vector-borne diseases; Brazil.

[1] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos principais desafios contemporâneos para a saúde pública, pois alteram os sistemas físicos, biológicos e sociais dos quais depende a saúde humana. O aumento da temperatura média, a mudança na intensidade e na distribuição das chuvas, a ocorrência de secas prolongadas e a maior exposição a eventos extremos afetam a disponibilidade de água, a integridade dos ecossistemas, a produção de alimentos e a dinâmica de organismos transmissores de doenças. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas reconhece que alterações climáticas já influenciam a epidemiologia de doenças sensíveis ao clima na América Central e do Sul, incluindo arboviroses como dengue, chikungunya e Zika (IPCC, 2022; World Health Organization, 2023; The Lancet Countdown, 2025a).

No campo das doenças infecciosas, a relação entre clima e transmissão não é simples nem uniforme. A temperatura pode modificar a velocidade de desenvolvimento de mosquitos, a sobrevivência de vetores, o período de incubação extrínseca de vírus e parasitas e a distribuição geográfica de hospedeiros. A precipitação, por sua vez, pode criar criadouros, aumentar a disponibilidade de água armazenada ou, quando excessiva, destruir

habitats e deslocar populações. Secas também podem favorecer o armazenamento doméstico de água sem proteção, enquanto enchentes podem contaminar fontes de abastecimento e ampliar o contato humano com agentes presentes no solo, na água e em animais. Esses efeitos variam conforme a espécie, o patógeno, o contexto urbano ou rural e a capacidade adaptativa local (De Souza; Weaver, 2024; IPCC, 2022).

O Brasil reúne condições que tornam esse debate particularmente relevante. A extensão territorial, a diversidade de biomas, a presença de áreas tropicais e subtropicais, a urbanização desigual e as diferenças regionais de saneamento e acesso à saúde produzem múltiplos cenários de exposição. Doenças transmitidas por vetores, como dengue e malária, coexistem com zoonoses e doenças relacionadas à água, como leptospirose. Ao mesmo tempo, a expansão urbana, o desmatamento, a mineração, a ocupação de áreas de risco, a mobilidade populacional e a circulação de agentes infecciosos influenciam a transmissão de modo independente ou sinérgico com o clima.

Estudos nacionais vêm documentando a expansão territorial da dengue e a contribuição de anomalias térmicas para sua progressão recente. Barcellos et al. (2024) observaram que a incidência histórica da doença, a urbanização e anomalias de temperatura sustentadas estiveram entre os fatores associados ao aumento da incidência em áreas do Centro-Oeste brasileiro. Em outra escala, análises da malária na Amazônia indicam que a relação entre clima, desmatamento e transmissão depende da sazonalidade, da localização e das formas de ocupação do território (Arisco et al., 2024; 2025). As inundações históricas do Rio Grande do Sul em 2024, por sua vez, evidenciaram como um desastre hidrometeorológico pode

aumentar a exposição a patógenos e interromper serviços essenciais, com destaque para a leptospirose (Hernandez et al., 2025; Pasqualotto et al., 2026).

Apesar do avanço da literatura, é importante distinguir associação climática de causalidade direta. Uma epidemia não pode ser atribuída exclusivamente ao aquecimento global sem considerar sorotipos circulantes, imunidade coletiva, mobilidade, condições habitacionais, saneamento, vigilância e políticas de controle. Além disso, as médias nacionais podem ocultar efeitos divergentes entre municípios e biomas. A lacuna relevante consiste em integrar evidências de doenças diferentes e traduzi-las em medidas de prevenção ajustadas à realidade brasileira, evitando tanto o determinismo climático quanto a subestimação dos riscos.

Diante desse cenário, o objetivo deste artigo é analisar as evidências recentes sobre o impacto das mudanças climáticas na emergência e reemergência de doenças infecciosas no Brasil, com foco nos mecanismos de transmissão, nos agravos prioritários e nas implicações para a vigilância epidemiológica e a organização do Sistema Único de Saúde (SUS). A relevância do estudo reside em reunir achados de literatura médica e de saúde pública que apoiem o planejamento preventivo, a adaptação climática e a proteção de populações socialmente vulneráveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Clima, Transmissão e Transformação dos Territórios

A transmissão de doenças infecciosas depende da combinação entre circulação do agente, presença de hospedeiros suscetíveis, condições de exposição e possibilidade de manutenção do ciclo

infeccioso. Nas doenças vetoriais, acrescentam-se características do artrópode e sua interação com o ambiente. O clima participa dessa combinação, mas sua influência se realiza dentro de territórios já modificados por infraestrutura, ocupação humana e uso do solo. A revisão de de Souza e Weaver (2024) situa temperatura, chuva e umidade junto de mobilidade, comportamento e transformação ambiental, reconhecendo efeitos complexos e por vezes ambíguos.

Essa perspectiva distingue a criação de condições favoráveis da ocorrência efetiva de transmissão. Um ambiente pode tornar-se mais adequado a determinada espécie sem que o patógeno esteja presente; a introdução do agente também pode não sustentar circulação se outras condições forem desfavoráveis. Por isso, distribuição potencial do vetor, presença observada e incidência humana constituem desfechos diferentes. A revisão de Klepac et al. (2024) mostra que pesquisas sobre esses objetos contribuem para compreender o risco, mas não respondem à mesma pergunta epidemiológica.

A influência climática também pode operar indiretamente. Uma inundação modifica a circulação de pessoas, interrompe serviços e compromete o abastecimento, além de alterar a exposição ambiental. Na Amazônia, transformações do território podem aproximar assentamentos de habitats vetoriais e acompanhar mobilidade de pessoas infectadas. Nesses exemplos, o caminho entre ambiente e adoecimento passa tanto por processos biológicos quanto por condições de trabalho, moradia e acesso à saúde (Arisco et al., 2024; Hernandez et al., 2025).

2.2. Temperatura, Chuva e Respostas Não Lineares

Vetores ectotérmicos respondem às condições ambientais em seu desenvolvimento e sobrevivência. Entretanto, a resposta à temperatura não corresponde a uma elevação ilimitada da transmissão: faixas favoráveis podem ser sucedidas por condições que reduzem a sobrevivência ou comprometem etapas do ciclo. A direção do efeito também depende da combinação com chuva, umidade e disponibilidade de habitats. Assim, o aumento da média térmica tem significados distintos em um território previamente frio e em outro que já apresenta calor elevado (Klepac et al., 2024).

As variáveis climáticas são descritas por medidas diferentes. Temperatura média, máxima e amplitude entre dia e noite não representam a mesma exposição. A precipitação acumulada em uma semana também não equivale à chuva anual de uma região. O estudo de Arisco et al. (2025) explora precisamente essa diferença ao examinar temperatura, precipitação e variação térmica diária em defasagens de uma a três semanas. A escolha da medida altera a interpretação e precisa acompanhar a apresentação dos resultados.

O volume de chuva pode criar, manter ou remover habitats aquáticos. A intensidade e a sequência dos eventos influenciam o resultado: precipitações espaçadas, transbordamentos e períodos secos subsequentes não produzem necessariamente o mesmo cenário. Além disso, o ambiente construído modifica como a água se acumula, circula ou é armazenada. A sensibilidade climática de uma doença, portanto, não pode ser expressa por uma regra única segundo a qual mais chuva sempre aumenta os casos (Klepac et al., 2024; Arisco et al., 2025).

Nas cidades, parte desse processo envolve a relação entre escassez de água e práticas de armazenamento. Em áreas de abastecimento

irregular, a prevenção depende de condições materiais que permitam o uso seguro dos recipientes. No ambiente amazônico, rios, áreas abertas e bordas florestais criam configurações próprias de contato entre pessoas e vetores. A compreensão dessas diferenças ajuda a explicar por que uma intervenção ambiental apropriada para uma doença pode não modificar de maneira equivalente o risco de outra (Barcellos et al., 2024; Arisco et al., 2024).

2.3. Sazonalidade, Defasagem e Mudança de Distribuição

A sazonalidade corresponde à organização recorrente dos casos no calendário, enquanto uma defasagem representa o intervalo entre a exposição investigada e o desfecho observado. As duas dimensões podem coexistir: uma doença apresenta períodos habituais de maior transmissão e, dentro deles, responde a condições meteorológicas de semanas anteriores. Essa distinção importa porque uma correlação no mesmo mês pode deixar de captar etapas de desenvolvimento do vetor, incubação e procura pelo diagnóstico (Arisco et al., 2025).

Uma alteração sazonal não equivale necessariamente à introdução de um patógeno novo. A transmissão pode prolongar-se por meses nos quais antes diminuía, intensificar-se em áreas já afetadas ou alcançar novos territórios. Barcellos et al. (2024) analisam a progressão espacial e a persistência da dengue por períodos extensos; Fujita et al. (2023) examinam um exemplo de continuidade de casos em meses frios de um ano específico. A combinação dessas escalas ajuda a separar um episódio de uma transformação mais prolongada.

Emergência e reemergência, nesse contexto, descrevem mudanças na ocorrência ou na visibilidade de uma infecção. A identificação de casos em uma nova área pode refletir introdução, estabelecimento de transmissão, melhora da detecção ou deslocamento de pessoas infectadas. O retorno de uma doença após redução também pode depender de descontinuidade das medidas de controle. A análise do componente climático precisa, assim, considerar a história epidemiológica do território e as condições de notificação, em vez de utilizar apenas a presença de um evento extremo como explicação (Klepac et al., 2024).

2.4. Uso do Solo e Interfaces Entre Seres Humanos, Animais e Vetores

O desmatamento modifica habitats, mas seu significado epidemiológico depende da forma de ocupação posterior. Áreas destinadas à mineração, assentamentos e atividades agrícolas podem produzir exposições diferentes. Arisco et al. (2024) discutem a malária de fronteira como processo em que alterações ecológicas, presença humana e densidade vetorial se articulam em escalas locais e temporais. A categoria desmatamento não substitui, portanto, a descrição de quem utiliza o território e de como ocorre esse contato.

Os ambientes de borda merecem atenção porque podem reunir condições distintas da floresta preservada e da área totalmente convertida. No estudo amazônico, os autores relacionam a abertura de áreas e a formação de habitats à ecologia do principal vetor regional. O processo não é interpretado como desaparecimento da relação com a floresta, mas como reorganização da interface entre ocupação, vegetação e água. A medida de perda florestal precisa ser

lida junto da cobertura remanescente e das atividades humanas (Arisco et al., 2024).

As relações com animais também variam entre doenças. Na leptospirose, reservatórios e contaminação ambiental participam de uma via distinta daquela observada na transmissão por mosquitos. Após uma inundação, o contato com água, resíduos e ambientes alterados pode coexistir com aglomeração em abrigos e exposição a outros agentes. A abordagem de Saúde Única é relevante precisamente por conectar essas dimensões sem presumir que todos os adoecimentos ocorridos no desastre tenham o mesmo mecanismo (Hernandez et al., 2025).

2.5. Vulnerabilidade Social e Capacidade de Resposta

O risco infeccioso não se distribui apenas segundo a intensidade do evento ambiental. Moradia, trabalho, saneamento, mobilidade e acesso ao cuidado interferem na exposição e nas possibilidades de proteção. Pessoas em um mesmo município podem enfrentar condições muito diferentes de contato com água de inundação ou de deslocamento até um serviço. A observação do perigo climático precisa ser acompanhada do reconhecimento dessas diferenças para que o planejamento alcance quem dispõe de menos recursos (The Lancet Countdown, 2025a).

A Organização Mundial da Saúde situa a mudança climática como ameaça que alcança determinantes ambientais e sociais e o funcionamento dos sistemas de saúde. O impacto pode ser maior onde a infraestrutura é frágil e entre populações socialmente desfavorecidas. Esse enquadramento é pertinente para interpretar eventos infecciosos no Brasil: um aumento de demanda pode

ocorrer simultaneamente à perda de capacidade assistencial, ampliando a dificuldade de diagnóstico e atendimento (World Health Organization, 2023).

A capacidade de resposta inclui serviços permanentes, e não somente estruturas mobilizadas no auge de uma emergência. Vigilância, laboratórios, comunicação, transporte e continuidade do cuidado participam da identificação dos agravos e de seus desfechos. O relatório regional do Lancet Countdown enfatiza que planejamento e compromisso institucional precisam converter-se em execução e que colaboração entre setores e conhecimento local são componentes da adaptação (The Lancet Countdown, 2025a).

2.6. Associação, Atribuição e Cenários Futuros

Investigar a associação entre clima observado e casos é diferente de estimar a parcela de adoecimento atribuível à mudança climática antropogênica. Uma série de notificações pode mostrar relação com temperatura ou chuva sem isolar o papel do aquecimento de longo prazo. A atribuição requer uma comparação explícita com condições contrafactuais e pressupostos compatíveis com a pergunta. As fontes examinadas utilizam estratégias variadas, que não devem ser apresentadas como se produzissem o mesmo grau de inferência (Barcellos et al., 2024; Arisco et al., 2025).

As projeções acrescentam outra camada: estimam o que pode ocorrer sob determinados cenários, em vez de descrever diretamente uma frequência já observada. Sua utilidade depende das hipóteses sobre clima, população, intervenções e circulação de agentes. Klepac et al. (2024) destacam que modelos de distribuição e transmissão frequentemente diferem nesses componentes e que

a presença de incerteza não elimina seu valor para o planejamento, desde que a natureza condicional dos resultados permaneça explícita.

Essa diferenciação permite conciliar prevenção e rigor. É possível preparar serviços para exposições plausíveis sem declarar que um surto específico foi causado exclusivamente pelo aquecimento. Também é possível reconhecer a influência climática sem presumir aumento uniforme de todas as doenças. A questão prática passa a ser identificar quais mecanismos e condições locais tornam determinada população vulnerável e que capacidades podem ser fortalecidas diante dessa informação.

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento e Fontes Analisadas

Trata-se de revisão bibliográfica narrativa, descritiva e analítica, sobre mudanças climáticas e emergência ou reemergência de doenças infecciosas no Brasil. O corpus foi delimitado às 13 referências do artigo, incluindo estudos originais, revisões científicas e documentos técnicos. O recorte de publicação prioriza o período de 2016 a outubro de 2026, conforme a proposta do manuscrito, com atenção a pesquisas brasileiras e a sínteses internacionais aplicáveis ao contexto nacional.

A seleção original considerou termos em português e inglês relacionados a mudanças climáticas, doenças infecciosas, Brasil, dengue, malária, leishmaniose, leptospirose, temperatura, precipitação e inundações, em bases e plataformas científicas, incluindo PubMed/MEDLINE e SciELO. A consulta por título, identificadores bibliográficos e endereços dos periódicos foi utilizada

para recuperar e conferir as referências selecionadas, sem acrescentar publicações ao conjunto analisado.

Foram examinados os textos completos disponíveis e, quando o acesso integral não foi obtido, os registros indexados e resumos das próprias publicações. Nesses casos, a utilização foi restrita às informações efetivamente acessíveis. Documentos técnicos foram considerados segundo sua finalidade e escala, diferenciando sínteses regionais, indicadores nacionais e resultados de estudos locais. O ano de publicação não foi tratado como equivalente ao período de observação dos dados.

3.2. Extração e Organização Temática

A análise considerou objetivo, delineamento, área estudada, período, unidade espacial ou populacional, exposição ambiental, desfecho, principais resultados e limitações. As informações foram organizadas em mecanismos de transmissão, arboviroses, malária amazônica, leishmanioses e doenças negligenciadas, infecções relacionadas à água, diagnóstico após eventos extremos e adaptação dos sistemas de saúde. Os quadros apresentam sínteses de características e comparações, sem constituir uma nova análise quantitativa.

Foram distinguidos dados observados, associações estimadas, adequação ambiental modelada e projeções condicionais. Indicadores de potencial de transmissão não foram interpretados como contagens de casos. As análises de malária foram apresentadas conforme a resolução temporal e a definição de exposição utilizadas por seus autores. Nos estudos de inundações, conservaram-se as diferenças entre suspeitos, pessoas testadas, resultados positivos e registros de vigilância.

Não se somaram participantes ou estudos primários das revisões como se fossem observações independentes. Quando uma pesquisa foi conhecida por meio de uma revisão integrante do corpus, sua informação foi atribuída à síntese consultada, sem inserir referências adicionais. Os dois documentos do Lancet Countdown de 2025 foram diferenciados por letras: 2025a para o relatório latino-americano e 2025b para a ficha brasileira.

3.3. Procedimento de Interpretação e Limites

A síntese comparou convergências e divergências entre doenças, territórios e métodos. Não foi realizada metanálise, reanálise de bancos de dados ou estimativa própria da fração de casos atribuível à mudança climática. O caráter narrativo e o conjunto previamente delimitado impedem apresentar esta revisão como uma busca sistemática exaustiva. Não se dispõe de documentação completa do número de registros recuperados e excluídos na seleção original, e não foi aplicada avaliação formal adicional de risco de viés.

Na discussão, os resultados foram relacionados a implicações para vigilância, diagnóstico, saneamento, planejamento territorial e preparação dos serviços. Essas implicações foram diferenciadas de intervenções avaliadas empiricamente. As limitações de acesso, agregação geográfica, definição de casos, incompletude de dados e heterogeneidade de métodos foram consideradas para evitar generalizações e atribuições causais além do alcance das fontes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Características e Complementaridade das Evidências

As referências selecionadas abordam o problema em escalas distintas. Os estudos de Barcellos et al. (2024) e Arisco et al. (2024; 2025) utilizam bases extensas para investigar padrões territoriais e temporais de dengue e malária. Hernandez et al. (2025) examinam pacientes avaliados após as enchentes de Porto Alegre. Já as revisões e os documentos técnicos organizam mecanismos, lacunas e necessidades de adaptação. O valor do conjunto está nessa complementaridade, não na possibilidade de produzir uma única medida combinada de impacto climático.

As unidades de observação também diferem. Microregiões, municípios, casos individuais, grupos de pacientes e indicadores nacionais respondem a perguntas próprias. Uma associação encontrada em municípios não descreve automaticamente a probabilidade de adoecimento de cada morador. Da mesma forma, a distribuição de diagnósticos entre pessoas que procuraram atendimento não equivale à frequência de infecção entre todos os atingidos por uma inundação. Preservar essas unidades permite comparar contribuições sem transformar resultados de natureza diferente em uma mesma estimativa.

O Quadro 1 apresenta as principais fontes e seu papel na síntese. A distinção entre investigação local, modelagem e revisão é importante porque determina o que pode ser concluído: mecanismos plausíveis apoiam a interpretação, séries temporais descrevem relações, estudos de pacientes esclarecem a apresentação dos agravos e documentos técnicos situam implicações para políticas públicas.

Quadro 1. Perfil e contribuição das 13 referências analisadas

Referência	Objeto e escala	Contribuição para a síntese
Arisco et al. (2024)	Malária, desmatamento e mobilidade na Amazônia; 2003–2022.	Análise municipal e mensal; associação de curto prazo com perda florestal e diferenças entre estados.
Arisco et al. (2025)	Malária, meteorologia e ENSO na Amazônia; 2003–2022.	Análise case-crossover e populacional; relações não lineares e defasadas, com heterogeneidade espacial.
Barcellos et al. (2024)	Dengue em 553 microregiões brasileiras; 2000–2020.	Progressão territorial, persistência e relações com anomalias térmicas e características demográficas.
De Souza e Weaver (2024)	Revisão sobre clima e atividades humanas nas doenças vetoriais.	Enquadramento multifatorial da distribuição de vetores e da circulação de patógenos.
Fujita et al. (2023)	Dengue em São Paulo durante 2023.	Exemplo de prolongamento sazonal associado à persistência de calor e chuvas.
Hernandez et al. (2025)	Investigação de pacientes suspeitos de leptospirose após as enchentes de Porto Alegre.	Diagnóstico diferencial com dengue e outros agravos; diferenças entre exposição, suspeita e confirmação.
IPCC (2022)	Avaliação regional da América Central e do Sul.	Contextualização do risco climático e da adequação ambiental à transmissão.
Klepac et al. (2024)	Revisão de escopo; 511 publicações incluídas.	Distribuição desigual do conhecimento e escassez de avaliações de adaptação.

Pasqualotto et al. (2026)	Revisão das repercussões infecciosas do desastre no Sul do Brasil.	Amplitude dos agravos e dificuldades de diagnóstico, assistência e vacinação.
Sansone, Boschiero e Marson (2026)	Vigilância de leptospirose e precipitação por regiões brasileiras.	Séries descritivas e associações exploratórias; incompletude de dados recentes.
The Lancet Countdown (2025a)	Relatório latino-americano sobre clima e saúde.	Indicadores de risco, adaptação, desigualdades e capacidade institucional.
The Lancet Countdown (2025b)	Ficha de indicadores do Brasil.	Adequação climática modelada; interpretação depende de período e definição.
World Health Organization (2023)	Documento técnico sobre clima e saúde.	Determinantes sociais e ambientais, vulnerabilidade e sistemas de saúde.

Fonte: elaboração própria a partir das referências do artigo. As fontes possuem objetivos e unidades diferentes e não constituem uma amostra quantitativa única.

O relatório do IPCC para a América Central e do Sul reconhece efeitos do aquecimento sobre condições de transmissão de doenças vetoriais, incluindo arboviroses. Essa avaliação regional situa os achados brasileiros em um contexto mais amplo, mas não determina o peso do clima em cada epidemia nacional. A análise precisa conservar a diferença entre conclusão regional sobre risco e estimativa específica de associação em determinada população (IPCC, 2022).

Outro aspecto é a diversidade temporal. Barcellos et al. (2024) examinam a dengue entre 2000 e 2020; as duas pesquisas amazônicas trabalham com 2003–2022; a investigação de Hernandez et al. (2025) se refere ao evento de 2024. Portanto, o conjunto não corresponde a um levantamento uniforme da situação epidemiológica de outubro de 2026. As datas de publicação indicam a atualização bibliográfica, enquanto a interpretação de cada resultado depende de seu próprio período de observação.

4.2. Distribuição do Conhecimento e Doenças Menos Estudadas

A revisão de escopo de Klepac et al. (2024) incluiu 511 publicações após um processo de busca e seleção que alcançou dezenas de milhares de registros. Entre as doenças mais representadas estavam malária, com 185 trabalhos, dengue e chikungunya, com 181, e leishmanioses, com 53. Esses números descrevem a distribuição temática da literatura selecionada; não constituem contagens de evidências independentes de igual qualidade nem demonstram que uma doença seja necessariamente mais sensível ao clima que outra.

A modelagem predominou, aparecendo em 435 trabalhos. A revisão também identificou estudos de campo, pesquisas laboratoriais, relatos ecológicos e coortes, com possibilidade de mais de um tipo em uma publicação. Essa composição ajuda a entender por que boa parte do conhecimento trata de distribuição potencial ou cenários. O desenvolvimento de modelos amplia a capacidade de explorar hipóteses, mas não substitui observações de campo sobre exposição, circulação de agentes e utilização dos serviços (Klepac et al., 2024).

A distribuição geográfica foi igualmente desigual. Estudos de dengue e chikungunya contemplaram tanto áreas endêmicas quanto países onde se projeta expansão futura. Para outras doenças negligenciadas, permaneceram grandes lacunas em locais de maior vulnerabilidade. A revisão mostra que o volume de pesquisa não acompanha de maneira uniforme a combinação entre carga de doença, acesso ao cuidado e exposição climática. Isso limita a transferência de conclusões para territórios brasileiros com condições pouco representadas.

A diferença entre estudos de impacto e estudos de resposta é expressiva. Apenas 24 publicações, cerca de 5% do conjunto, consideraram estratégias de adaptação, enquanto 174 abordaram possibilidades de mitigação e duas contemplaram ambas. Esse resultado indica que conhecer mecanismos e projetar risco está mais avançado que avaliar como adaptar a prevenção. Não permite, porém, concluir que toda medida institucional proposta nas fontes já tenha eficácia quantificada (Klepac et al., 2024).

A ausência de trabalhos sobre uma doença no recorte da revisão não demonstra ausência de influência climática. Pode refletir menor financiamento, dificuldade de vigilância, critérios de inclusão ou desconhecimento dos próprios mecanismos de transmissão. Essa distinção é especialmente relevante para doenças negligenciadas, cuja ocorrência pode ser subestimada em populações com menor acesso ao diagnóstico. O risco de invisibilidade científica acompanha, nesse caso, a invisibilidade assistencial.

Para a presente análise, o resultado orienta uma distribuição proporcional do aprofundamento. Dengue e malária permitem examinar estudos brasileiros mais detalhados; leishmanioses e

outros agravos demandam maior atenção ao alcance das revisões; e as inundações permitem discutir exposição e diagnóstico com base em uma investigação local. A amplitude do tema não deve ser obtida por atribuir o mesmo nível de certeza a todas essas situações.

4.3. Progressão Territorial da Dengue no Brasil

Barcellos et al. (2024) reuniram notificações de dengue, informações populacionais e indicadores climáticos em 553 microregiões brasileiras. Os casos de 2000 a 2020 foram organizados em três intervalos de sete anos: 2000–2006, 2007–2013 e 2014–2020. Essa escolha buscou examinar persistência e progressão territorial, reduzindo a influência isolada de um grande surto seguido por um ano de incidência menor.

A agregação em microregiões tem vantagens e limites. Ao reunir municípios com vínculos socioeconômicos e redes urbanas, a análise reduz parte da instabilidade de taxas em populações pequenas. Entretanto, áreas agregadas podem conter bairros e municípios com condições diferentes. Um padrão regional, portanto, não descreve todos os espaços que compõem a unidade. A utilização dos achados para vigilância local requer complementação por dados mais detalhados, quando disponíveis (Barcellos et al., 2024).

O estudo mostra expansão e consolidação da dengue em áreas centrais e meridionais do país. No Centro-Oeste, a presença histórica da doença foi acompanhada por incidências elevadas nos períodos mais recentes. Áreas do oeste do Sudeste e do sul do Centro-Oeste, anteriormente menos afetadas, passaram a apresentar frequências maiores. O resultado evidencia que a mudança epidemiológica não

se limita à chegada do vetor a um lugar novo: também envolve a intensificação de transmissão em territórios já inseridos no circuito da doença.

As transições entre categorias de incidência ajudam a caracterizar esse processo. Entre 2007–2013 e 2014–2020, 118 microregiões anteriormente classificadas na faixa de incidência baixa a média passaram para a faixa alta. Além disso, a maior parte das unidades já classificadas em nível alto permaneceu nessa condição. Esses achados descrevem persistência nas categorias utilizadas pelo estudo e não significam, por si só, epidemia ininterrupta em cada município durante todos os anos do intervalo (Barcellos et al., 2024).

O ponto central é que regiões antes menos afetadas passaram a integrar mais regularmente a distribuição da dengue. Essa transformação modifica o tipo de preparação necessário: uma área acostumada a poucos casos pode enfrentar demandas de diagnóstico e assistência para as quais não havia desenvolvido a mesma experiência operacional. O estudo não mede diretamente a prontidão dos serviços, mas a mudança de distribuição fornece fundamento para reexaminar a organização da vigilância e da rede de atendimento.

A história de incidência foi uma das variáveis importantes na análise, junto de indicadores geográficos e climáticos. A transmissão anterior pode funcionar como informação sobre persistência do circuito epidemiológico e sobre condições já estabelecidas no território. Isso não dispensa a análise de imunidade, circulação viral e intervenções, que não são integralmente resumidas por uma taxa prévia. O resultado sustenta utilizar o histórico de casos como componente do

planejamento, sem tratá-lo como explicação completa (Barcellos et al., 2024).

4.4. Anomalias Térmicas, Altitude e Persistência da Transmissão

No estudo de Barcellos et al. (2024), a exposição climática foi construída a partir da frequência de dias com temperatura acima de uma referência climatológica. Essa abordagem distingue calor habitual de uma anomalia em relação ao padrão do lugar e da estação. O indicador não corresponde simplesmente à temperatura absoluta mais alta do país. Uma alteração relevante em área previamente fria pode ter significado epidemiológico mesmo quando sua temperatura permanece inferior à de outras regiões.

Os autores analisaram anomalias ao longo do ano e no verão, além de indicadores demográficos e altitude. Na regressão, a incidência anterior, a altitude média e anomalias de temperatura máxima se destacaram. As árvores de regressão acrescentaram uma forma de examinar combinações entre características, em vez de pressupor que cada variável atua de modo idêntico em todo o território. Esses métodos descrevem relações no conjunto observado, sem produzir uma regra universal de transmissão para qualquer ano futuro (Barcellos et al., 2024).

A mudança ao longo do gradiente de altitude é um resultado relevante. No primeiro dos períodos comparados, a incidência diminuía mais nitidamente em altitudes maiores. No período recente, apareceram incidências mais elevadas em faixas intermediárias, com redução em altitudes superiores. A interpretação é compatível com alteração das limitações ambientais, mas também exige considerar a ocupação e a circulação da doença.

Altitude não deve ser tratada como uma causa independente de todos os demais componentes do território.

Outro aspecto é a duração da exposição. Episódios térmicos persistentes podem influenciar a manutenção de condições favoráveis de modo diferente de um dia isolado de calor. O estudo utilizou indicadores construídos justamente para examinar frequência e continuidade de anomalias. Dessa forma, o acompanhamento de médias anuais pode perder informação útil quando a questão é reconhecer mudanças nas janelas de transmissão (Barcellos et al., 2024).

Fujita et al. (2023) acrescentam um exemplo de escala mais curta ao descrever dengue em São Paulo durante 2023, com persistência de casos em junho e julho e associação com a continuidade de calor e chuvas. A comunicação não estabelece, isoladamente, uma tendência nacional nem atribui toda a transmissão ao aquecimento antropogênico. Seu valor é mostrar que um calendário historicamente menos favorável pode deixar de representar adequadamente a ocorrência observada em uma localidade.

A aproximação entre as duas escalas sugere uma implicação operacional: calendários baseados apenas no padrão histórico devem ser confrontados com notificações e condições ambientais atuais. Essa inferência não exige que toda ação seja mantida com intensidade máxima durante o ano inteiro. Exige capacidade de reconhecer quando as condições observadas divergem do esperado e de ajustar a resposta ao risco efetivamente identificado.

4.5. Adequação Climática e Indicadores de Potencial de Transmissão

O relatório latino-americano do Lancet Countdown apresenta indicadores de potencial climático para transmissão de dengue por Aedes aegypti. Na comparação entre 1951–1960 e 2020–2024, o potencial médio regional aumentou 66%; para o Brasil, o relatório informa aumento relativo de 108%. Esses valores descrevem uma medida modelada de adequação à transmissão, e não um aumento equivalente das notificações ou uma parcela de casos comprovadamente causada pelo clima (The Lancet Countdown, 2025a).

A ficha brasileira da mesma iniciativa apresenta outra janela de comparação, 2015–2024, e informa elevação de 30% do indicador de adequação para Aedes aegypti, com valor de 1,99. O documento também acompanha Aedes albopictus. A diferença em relação ao relatório regional não deve ser corrigida por média ou tratada como igualdade de estimativas: o período final e as especificações de cada indicador precisam ser conferidos. Nesta revisão, esses números são utilizados apenas para demonstrar a distinção entre potencial climático e ocorrência observada (The Lancet Countdown, 2025b).

Indicadores baseados em reprodução potencial sintetizam condições ambientais sob hipóteses de modelagem. A dinâmica efetiva também depende de suscetibilidade, circulação viral, contato humano e controle. Portanto, o fato de uma medida de adequação ultrapassar determinado valor não comprova que ocorrerá uma epidemia em cada município. Sua utilidade está em permitir o acompanhamento de mudanças no contexto ambiental e sua integração a informações epidemiológicas e entomológicas.

A comparação com Barcellos et al. (2024) é esclarecedora. Aquele estudo parte de notificações observadas para examinar progressão

territorial e anomalias; o indicador do Countdown descreve potencial climático. Uma convergência de direção entre ambos reforça a relevância de investigar a relação, mas não os torna medidas intercambiáveis. O primeiro acompanha doença registrada em determinados períodos; o segundo expressa uma dimensão das condições de transmissão.

Essa precisão também favorece a comunicação pública. Informar que a adequação climática cresceu é diferente de afirmar que os casos cresceram na mesma proporção. Confundir as duas mensagens pode levar tanto a superestimar a capacidade explicativa do clima quanto a desacreditar modelos quando a incidência observada segue trajetória diferente. A utilização responsável dos indicadores mantém explícitos seu objeto, período e alcance (The Lancet Countdown, 2025a).

4.6. Malária e Desmatamento em Escala Mensal

Arisco et al. (2024) investigaram a associação entre mudanças ecológicas e malária na Amazônia brasileira entre 2003 e 2022, com resolução municipal e mensal. O estudo reuniu mais de cinco milhões de registros e informações de cobertura florestal, clima e mobilidade. A escala adotada é relevante porque alterações de habitats e contatos podem ocorrer antes que uma medida anual represente adequadamente o processo. O objetivo foi examinar a relação de curto prazo dentro de uma série extensa, e não apenas comparar totais nacionais.

A medida principal foi a taxa mensal de desmatamento em relação à área municipal. Segundo a estimativa regional, um aumento de 1% nessa medida esteve associado a elevação aproximada de 6,3% dos

casos no mês seguinte, com intervalo de credibilidade de 95% de 6,2% a 6,5%. A apresentação precisa conservar a definição da exposição e a defasagem. O resultado não equivale a afirmar que qualquer perda de 1% da floresta de uma propriedade produzirá esse mesmo aumento entre seus moradores (Arisco et al., 2024).

O modelo incorporou características ambientais e sociais e a relação entre casos importados e locais. Essa inclusão importa porque a transformação territorial costuma acompanhar circulação de trabalhadores e ocupação de novas áreas. Sem considerar mobilidade, parte da associação atribuída à alteração ecológica poderia refletir deslocamento de pessoas infectadas. O ajuste melhora a análise, mas não elimina todas as dificuldades inerentes ao estudo observacional.

A relação variou entre estados. Foram descritas associações positivas estatisticamente relevantes em Pará, Amazonas e Rondônia, com magnitudes distintas. O estudo também examinou interação com cobertura florestal remanescente, mostrando que o contexto prévio do município participa da relação. Isso indica que o mesmo indicador de perda florestal não possui significado epidemiológico uniforme em ambientes com histórias de ocupação diferentes (Arisco et al., 2024).

Os autores situam os resultados na malária de fronteira. A abertura de áreas pode modificar a iluminação, a água e os habitats do vetor, ao mesmo tempo em que trabalhadores e famílias passam a ocupar esses espaços. O aumento de contato não depende apenas da quantidade total de floresta removida, mas da proximidade entre pessoas e condições de reprodução vetorial. A análise regional

fornece um padrão agregado desse processo, sem localizar com precisão cada criadouro ou ponto de exposição.

Há limitações importantes na construção temporal. Parte das medidas mensais de desmatamento foi estimada a partir de dados anuais e da distribuição de alertas, em vez de observada diretamente para todos os meses da série. A escala municipal também pode combinar áreas de perda florestal e locais de transmissão que não coincidem espacialmente. Além disso, diferentes destinos da área convertida podem produzir exposições distintas, aspecto não inteiramente representado pela medida principal (Arisco et al., 2024).

A contribuição prática é indicar que informações ambientais podem ser utilizadas em uma janela de resposta relativamente curta. Contudo, o estudo não valida um limiar operacional de alerta nem demonstra que uma intervenção desencadeada por esse indicador reduza casos. A inferência é integrar alertas de transformação territorial à vigilância da malária e avaliar sua utilidade local, especialmente onde abertura de áreas e transmissão se aproximam.

4.7. Temperatura, Precipitação e Defasagens na Malária

O estudo de Arisco et al. (2025) examinou 5.381.105 registros de malária entre 2003 e 2022 com abordagem case-crossover e análise populacional. Foram consideradas exposições meteorológicas em defasagens de uma, duas e três semanas. O interesse não estava somente em estabelecer se lugares mais quentes têm mais doença, mas em investigar como variações temporais se relacionam à ocorrência em condições comparáveis de tempo e local.

No desenho case-crossover, o próprio caso participa da comparação entre períodos de exposição e referência, o que reduz a influência de características individuais que não mudam nesses intervalos. Entretanto, o desenho continua dependente da definição temporal da infecção e da qualidade das medidas ambientais. Exposições atribuídas ao município não representam necessariamente toda a trajetória de mobilidade do paciente, e fatores que variam junto do tempo ainda precisam ser considerados (Arisco et al., 2025).

Os resultados mostram por que uma média simples é insuficiente. Condições acima da mediana na semana anterior se associaram a maior risco em determinadas faixas, enquanto exposições semelhantes, com duas ou três semanas de defasagem, apresentaram relações diferentes ou protetoras. A precipitação e a amplitude térmica diária também exibiram padrões próprios. A direção da associação dependeu simultaneamente da variável, de seu valor e do intervalo analisado (Arisco et al., 2025).

As relações variaram entre estados. Rondônia, Acre, Roraima, Pará e Maranhão apresentaram determinados aumentos associados a temperaturas acima da mediana na semana anterior, enquanto Amapá teve um padrão temporal distinto em parte da análise. Esses exemplos não constituem uma classificação permanente de risco estadual. Demonstram que uma regra construída para toda a Amazônia pode perder características importantes quando aplicada a uma unidade específica.

A amplitude térmica diária acrescenta uma dimensão que a temperatura média não capta. Dois períodos com média semelhante podem ter diferenças importantes entre máximas e mínimas. O estudo mostrou associações próprias dessa variação e

heterogeneidade geográfica. A análise do ciclo infeccioso, portanto, não deve reduzir a exposição térmica a um único número anual ou mensal quando a pesquisa demonstra dependência de padrões mais detalhados (Arisco et al., 2025).

Os autores também examinaram eventos extremos e suas relações com o risco, encontrando variações entre o modelo regional e os estados. Uma chuva extrema pode apresentar associação de sentido distinto em ambientes diferentes, conforme a hidrologia e o momento considerado. Essa heterogeneidade é compatível com a diversidade dos habitats e da ocupação amazônica. O resultado fortalece a necessidade de combinar monitoramento meteorológico com conhecimento do território.

Para a vigilância, as defasagens podem oferecer antecedência útil, mas essa possibilidade não deve ser confundida com desempenho comprovado de um sistema de alerta. A pesquisa estima relações e discute seu potencial de aplicação. A utilização operacional requer verificar se os dados chegam a tempo, se o padrão permanece estável e se há capacidade de agir. A contribuição científica está em oferecer uma base mais detalhada para essa avaliação, em vez de uma prescrição de resposta idêntica para todos os municípios.

4.8. ENSO e a Diferença Entre Efeitos Locais e Saldo Regional

Arisco et al. (2025) também investigaram o El Niño–Oscilação Sul, comparando condições observadas com cenários contrafactuais de temperatura e chuva sem as diferenças associadas a esses eventos. A pergunta envolve como um fenômeno climático de grande escala se traduz em variações locais e em alterações de casos. O uso de

contrafactuais representa uma estratégia analítica distinta da simples correlação entre o índice oceânico e a série de notificações.

O estudo estimou saldo regional de redução de casos associado às condições meteorológicas de El Niño e La Niña no período analisado, acompanhado de heterogeneidade espacial e sazonal. Esse resultado é relevante porque contraria a leitura de que um evento de grande escala teria necessariamente efeito de aumento em toda a Amazônia. O saldo agregado pode combinar municípios ou estações com elevação e outros com redução (Arisco et al., 2025).

Rondônia, por exemplo, apresentou aumento em determinadas condições de El Niño, ao passo que outras áreas contribuíram de modo diferente para o resultado regional. A precipitação durante as estações úmida e seca e a distribuição das temperaturas variaram entre as localidades. Assim, o nome do fenômeno não descreve integralmente a exposição vivida em cada município. A informação de interesse sanitário é como ele altera as condições locais de transmissão e acesso.

As duas pesquisas de Arisco et al. (2024; 2025) também empregam modelos e perguntas diferentes. Uma examina desmatamento mensal e controla variáveis climáticas; a outra detalha exposições semanais e cenários associados ao ENSO. Associações relatadas em uma não devem ser tratadas como coeficientes diretamente equivalentes aos da outra. Diferenças de direção podem depender da escala, da referência e do componente do fenômeno efetivamente estimado.

A interpretação conjunta favorece duas conclusões complementares. A variabilidade climática tem relação com a

transmissão, mas sua direção depende do contexto; e um saldo regional favorável em determinado recorte não elimina a necessidade de proteger locais onde a exposição se agrava. Para uma estratégia de eliminação, a manutenção de focos e as barreiras de acesso podem ser decisivas mesmo quando o total regional diminui. O resultado agregado precisa, portanto, ser acompanhado de informação territorial.

4.9. Mobilidade, Mineração e Populações Amazônicas

A transformação ambiental frequentemente acompanha deslocamentos associados a trabalho e ocupação. Arisco et al. (2024) destacam que mineração e atividades florestais articulam abertura de áreas, mobilidade e exposição. A presença de casos importados pode influenciar a transmissão em locais diferentes do ponto inicial de infecção. Assim, o município de notificação não é necessariamente o território onde o contato ocorreu, e a circulação de pessoas integra a interpretação do padrão espacial.

As categorias de localidade utilizadas na vigilância da malária ajudam a reconhecer diferenças entre áreas indígenas, rurais, urbanas, garimpos e assentamentos. Entretanto, essas categorias não descrevem grupos homogêneos. Condições de habitação, atividade, distância dos serviços e frequência de deslocamento variam dentro delas. O estudo mostra a importância de considerar esses contextos, sem reduzir a vulnerabilidade a uma identidade ou a uma ocupação isolada (Arisco et al., 2024).

O garimpo pode produzir alterações de pequena extensão em relação ao desmatamento total, mas com impacto importante sobre habitats e contatos. Os autores discutem a persistência de áreas de

reprodução vetorial após abandono das atividades, o que permite manutenção de risco para comunidades próximas. Desse modo, a interrupção de uma atividade não implica necessariamente o desaparecimento imediato das condições ambientais que ela deixou.

Há também limites para o controle vetorial uniforme. Na discussão de Arisco et al. (2024), a estrutura das moradias e o comportamento de picada influenciam a utilidade de medidas voltadas ao interior dos domicílios. Essa observação não constitui comparação experimental de todas as estratégias, mas esclarece por que a escolha depende do local. O tipo de habitat, a localização dos contatos e a possibilidade de acesso precisam orientar o planejamento.

A associação com territórios indígenas deve ser interpretada à luz de exposição ambiental e barreiras de proteção, evitando responsabilizar as comunidades pelo adoecimento. A pesquisa relaciona risco à transformação de áreas, circulação de pessoas e condições de controle. A resposta sanitária tem, portanto, interfaces com proteção territorial e organização dos serviços. O cuidado precisa alcançar os locais de transmissão e manter continuidade apesar de distâncias e mudanças no ambiente.

Os dois estudos amazônicos oferecem fundamento para vigilância sensível ao território, mas não permitem presumir que o mesmo marcador ambiental possua desempenho idêntico em toda localidade. A tradução para o SUS deve combinar informação climática, dados de casos e conhecimento das equipes sobre mobilidade e atividades. O objetivo é antecipar demandas

concretas, e não produzir mapas que apenas reproduzam a classificação administrativa dos municípios.

4.10. Leishmanioses e Outras Doenças Negligenciadas

As leishmanioses ilustram a dificuldade de tratar uma categoria de doença como um ciclo ecológico único. A revisão de Klepac et al. (2024) encontrou 53 trabalhos, mas destaca a diversidade de agentes, vetores e contextos de transmissão. Mudanças na distribuição potencial de flebotomíneos podem modificar a exposição sem determinar, isoladamente, a circulação da infecção humana. A presença de reservatórios, a ocupação do território e as condições locais precisam integrar a análise.

Parte dos modelos da revisão projeta expansão de áreas climaticamente favoráveis em diferentes regiões das Américas e em outros continentes. Esses resultados não representam observação de expansão efetiva em todos os locais projetados. Além disso, cenários futuros distintos podem produzir mapas e horizontes temporais diferentes. Para o Brasil, sua contribuição principal é apontar a necessidade de acompanhar vetores e casos em interfaces de transformação ambiental, sem converter projeções externas em taxas nacionais.

A distribuição da pesquisa também limita a generalização. A revisão identifica lacunas geográficas e diferenças entre agravos, de modo que a existência de muitos trabalhos em uma região não garante informação adequada para outra. No caso das leishmanioses, conhecer temperatura média é insuficiente para representar umidade, habitats, hospedeiros e relações com o domicílio. O

problema requer combinar informações ambientais com vigilância e conhecimento específico do ciclo estudado (Klepac et al., 2024).

A doença de Chagas aparece na revisão com número menor de publicações. Sua análise não pode simplesmente reproduzir conclusões construídas para Aedes ou para malária: triatomíneos, habitação e vias de transmissão formam outra configuração. A mesma cautela se aplica a doenças com hospedeiros intermediários ou transmissão ambiental. A categoria doenças sensíveis ao clima funciona como enquadramento, mas não define uma resposta biológica comum a todos os agravos.

Klepac et al. (2024) mostram que parte das doenças negligenciadas permanece pouco investigada inclusive quanto a mecanismos básicos de transmissão e ao efeito de mudanças no acesso ao cuidado. Essa limitação torna mais difícil prever o impacto futuro e pode afastar esses agravos da agenda de adaptação. O resultado favorece reforçar vigilância e pesquisa onde há lacunas, em vez de tomar a ausência de projeções como justificativa para ausência de preparação.

A síntese permite reconhecer duas necessidades diferentes: acompanhar deslocamentos de distribuição potencial e proteger populações de áreas já endêmicas. Uma agenda concentrada apenas na chegada de doenças a novas áreas pode deixar de considerar quem já enfrenta transmissão e menor capacidade de adaptação. Essa diferença de prioridade aparece no desequilíbrio geográfico da literatura e deve ser considerada na interpretação das propostas para o Brasil (Klepac et al., 2024).

4.11. Inundações e Investigação de Síndromes Febris

Hernandez et al. (2025) investigaram pacientes registrados por suspeita de leptospirose após as enchentes de 2024 em Porto Alegre, combinando revisão de registros e acompanhamento. Foram identificadas 539 pessoas na base; 485 tiveram investigação para leptospirose e 303 para dengue, com 283 avaliadas para ambos os agentes. O contexto de inclusão foi, portanto, a suspeita clínica e a procura pelo serviço, não uma amostra aleatória de todos os moradores expostos à inundação.

Entre os testados para leptospirose, 17 tiveram confirmação, correspondendo a 3,5%; entre os investigados para dengue, foram 102 positivos, ou 33,7%. Os denominadores precisam acompanhar os percentuais. Não se pode afirmar que essas proporções representam a incidência das doenças entre todos os atingidos nem comparar a positividade como se todos os participantes tivessem recebido exatamente a mesma investigação. A sobreposição entre os grupos testados também impede a soma simples das categorias (Hernandez et al., 2025).

O achado é relevante porque o mecanismo ambiental mais lembrado após a enchente não foi suficiente para explicar o conjunto de síndromes febris atendidas. A suspeita de leptospirose orientou a identificação dos pacientes, mas dengue foi uma causa confirmada importante. O estudo mostra que eventos extremos podem ocorrer sobre um cenário epidemiológico em que outras doenças já circulam. A inundação modifica a exposição e os serviços, sem suspender a dinâmica prévia das infecções da região.

Entre 283 pessoas examinadas para as duas doenças, 191 tiveram resultados negativos para ambas. A categoria de doença desconhecida ou não relacionada incluiu situações heterogêneas e

alguns diagnósticos adicionais, como influenza A e hantavirose. Como não houve investigação sistemática de todos os agentes possíveis, o grupo negativo não representa uma única entidade clínica nem comprova ausência de infecção. Seu tamanho evidencia o limite da investigação restrita a poucos patógenos (Hernandez et al., 2025).

Esse resultado tem implicação direta para a vigilância de desastres: a definição inicial de suspeito precisa facilitar a captação sem encerrar a investigação etiológica. Registrar exposição à água é relevante, mas a ocorrência dessa exposição em grande parte da população atendida pode reduzir sua capacidade de diferenciar diagnósticos. A história ambiental deve ser combinada com manifestações, evolução e exames apropriados, conforme a organização dos serviços e o contexto epidemiológico.

O estudo também não demonstrou que as infecções por dengue foram adquiridas exclusivamente depois do início das enchentes ou em consequência delas. O intervalo de observação, a circulação prévia e a ausência de um contrafactual impedem essa atribuição. A interpretação fundamentada é a coexistência de doenças entre pacientes avaliados no período posterior ao evento, com necessidade de ampliar a capacidade diagnóstica. Essa conclusão é suficiente para orientar a discussão de preparação sem atribuir causalidade além dos dados (Hernandez et al., 2025).

4.12. Gravidade, Diagnóstico Laboratorial e Seguimento Após o Desastre

Embora numericamente menos frequente entre os diagnósticos confirmados, a leptospirose esteve associada a manifestações e

desfechos mais graves no estudo de Hernandez et al. (2025). Alterações renais, icterícia e hemorragia pulmonar ajudaram a caracterizar diferenças entre grupos. O número de confirmações foi pequeno, o que limita a precisão das comparações e exige cautela na interpretação de razões de risco com intervalos amplos.

O resultado mostra por que frequência e gravidade não podem ser utilizadas como critérios equivalentes de prioridade. Uma doença menos frequente em determinada amostra pode exigir capacidade assistencial importante entre os pacientes que a apresentam. Ao mesmo tempo, uma doença mais numerosa pode produzir maior demanda global mesmo com outro perfil de gravidade. A investigação de um desastre precisa, portanto, acompanhar etiologia e evolução clínica, em vez de utilizar apenas o total de suspeitas como medida de carga (Hernandez et al., 2025).

A interpretação laboratorial depende do tempo de coleta e da etapa da infecção. Na investigação, foram utilizados testes moleculares, antígeno e sorologia conforme a doença e a situação observada. Alguns participantes com exames inicialmente negativos para dengue tiveram resultados posteriores positivos. Isso demonstra que a classificação de um único atendimento pode ser incompleta; não estabelece, porém, que repetir indiscriminadamente todos os exames em toda pessoa seja uma estratégia validada pelo estudo.

O seguimento também apresentou limitações. Apenas parte dos pacientes retornou, e o intervalo médio entre visitas foi de aproximadamente 90 dias, com variação importante. A identificação de marcadores em uma avaliação tardia precisa ser interpretada de acordo com o teste e a possibilidade de exposição no intervalo. A existência de acompanhamento amplia a informação em relação a

uma fotografia inicial, mas não elimina incertezas sobre o momento de aquisição de todas as infecções (Hernandez et al., 2025).

A utilidade prática do achado é preservar mecanismos de reavaliação e comunicação de resultados. Serviços afetados por uma enchente podem perder contato com pessoas deslocadas ou deixar de vincular exames a atendimentos anteriores. O corpus não quantifica o efeito de um sistema específico de seguimento, mas a experiência descrita permite reconhecer essa necessidade como parte da continuidade do cuidado, especialmente quando a hipótese inicial não é confirmada.

A revisão de Pasqualotto et al. (2026) amplia o enquadramento ao discutir zoonoses, doenças transmitidas pela água e por vetores, infecções de pele, fungos respiratórios e resistência antimicrobiana no desastre do Sul. Também relata interrupções assistenciais e dificuldades de vacinação. A contribuição dessa fonte é mostrar a amplitude da preparação necessária; seus diferentes agravos não devem ser apresentados como se todos tivessem sido investigados na mesma coorte de pacientes.

4.13. Leptospirose em Séries de Vigilância e Recortes de Emergência

Sansone, Boschiero e Marson (2026) analisaram registros de leptospirose no Brasil por região, com dados de 2014 a 2025 e correlações exploratórias até 2024. Para 2014–2024, relataram 36.261 casos e 3.170 mortes. O total nacional passou de 3.428 casos em 2023 para 4.142 em 2024, e o Sul apresentou a maior elevação regional, de 1.238 para 1.988. A pesquisa encontrou associações heterogêneas com precipitação e ressaltou que elas não comprovam causalidade.

Os dados de 2025 foram usados descritivamente por estarem incompletos.

A comparação com Hernandez et al. (2025) evidencia a diferença entre sistemas de observação. Uma série nacional acompanha notificações e óbitos em território amplo; uma investigação clínica seleciona pessoas por suspeita e examina diagnósticos. Os percentuais não podem ser intercambiados, pois os denominadores, os critérios de inclusão e os períodos são diferentes. A ocorrência de aumento regional e a baixa positividade em uma amostra de suspeitos podem coexistir sem contradição.

Essa diferença também se aplica aos números divulgados durante emergências. Suspeitas captadas inicialmente podem ser descartadas, confirmadas ou permanecer sem definição, enquanto registros tardios modificam os totais. O dado deve ser apresentado com data de corte e categoria, sobretudo quando serve à comparação entre publicações. Sem essa identificação, mudanças no processamento da vigilância podem ser confundidas com mudança na transmissão.

A discussão não exige reduzir a importância da leptospirose nem presumir que toda suspeita corresponda a confirmação. O estudo clínico e a série de vigilância contribuem para aspectos diferentes da resposta: um destaca o diagnóstico diferencial; o outro descreve a distribuição registrada e sua mudança. Integrar essas informações permite dimensionar demanda e investigação com mais precisão do que escolher uma única fonte como representação de todo o desastre.

O Quadro 2 sintetiza alguns resultados quantitativos centrais com seus denominadores e objetos de análise. A finalidade é conservar diferenças que se perdem quando todos os números são apresentados como aumento de risco climático. O quadro não produz uma comparação de eficácia nem estima uma fração comum de adoecimento atribuível ao clima.

Quadro 2. Resultados quantitativos e condições necessárias para sua interpretação

Fonte e resultado	**Unidade e referência**	**Alcance da interpretação**
Barcellos et al. (2024): 118 microregiões passaram da faixa baixa a média para a alta.	Transição de categorias entre 2007–2013 e 2014–2020.	Descreve progressão territorial agregada; não significa transmissão alta em todo município durante todo o período.
Arisco et al. (2024): aumento aproximado de 6,3% nos casos associado a 1% na medida de desmatamento.	Taxa mensal de desmatamento municipal; casos no mês seguinte; intervalo de credibilidade de 6,2% a 6,5%.	A estimativa depende da definição de exposição, da escala e dos ajustes do modelo.
Arisco et al. (2025): 5.381.105 registros examinados.	Dados de 2003–2022; exposições meteorológicas com uma a três semanas de defasagem.	O tamanho da base não elimina heterogeneidade entre estados nem incerteza na atribuição temporal.
Hernandez et al. (2025): 17 confirmações de leptospirose e 102 de dengue.	Leptospirose: 17/485 testados (3,5%); dengue: 102/303 testados (33,7%).	Denominadores diferentes; não representa incidência na população atingida pela enchente.

Klepac et al. (2024): 24 publicações consideraram adaptação.	Cerca de 5% das 511 publicações incluídas.	Distribuição temática da revisão; não informa que todas as estratégias foram avaliadas com igual rigor.
Sansone, Boschiero e Marson (2026): casos nacionais de leptospirose passaram de 3.428 para 4.142.	Comparação de registros de 2023 e 2024.	Mudança descritiva; não estima a fração causada pela mudança climática.

Fonte: elaboração própria a partir das publicações indicadas. Não foram calculadas novas estimativas combinadas ou taxas populacionais.

4.14. Água, Resíduos, Abrigos e Diferentes Momentos de Exposição

Uma inundação reúne vias de exposição que não se limitam ao contato direto com a água. A perda de condições de abastecimento, o acúmulo de resíduos, a alteração de ambientes com animais e a aglomeração em abrigos podem ocorrer de modo simultâneo. Hernandez et al. (2025) discutem essa combinação diante da frequência de manifestações entéricas e respiratórias e do conjunto de diagnósticos encontrados. O evento precisa ser compreendido como transformação temporária das condições de vida e dos serviços.

A natureza da exposição muda ao longo do tempo. No início, o deslocamento e o resgate podem envolver contato intenso com água e lama; posteriormente, limpeza de espaços e permanência em moradias danificadas criam outras situações. Abrigos podem

concentrar pessoas durante períodos variáveis, enquanto o restabelecimento dos serviços ocorre de maneira desigual. As fontes não determinam uma duração universal de risco, mas indicam que o término da chuva não corresponde necessariamente ao encerramento das demandas sanitárias (Hernandez et al., 2025).

As manifestações respiratórias observadas na investigação reforçam a necessidade de reconhecer agentes que não seguem a mesma via da leptospirose. A presença de influenza em alguns pacientes é compatível com circulação de infecção respiratória no período, mas não demonstra a dimensão de um surto em todos os abrigos. A ausência de testagem sistemática limita a estimativa. A implicação é manter capacidade de investigação sindrômica e não atribuir todo quadro febril ao mecanismo mais visível do desastre.

Para doenças diarreicas, a relação com água e alimentos depende da integridade dos serviços e das práticas possíveis durante a emergência. A exposição pode aumentar quando o abastecimento seguro é interrompido e a higiene se torna mais difícil. O material examinado permite discutir essa via e a necessidade de preparação, mas não oferece uma taxa nacional única de diarreia causada pelas enchentes. A descrição de risco precisa conservar a diferença entre possibilidade de exposição e doença confirmada (Hernandez et al., 2025; The Lancet Countdown, 2025a).

O mesmo cuidado vale para os animais e reservatórios. O deslocamento de roedores e a interação com atividades agropecuárias podem modificar os contatos, mas não demonstram, isoladamente, a origem de cada infecção. A Saúde Única acrescenta valor quando orienta a comunicação entre serviços, acompanhamento ambiental e investigação dos agentes plausíveis.

Seu uso como expressão geral, sem conexão com dados ou responsabilidades, não substitui a preparação operacional.

Essas diferenças justificam organizar a vigilância por agravos e por fases do evento. Uma resposta centrada exclusivamente no início da inundação pode perder demandas que aparecem durante limpeza e retorno. Por outro lado, manter a mesma lista de hipóteses sem considerar evolução do cenário pode direcionar inadequadamente a investigação. A leitura integrada favorece revisão contínua do perfil de atendimento e das exposições efetivamente presentes.

4.15. Escassez Hídrica, Armazenamento e Desigualdades Urbanas

O excesso de água e sua escassez produzem mecanismos diferentes, mas podem convergir sobre infraestrutura precária. A discussão de Barcellos et al. (2024) situa a urbanização incompleta entre as condições que sustentam dengue: crescimento da ocupação sem serviços suficientes de abastecimento, resíduos e moradia. Em um ambiente de acesso irregular à água, o armazenamento faz parte das estratégias possíveis de vida cotidiana e precisa ser compreendido dentro desse contexto.

O problema epidemiológico não é resolvido por uma recomendação genérica para eliminar recipientes quando eles são necessários ao consumo doméstico. A prevenção requer condições de armazenamento seguro e melhoria do abastecimento, além da atenção aos criadouros evitáveis. Essa é uma implicação das relações socioambientais descritas, e não resultado de um ensaio específico do artigo. Sua pertinência está em aproximar a comunicação de risco das possibilidades materiais da população (Barcellos et al., 2024).

A vulnerabilidade urbana também varia dentro de cada microregião. Densidade de ocupação e disponibilidade de infraestrutura não podem ser deduzidas apenas da proporção de população urbana. Duas áreas igualmente urbanizadas podem diferir na regularidade dos serviços e na exposição a alagamentos. Os indicadores agregados são úteis para reconhecer padrões amplos, mas o planejamento deve examinar onde se concentram as condições que dificultam proteção e acesso ao cuidado.

O relatório regional do Lancet Countdown discute água e saneamento como componentes da vulnerabilidade e da adaptação. A combinação de indicadores climáticos e sociais é importante porque uma mudança ambiental semelhante pode produzir efeitos distintos segundo a cobertura dos serviços. A melhora da infraestrutura atua sobre vias de exposição que podem persistir mesmo fora dos períodos de anomalia climática, oferecendo fundamento para integrar políticas sanitárias e adaptação (The Lancet Countdown, 2025a).

Há também uma dimensão temporal de desigualdade. A resposta emergencial pode chegar primeiro a algumas áreas, enquanto outras permanecem por mais tempo sem abastecimento ou transporte. As fontes analisadas não estimam esse intervalo para todos os territórios brasileiros, mas sua discussão sobre capacidade adaptativa indica que a recuperação precisa ser acompanhada de forma territorial. O retorno de um serviço em média municipal não demonstra que todas as comunidades recuperaram acesso.

Nessa perspectiva, a comunicação comunitária ganha utilidade quando considera necessidades e limitações concretas. Informar riscos sem disponibilizar condições de proteção pode produzir baixa

adesão e responsabilização inadequada. A revisão de Klepac et al. (2024) recomenda envolvimento das comunidades tanto na investigação quanto na revisão de sistemas de vigilância e intervenção. A participação permite reconhecer situações que dados agregados não descrevem suficientemente.

4.16. Continuidade Assistencial e Preparação do SUS

Os riscos infecciosos podem aumentar no mesmo período em que os serviços enfrentam redução de capacidade. Interrupções de acesso, deslocamento de equipes, perda de insumos e dificuldades de comunicação interferem tanto na assistência quanto na produção dos registros. A análise de um desastre precisa observar essa simultaneidade: menos notificações em determinado momento podem refletir falha de acesso, e não necessariamente queda da transmissão. Essa interpretação é coerente com as dificuldades diagnósticas e assistenciais discutidas pelas fontes sobre inundações (Hernandez et al., 2025).

A continuidade depende da articulação entre atenção territorial, laboratório e rede de referência. Uma suspeita identificada em um ponto de atendimento pode precisar de exame realizado em outro serviço e de reavaliação posterior. Quando deslocamentos e infraestrutura são afetados, essa sequência se torna mais vulnerável. O estudo de Hernandez et al. (2025) mostra o valor da vinculação entre atendimento inicial e seguimento, ao mesmo tempo em que expõe as limitações de retorno dos participantes.

Para a atenção primária, o vínculo com o território contribui para reconhecer mudanças no perfil de demanda e dificuldades de acesso. Contudo, a ampliação do papel das equipes durante uma

emergência precisa acompanhar disponibilidade de recursos e coordenação. O relatório do Lancet Countdown destaca que planejamento, colaboração e formação devem converter-se em capacidade de resposta. Acrescentar responsabilidades sem condições de execução não garante adaptação efetiva (The Lancet Countdown, 2025a).

A preparação também precisa contemplar doenças cuja distribuição se modifica. A progressão da dengue descrita por Barcellos et al. (2024) indica que localidades anteriormente menos afetadas podem necessitar de maior capacidade de identificação e organização do cuidado. Esse resultado não define um protocolo clínico para todas as regiões, mas fundamenta a revisão de referências, fluxos e treinamento diante de mudanças na ocorrência.

Outro componente é a preservação da rotina enquanto a emergência ocupa os serviços. A demanda por infecções relacionadas ao evento pode coexistir com necessidades anteriores da população. O corpus não mede toda a carga de descontinuidade, mas a discussão de resiliência exige considerar como manter funções essenciais sob pressão. A preparação precisa, portanto, abranger a capacidade de absorver demanda adicional sem interromper de modo prolongado a oferta habitual (The Lancet Countdown, 2025a).

Essas implicações não constituem um programa novo validado nesta revisão. Elas organizam necessidades descritas nas fontes e mostram os pontos em que diagnóstico, acesso e informação dependem uns dos outros. O fortalecimento do SUS nesse campo exige transformar previsões e alertas em disponibilidade concreta de

equipes, exames, comunicação e acompanhamento, respeitando as diferenças entre territórios e agravos.

4.17. Vigilância Integrada e Avaliação de Alertas Precoces

A combinação de notificações, meteorologia e transformação ambiental aparece como possibilidade recorrente nas referências. Para malária, Arisco et al. (2024; 2025) demonstram relações em resoluções mensal e semanal que podem contribuir para a antecipação de períodos de maior risco. Para dengue, Barcellos et al. (2024) oferecem informação sobre progressão territorial e anomalias. Cada conjunto possui uma aplicação potencial própria, que depende da oportunidade e da qualidade dos dados.

Uma condição para essa integração é definir o desfecho do alerta. Antecipar presença do vetor, aumento de casos, hospitalizações ou interrupção de serviços são objetivos relacionados, mas diferentes. Um modelo pode representar bem a sazonalidade e ainda não fornecer antecedência suficiente para organizar a resposta. A utilidade operacional precisa ser avaliada em relação à decisão que se pretende tomar e ao tempo necessário para executá-la (Klepac et al., 2024).

Outra condição é reconhecer defasagens de produção da informação. A data de notificação pode ser posterior à exposição e ao início dos sintomas; uma medida ambiental também pode depender de processamento. A relação estatística observada retrospectivamente não garante que todos esses dados estariam disponíveis no momento em que a decisão deveria ter sido tomada. Esse limite é especialmente importante quando se propõe transformar análises detalhadas em sistemas de alerta.

A validação local precisa acompanhar a aplicação. Padrões encontrados em uma série histórica podem mudar com novas condições de circulação, mobilidade, controle e diagnóstico. O corpus não permite estabelecer um limiar único de temperatura ou chuva para desencadear intervenções em todo o Brasil. Em vez disso, sustenta a necessidade de revisar periodicamente modelos e sistemas de vigilância e de reconhecer quando suas hipóteses deixam de descrever a realidade (Klepac et al., 2024).

A avaliação também deve alcançar o resultado da ação, além do desempenho da previsão. Um alerta pode antecipar corretamente um período de risco sem produzir redução de adoecimento se não houver resposta disponível. As referências indicam escassez de estudos sobre adaptação em comparação com a modelagem de impacto. Por isso, a implantação precisa ser acompanhada de investigação sobre o que foi feito, quem foi alcançado e quais desfechos mudaram, evitando atribuir benefício apenas à existência de tecnologia.

O Quadro 3 organiza a relação entre informação, possível uso e limites. Trata-se de uma síntese analítica, sem criação de valores de corte ou fluxos normativos. Seu propósito é mostrar como os achados podem orientar perguntas de planejamento, preservando a necessidade de avaliação antes da adoção de uma regra operacional universal.

Quadro 3. Informação disponível e possíveis usos no planejamento em saúde

Informação	Uso que pode orientar	Condição ou limite

Notificações de dengue e anomalias térmicas.	Revisar distribuição e períodos de atenção em territórios com transmissão em mudança.	Conferir histórico, circulação e qualidade da notificação; não usar calor isolado como confirmação de epidemia.
Malária e alertas de mudança do uso do solo.	Investigar áreas de transformação e necessidades de diagnóstico e vigilância.	Considerar mobilidade, cobertura remanescente e escala municipal; não presumir efeito uniforme.
Meteorologia com defasagens semanais.	Avaliar possibilidades de antecipação de períodos de maior risco.	Validar oportunidade dos dados e desempenho local antes de definir regras de alerta.
Síndromes febris após enchentes.	Organizar diagnóstico diferencial, exames e seguimento.	Distinguir exposição, suspeita e confirmação; reconhecer agentes não investigados.
Dados de acesso, abastecimento e serviços.	Priorizar proteção e continuidade do cuidado onde a capacidade é menor.	A média municipal pode ocultar comunidades sem acesso ou recuperação dos serviços.
Indicadores de adaptação e potencial climático.	Relacionar planejamento de curto prazo e preparação futura.	Diferenciar projeção, adequação ambiental, execução de medidas e desfechos de saúde.

Fonte: síntese analítica de Barcellos et al. (2024), Arisco et al. (2024; 2025), Hernandez et al. (2025), Klepac et al. (2024) e The Lancet Countdown (2025a). O quadro não estabelece limiares ou um protocolo validado.

4.18. Adaptação, Mitigação e Prioridades Territoriais

A adaptação procura reduzir exposição e consequências em condições já presentes ou esperadas; a mitigação procura limitar a

intensificação futura da mudança climática. As duas dimensões aparecem nas referências e possuem horizontes complementares. Para doenças infecciosas, medidas de vigilância, infraestrutura e acesso podem produzir proteção em curto prazo, enquanto decisões sobre emissões participam da trajetória de risco de longo prazo (The Lancet Countdown, 2025a).

O relatório regional enfatiza que planos precisam ser acompanhados de implementação, financiamento e coordenação. A existência de um documento não demonstra que o sistema disponha de recursos para aplicá-lo, assim como o reconhecimento de um risco não garante prioridade orçamentária. Essa distinção é relevante quando a prevenção depende de intervenções que envolvem saúde, ambiente, água, habitação e mobilidade, distribuídas entre diferentes instituições.

Uma agenda territorial permite aproximar as medidas dos mecanismos observados. Em áreas urbanas com dengue, são relevantes as condições que sustentam habitats e exposição; na Amazônia, uso do solo e circulação de pessoas precisam acompanhar a vigilância da malária; em regiões sujeitas a inundações, acesso, diagnóstico e recuperação dos serviços ganham centralidade. A integração não exige tornar todas as ações iguais, mas reconhecer seus pontos de dependência e coordenação (Barcellos et al., 2024; Arisco et al., 2024; Hernandez et al., 2025).

A distribuição de recursos deve considerar a vulnerabilidade e a capacidade existente. Um território com menor número absoluto de casos pode enfrentar grande dificuldade de acesso e maior risco de perda de controle diante de um evento. Por outro lado, áreas com transmissão persistente precisam manter ações mesmo sem

mudança recente de distribuição. A revisão de Klepac et al. (2024) destaca que as necessidades das populações já endêmicas não devem ser eclipsadas pelo interesse na expansão futura para novos locais.

A proteção ambiental também participa dessa agenda, especialmente quando a transformação territorial se relaciona ao contato com vetores e à mobilidade. O estudo amazônico sustenta considerar a dimensão sanitária das mudanças de uso do solo, mas não autoriza estimar um benefício uniforme de qualquer intervenção de conservação em todos os municípios. As condições locais e o tipo de ocupação precisam permanecer no planejamento (Arisco et al., 2024).

Por fim, a escolha de medidas deve incluir sua viabilidade e a possibilidade de acompanhar efeitos. O material examinado identifica direções de ação e lacunas, sem oferecer uma ordenação nacional de custo-efetividade. A prevenção pode ser fundamentada em mecanismos e necessidades reconhecidos, mas a comparação entre programas requer dados específicos de implementação e resultado. Essa distinção aproxima a agenda institucional da evidência disponível e evita apresentar propostas como soluções já comprovadas em todos os contextos.

4.19. Limitações e Prioridades de Pesquisa

A heterogeneidade das referências impede uma síntese quantitativa única. Estudos de notificações, investigações clínicas, revisões e indicadores modelados utilizam denominadores diferentes e representam partes distintas da relação clima-saúde. Mesmo quando duas pesquisas abordam a mesma doença, a resolução

espacial, o intervalo de exposição e a forma de controlar outras variáveis podem alterar os resultados. A comparação precisa conservar essas características, em vez de reduzir a diversidade a uma direção média de efeito.

A agregação geográfica é um limite recorrente. Municípios amazônicos podem abranger áreas extensas, e microregiões combinam localidades com condições diversas. Uma variável ambiental média pode não coincidir com o lugar onde o paciente se expôs. Arisco et al. (2024) reconhecem essa dificuldade ao relacionar desmatamento municipal e casos; Barcellos et al. (2024) também trabalham em uma escala destinada a examinar padrões amplos. Resultados nessas unidades não descrevem automaticamente exposições individuais.

A informação temporal apresenta desafios semelhantes. Incubação, início de sintomas, procura pelo serviço e notificação são momentos distintos. No ambiente, o efeito de uma chuva ou transformação de habitat pode depender de intervalos que variam segundo o ciclo e o local. O estudo de Arisco et al. (2025) demonstra empiricamente a importância dessas defasagens, mas seus achados não eliminam a necessidade de examinar a qualidade das datas e a atribuição das exposições.

A identificação etiológica também interfere nas estimativas. No estudo de Hernandez et al. (2025), os participantes receberam investigações diferentes, e grande parte dos examinados para dengue e leptospirose permaneceu sem confirmação de ambas. Em séries de vigilância, mudanças de acesso e disponibilidade de testes podem alterar a proporção registrada. Assim, aumento de

notificações, aumento de suspeitas e aumento de infecções confirmadas precisam ser descritos como desfechos separados.

Quanto à atribuição climática, é necessário explicitar o contrafactual. A relação de uma doença com chuva observada não identifica automaticamente a parcela de precipitação modificada pelo aquecimento antropogênico. Mesmo modelos que constroem cenários comparativos dependem de hipóteses sobre exposições e demais variáveis. As estimativas devem ser apresentadas com seu objeto e incerteza, sem converter toda associação em prova de causalidade exclusiva (Arisco et al., 2025; Klepac et al., 2024).

Há, ainda, uma diferença entre mapear produção científica e avaliar qualidade. Klepac et al. (2024) não realizaram apreciação crítica formal de todos os métodos incluídos e destacam que suas visualizações não significam contribuição igual de cada publicação. A sobreposição de dados entre estudos também pode ampliar a impressão de volume de evidência. A quantidade de artigos precisa ser considerada junto de desenho, independência e adequação à pergunta.

As prioridades de investigação que decorrem do corpus incluem ampliar estudos locais, incorporar doenças pouco representadas e avaliar adaptação com desfechos de saúde e de acesso. Para modelos, são importantes cenários claros, exposição bem definida, dados compatíveis com a escala e colaboração entre equipes. Para desastres, a investigação precisa vincular condições ambientais, atendimento e confirmação etiológica, acompanhando a evolução além do início da emergência (Klepac et al., 2024; Hernandez et al., 2025).

Esta revisão também tem limites próprios: permanece restrita às 13 fontes do artigo, sem busca exaustiva e sem acesso integral a todas as publicações. O aprofundamento não aumenta a independência dos dados nem resolve lacunas dos estudos originais. Sua contribuição é tornar explícitos os mecanismos, os achados brasileiros e as diferenças de interpretação, oferecendo uma síntese mais útil para planejar sem atribuir ao material um grau de certeza que ele não sustenta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas participam da transformação do risco infeccioso no Brasil por vias biológicas, ambientais e sociais. Seus efeitos dependem da doença, da escala temporal e das condições do território. Temperatura, chuva e eventos extremos precisam ser interpretados junto de circulação de agentes, uso do solo, mobilidade, infraestrutura e capacidade assistencial. A prevenção exige reconhecer essa combinação e suas diferenças locais.

Os estudos de dengue demonstram progressão territorial e associação com anomalias térmicas, enquanto os indicadores de adequação climática descrevem um componente do potencial de transmissão. As pesquisas de malária evidenciam relações com desmatamento e exposições meteorológicas defasadas, com forte heterogeneidade amazônica. Para leishmanioses e outros agravos negligenciados, persistem lacunas que restringem a generalização e reforçam a necessidade de vigilância em áreas já endêmicas e em transformação.

A experiência das enchentes mostra que o risco mais lembrado não explica necessariamente todos os quadros atendidos. A investigação

clínica precisa conservar diagnóstico diferencial, oportunidade de exames e continuidade do acompanhamento. Ao mesmo tempo, registros de suspeitos, testados e confirmados devem manter seus denominadores e períodos, para que a informação utilizada no planejamento represente adequadamente o que foi observado.

O objetivo da revisão é atendido ao integrar mecanismos, resultados brasileiros e implicações para a saúde pública. A síntese sustenta vigilância articulada a dados ambientais, fortalecimento do diagnóstico, saneamento, atenção territorial e preparação da rede para manter funções essenciais durante eventos extremos. Essas direções precisam ser adaptadas aos territórios e avaliadas quanto à execução e aos resultados, sem pressupor que uma estratégia única alcance todos os agravos.

O caráter narrativo, a heterogeneidade e o acesso parcial a algumas fontes limitam conclusões quantitativas e causais. Permanecem necessárias pesquisas que avaliem a efetividade de alertas e medidas adaptativas, além de ampliar conhecimento sobre doenças e populações pouco representadas. A mudança climática modifica desafios já existentes e aumenta a importância de uma resposta que articule adaptação, mitigação e redução de desigualdades, preservando a capacidade do SUS de reconhecer e enfrentar riscos em transformação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISCO, N. J. et al. Ecological change increases malaria risk in the Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 121, n. 44, e2409583121, 2024. DOI:

https://doi.org/10.1073/pnas.2409583121. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39432796/. Acesso em: 27 out. 2026.

ARISCO, N. J. et al. The impact of weather and extreme events on malaria transmission in the Brazilian Amazon: a case-crossover and population-based study. The Lancet Regional Health – Americas, v. 49, art. 101189, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lana.2025.101189. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40704022/. Acesso em: 27 out. 2026.

BARCELLOS, C. et al. Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. Scientific Reports, v. 14, art. 5948, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-56044-y.

DE SOUZA, W. M.; WEAVER, S. C. Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases. Nature Reviews Microbiology, v. 22, p. 476–491, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41579-024-01026-0.

FUJITA, D. M. et al. Dengue and climate changes: Increase of DENV-1 in São Paulo/Brazil – 2023. Travel Medicine and Infectious Disease, v. 56, art. 102668, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2023.102668.

HERNANDEZ, C. J. et al. Leptospirosis? An epidemiologic investigation following the historic 2024 floods in Rio Grande do Sul, Brazil. One Health, v. 21, art. 101146, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101146. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40741512/. Acesso em: 27 out. 2026.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Chapter 12: Central and South America. Cambridge: Cambridge

University Press, 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-12/. Acesso em: 27 out. 2026.

KLEPAC, P. et al. Climate change, malaria and neglected tropical diseases: a scoping review. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, v. 118, n. 9, p. 561–579, 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/trstmh/trae026.

PASQUALOTTO, A. C. et al. Floods and infectious diseases: public health lessons from the 2024 southern Brazil disaster. Clinical Microbiology Reviews, v. 39, n. 1, e00165-24, 2026. DOI: https://doi.org/10.1128/cmr.00165-24. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41334923/. Acesso em: 27 out. 2026.

SANSONE, N. M. S.; BOSCHIERO, M. N.; MARSON, F. A. L. Climate-sensitive infectious diseases in the context of climate change: Lessons from Brazil's floods, with leptospirosis as an example. Infectious Diseases Now, v. 56, n. 7, art. 105347, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.idnow.2026.105347. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42668137/. Acesso em: 27 out. 2026.

THE LANCET COUNTDOWN. Brazil: data sheet 2025. 2025b. Disponível em: https://lancetcountdown.org/wp-content/uploads/2025/10/Brazil_Lancet-Countdown_2025_Data-Sheet-2.pdf. Acesso em: 27 out. 2026.

THE LANCET COUNTDOWN. The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. 2025a. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12801031/. Acesso em: 27 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Climate change and health. Geneva: WHO, 2023. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health. Acesso em: 27 out. 2026.

---

[1] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Discente do Curso Superior de Medicina da Faculdade Morgana Potrich (FAMP) Campus Mineiros. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[4] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade de Rio Verde Campus Rio Verde. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[5] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[6] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[7] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[8] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[9] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[10] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[11] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul Campus Três Lagoas. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[12] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[13] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[14] Discente do Curso Superior de Medicina do Centro Universitário Atenas Campus Paracatu. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[15] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[16] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Estadual do Tocantins Campus Graciosa. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[17] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[18] Discente do Curso Superior de Medicina da Universidade Federal de Goiás Campus Colemar Natal e Silva. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[19] Discente do Curso Superior de Medicina da Zarns Campus Itumbiara. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[20] Discente do Curso Superior de Medicina da Faculdade Morgana Potrich (FAMP) Campus Mineiros. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail