

MUDANÇAS CLIMÁTICAS, EL NIÑO E DINÂMICA DA DENGUE NA AMÉRICA LATINA: UMA REVISÃO NARRATIVA

CLIMATE CHANGE, EL NIÑO, AND DENGUE DYNAMICS IN LATIN AMERICA:
A NARRATIVE REVIEW

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 28/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790546610](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790546610)

Daniele Melo Sardinha¹
Tacilane do Socorro Rocha de Almeida²
Margarete Carrera Bittencourt³
Maria Elizabete de Castro Rassy⁴
Lanna Silva Lacerda⁵
Jorgeane Pedrosa Pantoja⁶
Ana Lúcia da Silva Ferreira⁷
José Natanael Gama dos Santos⁸
Kelly Rose de Souza Cardoso Sampaio⁹
Camila Caldas Paixão¹⁰
Ana Karolina Oliveira dos Santos Aguiar¹¹
Alyne Talita Martires Cabral¹²
Margarete Feio Boulhosa¹³
Lidiane Assunção de Vasconcelos¹⁴
Simone Beverly Nascimento da Costa¹⁵

RESUMO

A América Latina apresenta elevada carga de dengue e acentuada vulnerabilidade às mudanças climáticas e ao El Niño-Oscilação Sul (ENSO). Esta revisão narrativa sintetizou as evidências sobre os efeitos das mudanças climáticas, do ENSO e das variáveis meteorológicas na ocorrência e distribuição da dengue e de *Aedes aegypti* na região. Foram pesquisadas as bases PubMed/MEDLINE, Biblioteca Virtual em Saúde e ScienceDirect até 24 de agosto de 2026. Dos 14 artigos avaliados em texto completo, 12 atenderam aos critérios de elegibilidade. O ENSO influenciou a periodicidade, a sincronização e a intensidade das epidemias, com efeitos defasados entre anomalias oceânicas e aumento dos casos. Temperatura e precipitação estiveram associadas à incidência e à infestação vetorial, porém com relações não lineares e dependentes do contexto. Anomalias térmicas prolongadas e projeções climáticas indicaram expansão da dengue e do vetor para áreas de maior altitude e latitude anteriormente menos adequadas. Urbanização, desigualdade, saneamento, armazenamento de água, mobilidade humana e circulação viral prévia modificaram os efeitos climáticos. Conclui-se que as mudanças climáticas e o ENSO estão alterando as condições temporais e geográficas da transmissão, mas seus efeitos são mediados por características ecológicas e socioambientais. Sistemas de alerta precoce devem integrar indicadores oceânicos, meteorológicos, epidemiológicos, entomológicos e de vulnerabilidade territorial.

Palavras-chave: Mudança climática; Dengue; El Niño-Oscilação Sul; *Aedes aegypti*; América Latina.

ABSTRACT

Latin America bears a high dengue burden and is markedly vulnerable to climate change and the El Niño-Southern Oscillation

(ENSO). This narrative review synthesized evidence on the effects of climate change, ENSO, and meteorological variables on the occurrence and distribution of dengue and *Aedes aegypti* in the region. PubMed/MEDLINE, the Virtual Health Library, and ScienceDirect were searched through August 24, 2026. Of 14 full-text articles assessed, 12 met the eligibility criteria. ENSO influenced epidemic periodicity, synchronization, and intensity, with delayed effects between oceanic anomalies and increases in cases. Temperature and precipitation were associated with dengue incidence and vector infestation, although relationships were nonlinear and context dependent. Prolonged thermal anomalies and climate projections indicated expansion of dengue and its vector into higher-altitude and higher-latitude areas that were previously less suitable. Urbanization, inequality, sanitation, water storage, human mobility, and previous viral circulation modified climatic effects. Climate change and ENSO are therefore altering the temporal and geographical conditions of dengue transmission, but their effects are mediated by ecological and socioenvironmental characteristics. Early warning systems should integrate oceanic, meteorological, epidemiological, entomological, and territorial vulnerability indicators.

Keywords: Climate change; Dengue; El Niño-Southern Oscillation; *Aedes aegypti*; Latin America.

1. INTRODUÇÃO

A dengue constitui uma das arboviroses de maior relevância para a saúde pública mundial, com ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais e expressiva ocorrência de infecções assintomáticas ou não diagnosticadas. Estimativas de modelagem indicaram aproximadamente 390 milhões de infecções pelo vírus da dengue

em 2010, das quais cerca de 96 milhões apresentaram manifestações clínicas (Bhatt et al., 2013). A análise do Global Burden of Disease também demonstrou aumento substancial da incidência e da carga da doença, com repercussões sobre mortalidade, incapacidade e demanda pelos serviços de saúde (Stanaway et al., 2016). Sua expansão resulta da interação entre circulação viral, crescimento populacional, urbanização, mobilidade humana, vulnerabilidade social e ampla distribuição de seus principais vetores, especialmente *Aedes aegypti*.

A transmissão da dengue é sensível às condições ambientais porque temperatura, precipitação e umidade influenciam a sobrevivência, a reprodução e a atividade hematofágica do vetor, além do período de incubação extrínseca do vírus. Modelos mecanísticos indicam que a transmissão por mosquitos do gênero *Aedes* pode ocorrer aproximadamente entre 18 °C e 34 °C, com maior adequabilidade entre 26 °C e 29 °C (Mordecai et al., 2017). Essa relação, contudo, é não linear: temperaturas moderadamente elevadas podem intensificar a capacidade vetorial, enquanto condições térmicas extremas podem reduzir a sobrevivência do mosquito. A precipitação também produz efeitos distintos, criando criadouros em períodos chuvosos ou estimulando o armazenamento doméstico de água durante secas.

As mudanças climáticas podem ampliar a duração das estações de transmissão e tornar áreas anteriormente limitadas por baixas temperaturas mais adequadas ao vetor e ao vírus. Projeções globais indicam expansão da população exposta à dengue ao longo do século XXI, embora a direção e a magnitude das mudanças variem conforme os cenários climáticos, demográficos e socioeconômicos (Messina et al., 2019). Paralelamente, a dispersão de *Aedes aegypti* e

Aedes albopictus é impulsionada não apenas pela adequabilidade climática, mas também pela urbanização, conectividade e mobilidade humana (Kraemer et al., 2019).

Na América Latina, essa interação assume particular importância devido à rápida urbanização, às desigualdades socioambientais, à precariedade do abastecimento de água e à recorrência de eventos hidrometeorológicos extremos. No Brasil, secas extremas foram associadas ao aumento tardio do risco de dengue, especialmente em áreas urbanizadas, enquanto precipitações intensas também elevaram o risco em determinados contextos (Lowe et al., 2021). Esses mecanismos podem ser intensificados pelo El Niño-Oscilação Sul, que modifica temperatura, precipitação e umidade por meio de teleconexões atmosféricas, produzindo efeitos distintos entre a Amazônia, o Nordeste, as regiões andinas e outras áreas latino-americanas.

Nas últimas décadas, a incidência de dengue nas Américas apresentou trajetória crescente e marcada por oscilações interanuais pronunciadas, com anos epidêmicos que superam em várias vezes a mediana histórica de casos. Essa variabilidade não se distribui de forma homogênea entre as sub-regiões latino-americanas: o Cone Sul, a Amazônia, os países andinos e o Caribe apresentam padrões distintos de sazonalidade, magnitude e recorrência de surtos, refletindo diferenças climáticas, ecológicas, demográficas e de infraestrutura sanitária. Enquanto regiões de clima quente e úmido ao longo de todo o ano, como parte da Amazônia, tendem a manter transmissão mais contínua, áreas subtropicais dependem mais fortemente da sazonalidade térmica e pluviométrica para sustentar ciclos epidêmicos, o que as torna potencialmente mais sensíveis a anomalias climáticas de curto prazo, como as associadas ao ENSO.

O El Niño-Oscilação Sul corresponde a um padrão de variabilidade climática interanual originado no Oceano Pacífico tropical, caracterizado pela alternância entre fases quentes (El Niño), frias (La Niña) e neutras, definidas com base em índices de anomalia da temperatura da superfície do mar nas regiões oceânicas conhecidas como Niño 1+2, 3, 3.4 e 4. Durante episódios de El Niño, o enfraquecimento dos ventos alísios permite o deslocamento de águas superficiais mais quentes em direção ao Pacífico central e oriental, alterando os padrões de convecção atmosférica e produzindo teleconexões que modificam temperatura e precipitação em regiões distantes do oceano Pacífico, entre elas partes da América do Sul, da América Central e do Caribe. Esses efeitos, contudo, não são uniformes: a depender da intensidade do evento e da região considerada, o El Niño pode estar associado tanto a anomalias de seca quanto de excesso de chuva, o que ajuda a explicar por que seus efeitos sobre a dengue variam entre a Amazônia, o Nordeste brasileiro, as regiões andinas e o Cone Sul. Eventos históricos de grande magnitude, como os registrados em 1982-1983, 1997-1998 e 2015-2016, foram acompanhados de alterações documentadas na incidência de diversas doenças infecciosas em múltiplas regiões tropicais, incluindo a dengue (Molleda; Velásquez Serra, 2024).

Esse fenômeno não é exclusivo da América Latina. Na Ásia, o episódio de El Niño de 1997-1998 esteve associado à sincronização regional de epidemias de dengue em oito países do Sudeste Asiático, evidenciando como anomalias térmicas amplas podem alinhar temporalmente ciclos epidêmicos historicamente dessincronizados entre si (Van Panhuis et al., 2015). Na África Subsaariana, projeções baseadas em modelos de adequabilidade térmica indicam que o aquecimento poderá reduzir a

adequabilidade climática para a transmissão da malária, ao mesmo tempo em que amplia as áreas favoráveis à circulação de *Aedes aegypti* e, conseqüentemente, o risco de dengue e de outras arboviroses, configurando uma possível transição epidemiológica de doenças vetoriais na região (Mordecai et al., 2020). Esses paralelos internacionais reforçam a plausibilidade biológica dos mecanismos discutidos nesta revisão e sugerem que os achados latino-americanos podem contribuir para uma compreensão mais ampla da interação entre clima e arboviroses em escala global.

Apesar da crescente produção científica, as evidências permanecem fragmentadas entre diferentes escalas geográficas, indicadores climáticos, períodos de defasagem e desfechos epidemiológicos ou entomológicos. Esta revisão narrativa teve como objetivo sintetizar as evidências sobre os efeitos das mudanças climáticas, do El Niño-Oscilação Sul e das variáveis meteorológicas na ocorrência, temporalidade e distribuição da dengue e de *Aedes aegypti* na América Latina, destacando suas implicações para a vigilância e os sistemas de alerta precoce.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, orientada pela seguinte pergunta: como as mudanças climáticas, o El Niño-Oscilação Sul e as variações de temperatura, precipitação e umidade influenciam a ocorrência, a distribuição e o risco de dengue na América Latina? Em razão da heterogeneidade dos delineamentos, exposições, escalas geográficas e desfechos, optou-se pela síntese narrativa, sem metanálise.

A busca bibliográfica foi conduzida nas bases PubMed/MEDLINE, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e ScienceDirect e atualizada até 24 de agosto de 2026. Foram utilizados os termos Dengue, El Niño-Southern Oscillation, ENSO, Climate Change, Amazon Region, Brazil, Vector-Borne Diseases e *Aedes aegypti*, combinados pelos operadores booleanos AND e OR. A estratégia conceitual foi: "Dengue" AND ("El Niño-Southern Oscillation" OR "ENSO" OR "Climate Change") AND ("Amazon Region" OR "Brazil" OR "Vector-Borne Diseases" OR "*Aedes aegypti*").

Foram elegíveis artigos originais ou revisões que investigassem ENSO/El Niño, mudanças climáticas, anomalias térmicas ou variáveis meteorológicas; apresentassem dengue como desfecho epidemiológico ou *Aedes aegypti* como indicador entomológico diretamente relacionado à transmissão; incluíssem população ou território da América Latina; e estivessem disponíveis em texto completo. Foram excluídos estudos sem recorte aplicável à América Latina, publicações cujo desfecho principal não fosse dengue ou seu vetor e textos sem resultados pertinentes à pergunta. Estudos com múltiplas doenças foram mantidos apenas quando apresentaram achados relacionados à dengue ou às arboviroses que a incluíssem.

O portfólio inicial foi constituído por 14 artigos em texto completo. Após a leitura integral, dois foram excluídos: uma revisão global sem delimitação para a América Latina e um estudo cujo desfecho principal foi exclusivamente Zika. Assim, 12 artigos compuseram a síntese. Foram extraídos autoria, ano, território, período, delineamento, exposição climática, desfecho, método analítico e principais resultados. Os desfechos entomológicos foram analisados separadamente dos casos ou da incidência de dengue. Os achados foram comparados quanto à direção, magnitude, temporalidade e

heterogeneidade das associações e organizados em categorias temáticas.

3. RESULTADOS

Foram incluídos 12 estudos publicados entre 2014 e 2026, abrangendo Brasil, Colômbia, Peru e análises continentais ou regionais. O Brasil concentrou a maior quantidade de evidências. Os desfechos mais frequentes foram incidência ou número de casos de dengue, seguidos por infestação ou adequabilidade ambiental para *Aedes aegypti*. As abordagens incluíram séries temporais, wavelets, regressão, análise espacial, modelos bayesianos, sensoriamento remoto, modelagem de nicho ecológico e aprendizado de máquina convencional e causal (Tabela 1).

Tabela 1. Características e principais resultados dos estudos incluídos

Autor e ano	Título	Principais resultados
Ferreira (2014)	<i>Geographical distribution of the association between El Niño South Oscillation and dengue fever in the Americas</i>	Quatro dos cinco anos com maior número de casos coincidiram com El Niño. O centro médio das epidemias deslocou-se em direção ao sul, com associações heterogêneas entre países.
Ogashawara et al. (2019)	<i>Spatial-temporal assessment of environmental factors related to dengue outbreaks in São Paulo, Brazil</i>	As anomalias da temperatura da superfície do mar correlacionaram-se com os casos ($r=0,50$), com defasagem de 29 semanas. A associação espacial com temperatura mínima foi fraca ($r=0,357$).

de Souza et al. (2021)	<i>Impact of climate change on human infectious diseases: dengue</i>	Em Campo Grande, aumento de 1 °C na temperatura mínima associou-se a cerca de 45% mais casos no mês seguinte; aumento de 10 mm na precipitação correspondeu a aproximadamente 6% mais casos.
Ferreira et al. (2022)	<i>Impacts of El Niño Southern Oscillation on the dengue transmission dynamics in Metropolitan Recife</i>	Ciclos epidêmicos de três-quatro anos encurtaram para dois-três anos. Epidemias coincidentes com El Niño apresentaram maior sincronização e propagação regional.
Barcellos et al. (2024)	<i>Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil</i>	Circulação viral prévia, urbanização e anomalias térmicas prolongadas associaram-se à expansão da dengue. Áreas elevadas antes menos adequadas passaram a registrar alta incidência.
Pirani et al. (2024)	<i>Effects of ENSO and seasonal weather conditions on Aedes aegypti infestation in São Paulo</i>	El Niño moderado ou forte associou-se ao aumento de 1,30 unidade no índice larvário. Foram observadas relações não lineares com temperatura e precipitação.
Gastelbondo -Pastrana et al. (2024)	<i>Climatic variables and their relationship with vector-borne disease cases in Colombia</i>	Dengue concentrou-se em determinados departamentos, mas temperatura e precipitação isoladas não explicaram sua distribuição, indicando influência de fatores territoriais.
Molleda; Velásquez Serra (2024)	<i>El Niño Southern Oscillation and the prevalence of</i>	Eventos fortes de ENSO associaram-se a alterações na ocorrência de doenças infecciosas. O episódio de 1997-

	<i>infectious diseases: review</i>	1998 teve impacto expressivo no Equador, incluindo aumento de dengue.
Vergara et al. (2025)	<i>Current and future spatial distribution of Aedes aegypti in Peru</i>	Alta adequabilidade foi estimada em 10,23% do território peruano. No cenário SSP2-4.5, a área altamente adequada poderá aumentar 4,47% até 2070.
Sá et al. (2026)	<i>Climate extremes, WASH deficits, and infectious diseases in the Brazilian Amazon</i>	O clima teve elevada contribuição preditiva para arboviroses, enquanto déficits de água, saneamento e higiene estruturaram a vulnerabilidade basal.
Gutiérrez et al. (2026)	<i>Effect of sea surface temperature in El Niño regions on dengue dynamics in Colombia</i>	Na região Niño 3, aumento de 1,24 °C elevou em 6,9 pontos percentuais a probabilidade de excesso de casos. Os efeitos variaram conforme a altitude.
Singh et al. (2026)	<i>Ecoregion-specific dengue risk prediction in Peru</i>	XGBoost apresentou $R^2=0,68$ nacional e $R^2=0,78$ em ecorregiões amazônicas/Yungas. A previsibilidade foi menor em áreas andinas elevadas e costeiras.

Fonte: elaboração própria, 2026.

3.1. ENSO e Reorganização Temporal das Epidemias

Os estudos demonstraram que o ENSO esteve relacionado à periodicidade, à sincronização e à intensidade das epidemias, embora a magnitude e a direção das associações variassem entre os territórios. Ferreira (2014) observou que quatro dos cinco anos com maior ocorrência de dengue entre 1995 e 2004 coincidiram com

atividade de El Niño, além de identificar deslocamento do centro médio ponderado das epidemias em direção ao sul.

Na Região Metropolitana do Recife, ciclos epidêmicos de três a quatro anos apresentaram encurtamento para dois a três anos. Quando as epidemias coincidiram com El Niño, houve maior sincronização e propagação entre os municípios (Ferreira et al., 2022). Em São Paulo, as anomalias da temperatura da superfície do mar apresentaram correlação de 0,50 com os casos e antecederam a resposta epidemiológica em aproximadamente 29 semanas (Ogashawara et al., 2019).

Na Colômbia, Gutiérrez et al. (2026) analisaram 455.329 casos confirmados em 1.044 municípios. O maior efeito médio foi observado na região Niño 3, na qual o aumento de um desvio-padrão da temperatura da superfície do mar, equivalente a 1,24 °C, elevou em 6,9 pontos percentuais a probabilidade de excesso de casos. Os efeitos variaram conforme a região oceânica e a altitude municipal. Molleda e Velásquez Serra (2024) também documentaram alterações na ocorrência de dengue durante eventos fortes de ENSO, com destaque para 1997-1998 no Equador.

A convergência entre esses achados, obtidos com delineamentos, países e janelas temporais distintos, é notável e sugere que o sinal do ENSO sobre a dengue latino-americana não decorre de particularidades metodológicas isoladas, mas de um mecanismo climático subjacente relativamente robusto. Ainda assim, a magnitude das defasagens variou consideravelmente entre os estudos, de poucas semanas em análises municipais de curto alcance geográfico a defasagens de vários meses em análises continentais, o que provavelmente reflete diferenças na velocidade

de propagação das teleconexões atmosféricas entre as sub-regiões e na capacidade dos sistemas locais de vigilância em captar precocemente o início da transmissão. Essa heterogeneidade temporal reforça que indicadores oceânicos, embora úteis, não substituem a necessidade de calibração local dos limiares de alerta em cada território.

3.2. Temperatura, Precipitação e Efeitos Defasados

As variáveis meteorológicas locais apresentaram associações relevantes, especialmente quando considerados efeitos defasados. Em Campo Grande, o aumento de 1 °C na temperatura mínima esteve associado a aproximadamente 45% mais casos no mês seguinte, enquanto o acréscimo de 10 mm na precipitação correspondeu a aumento de cerca de 6% (de Souza; Abreu; Oliveira-Júnior, 2021). Em São Paulo, a associação espacial entre temperatura mínima da superfície e dengue foi fraca, contrastando com a associação temporal observada para as anomalias oceânicas (Ogashawara et al., 2019).

Na Colômbia, temperatura e precipitação isoladas não apresentaram correlações significativas com os casos de dengue, apesar da concentração da doença em Valle del Cauca, Antioquia, Norte de Santander e Bolívar (Gastelbond-Pastrana et al., 2024). Na Amazônia brasileira, temperatura, umidade e precipitação defasadas contribuíram para os modelos de arboviroses, embora a dengue não tenha sido apresentada separadamente em todas as análises (Sá et al., 2026).

3.3. Expansão Geográfica e Evidências Entomológicas

Anomalias térmicas prolongadas, urbanização e circulação viral prévia associaram-se à expansão da dengue no Brasil. Áreas elevadas do Planalto Central e das regiões Sul e Sudeste, anteriormente consideradas barreiras térmicas, passaram a apresentar incidência elevada (Barcellos et al., 2024). No Peru, 10,23% do território apresentou alta adequabilidade para *Aedes aegypti* e 23,65% adequabilidade moderada; no cenário SSP2-4.5, a área altamente adequada poderá aumentar 4,47% até 2070 (Vergara et al., 2025).

Nos 645 municípios paulistas, eventos de El Niño moderados ou fortes estiveram associados ao aumento de 1,30 unidade no índice larvário de *Aedes aegypti*. A infestação apresentou relações não lineares com temperatura e precipitação (Pirani et al., 2024). No Peru, o desempenho preditivo do XGBoost foi superior em florestas úmidas amazônicas e Yungas de transição ($R^2=0,78$), mas reduzido em áreas andinas elevadas e determinadas zonas costeiras, indicando forte dependência da ecorregião (Singh; Fan; Chen, 2026).

Esses achados regionais são consistentes com projeções globais de expansão da população em risco de dengue ao longo do século XXI, que indicam ampliação da área climaticamente adequada para o vetor mesmo sob cenários moderados de mitigação das emissões (Messina et al., 2019). A convergência entre projeções globais e evidências regionais reforça que a expansão geográfica documentada nesta revisão não é um fenômeno isolado ou transitório, mas parte de uma tendência mais ampla de reconfiguração da distribuição de *Aedes aegypti* impulsionada tanto pelo aquecimento climático quanto pela urbanização e pela conectividade entre territórios (Kraemer et al., 2019). Para gestores de saúde pública em áreas de altitude intermediária, historicamente

consideradas de baixo risco, esses resultados sugerem a necessidade de antecipar a incorporação de vigilância entomológica e planejamento de resposta antes que a transmissão se estabeleça de forma sustentada.

3.4. Vulnerabilidade Socioambiental e Alerta Precoce

Renda, desigualdade, urbanização, densidade populacional, saneamento e mobilidade modificaram a distribuição do vetor e da dengue. Na Amazônia brasileira, déficits de água, saneamento e higiene estruturaram a vulnerabilidade basal, enquanto o clima modulou o risco ao longo do tempo (Sá et al., 2026). Em São Paulo, desigualdade e densidade contribuíram para a variabilidade espacial da infestação (Pirani et al., 2024).

Análises de wavelets, modelos bayesianos, sensoriamento remoto e aprendizado de máquina permitiram identificar defasagens, limiares climáticos e heterogeneidade territorial. O desempenho foi superior quando indicadores oceânicos e meteorológicos foram combinados com histórico epidemiológico, topografia e condições socioambientais. Entretanto, a variabilidade entre ecorregiões mostrou que modelos nacionais podem ocultar dinâmicas locais relevantes (Singh; Fan; Chen, 2026).

3.5. Síntese Descritiva do Corpus de Estudos

A caracterização conjunta dos doze estudos incluídos permite identificar padrões descritivos relevantes para a interpretação dos achados. Quanto à distribuição geográfica, seis estudos (50,0%) utilizaram exclusivamente dados do território brasileiro, dois (16,7%) do território colombiano e dois (16,7%) do território peruano, enquanto dois (16,7%) apresentaram escopo continental ou

multirregional. Quanto à distribuição temporal, oito dos doze estudos (66,7%) foram publicados entre 2024 e 2026, o que sugere intensificação recente do interesse científico pela interação entre ENSO, mudanças climáticas e dengue na região, possivelmente impulsionada pela maior disponibilidade de dados oceânicos e epidemiológicos de alta resolução e pelo aprimoramento de métodos analíticos como aprendizado de máquina causal e modelagem bayesiana espaço-temporal. Essa concentração recente de evidências, embora positiva para a atualidade da síntese, também implica menor tempo de validação externa dos achados mais recentes em comparação com estudos mais antigos, como os de Ferreira (2014) e Ogashawara et al. (2019).

Quanto à abordagem analítica, observou-se predomínio de métodos capazes de lidar com defasagens temporais e heterogeneidade espacial: cinco estudos empregaram séries temporais, wavelets ou modelos de defasagem distribuída; três utilizaram modelagem bayesiana espaço-temporal; dois aplicaram aprendizado de máquina, convencional ou causal; e dois recorreram a modelagem de nicho ecológico associada a sensoriamento remoto. Essa diversidade metodológica reflete a maturação progressiva do campo, que migrou de análises descritivas de correlação simples, características dos estudos mais antigos, para abordagens capazes de incorporar não linearidades, defasagens variáveis e múltiplas escalas geográficas simultaneamente, tendência que deve se intensificar nos próximos anos à medida que bases de dados climáticos e epidemiológicos de alta resolução se tornem mais acessíveis aos pesquisadores latino-americanos.

4. DISCUSSÃO

Esta revisão evidencia que o El Niño-Oscilação Sul e as mudanças climáticas influenciam a dinâmica da dengue na América Latina, modificando a temporalidade das epidemias, a adequabilidade ambiental para *Aedes aegypti* e a distribuição geográfica da transmissão. Entretanto, os efeitos não foram uniformes. Diferenças nas teleconexões climáticas, na altitude, na urbanização, no saneamento e na circulação viral prévia condicionaram a magnitude e, em alguns contextos, a direção das associações.

4.1. ENSO e a Reorganização Temporal das Epidemias

Os resultados mais consistentes relacionaram o ENSO à reorganização temporal das epidemias. A coincidência entre anos de El Niño e maior ocorrência de dengue, o encurtamento dos ciclos interepidêmicos no Recife e a defasagem de aproximadamente 29 semanas em São Paulo demonstram que indicadores oceânicos podem antecipar alterações epidemiológicas relevantes (Ferreira, 2014; Ogashawara et al., 2019; Ferreira et al., 2022). Na Colômbia, Gutiérrez et al. (2026) fortaleceram essa evidência ao estimar maior probabilidade de excesso de casos associada à temperatura da superfície do mar, embora com heterogeneidade segundo a altitude.

4.2. Mecanismos Climáticos e Efeitos Defasados da Temperatura e da Precipitação

A associação entre clima e dinâmica da dengue é mediada por processos biológicos bem descritos na literatura entomológica e virológica. A temperatura influencia simultaneamente a taxa de desenvolvimento larvário, a longevidade do mosquito adulto, a frequência de repastos sanguíneos e a duração do período de

incubação extrínseca do vírus dentro do vetor, isto é, o intervalo necessário para que o vírus ingerido no sangue se torne transmissível pela saliva do mosquito em uma nova picada. Modelos mecanísticos indicam que essa relação segue padrão não linear em forma de sino, com adequabilidade máxima para a transmissão situada entre aproximadamente 26 °C e 29 °C e declínio da capacidade vetorial tanto em temperaturas mais baixas quanto em condições de calor extremo, que podem comprometer a sobrevivência do vetor apesar de acelerar o desenvolvimento larvário (Mordecai et al., 2017). Esse comportamento ajuda a explicar por que o aumento da temperatura média nem sempre se traduz em aumento proporcional da transmissão, e por que os efeitos observados nos estudos desta revisão variaram conforme a faixa térmica basal de cada território.

Temperatura e precipitação atuaram por mecanismos complexos e defasados. Temperaturas mais elevadas podem favorecer o desenvolvimento vetorial e reduzir o período de incubação extrínseca, enquanto a chuva amplia criadouros e a seca pode estimular o armazenamento doméstico de água. Isso ajuda a explicar por que aumentos de temperatura e precipitação precederam os casos em Campo Grande, mas não explicaram isoladamente a distribuição da dengue na Colômbia (de Souza; Abreu; Oliveira-Júnior, 2021; Gastelbondo-Pastrana et al., 2024). Relações identificadas em uma localidade, portanto, não devem ser automaticamente transferidas para outros territórios.

4.3. A Dengue Latino-Americana em Perspectiva Comparada com Outras Regiões Tropicais

A reorganização temporal de epidemias associada ao ENSO não constitui fenômeno exclusivamente latino-americano. No Sudeste Asiático, a análise de dezoito anos de dados de vigilância de oito países revelou forte sincronização regional das epidemias de dengue durante o episódio de El Niño de 1997-1998, o mais intenso do século XX, além de ondas epidêmicas multianuais dependentes da temperatura em países como Tailândia, Laos e Filipinas (Van Panhuis et al., 2015). Revisão sistemática mais recente sobre a região reforçou que temperatura e precipitação permanecem os principais determinantes climáticos da incidência de dengue, com relações predominantemente positivas, embora heterogêneas entre os dezoito estudos analisados (Sutriyawan et al., 2026). Essa convergência de achados entre a América Latina e o Sudeste Asiático sugere que os mecanismos biológicos de resposta do vetor e do vírus ao clima operam de forma relativamente consistente entre continentes, mesmo diante de diferenças socioeconômicas, culturais e de infraestrutura entre as regiões.

Na África Subsaariana, onde a circulação de dengue é historicamente subnotificada e frequentemente confundida com a malária, projeções baseadas em modelos de adequabilidade térmica indicam trajetória divergente entre as duas doenças: enquanto o aquecimento tende a reduzir a adequabilidade climática para a transmissão da malária em partes do continente, a mesma tendência amplia as áreas favoráveis à circulação de *Aedes aegypti* e, conseqüentemente, o risco de dengue e de outras arboviroses transmitidas pelo mesmo vetor (Mordecai et al., 2020). Essa transição epidemiológica projetada para a África ilustra como o aquecimento global pode reconfigurar de forma diferenciada a distribuição de diferentes doenças vetoriais, mesmo dentro de um mesmo território, reforçando a necessidade de sistemas de vigilância sensíveis a

múltiplas arboviroses e não apenas à dengue isoladamente. Em conjunto, as evidências da América Latina, do Sudeste Asiático e da África Subsaariana indicam que o binômio clima-dengue, embora modulado de forma distinta entre continentes, compartilha mecanismos biológicos fundamentais, o que reforça a plausibilidade dos achados regionais sintetizados nesta revisão e sua relevância para o debate global sobre mudanças climáticas e doenças transmitidas por vetores.

4.4. Expansão Geográfica e Adequabilidade Ambiental para *Aedes Aegypti*

Outro achado relevante foi a expansão para áreas anteriormente limitadas pela altitude ou por temperaturas menos favoráveis. No Brasil, anomalias térmicas prolongadas contribuíram para a transmissão em áreas elevadas (Barcellos et al., 2024). No Peru, as projeções indicaram expansão futura das áreas adequadas ao vetor, embora a altitude permaneça um condicionante importante (Vergara et al., 2025). O aquecimento pode, assim, ampliar janelas sazonais e territoriais de adequabilidade sem eliminar imediatamente as barreiras geográficas.

4.5. Vulnerabilidade Socioambiental, Equidade e Mobilidade

As evidências também demonstram que o clima não atua isoladamente. Urbanização, desigualdade, deficiências no abastecimento de água e saneamento, densidade e mobilidade modificaram o risco de infestação e adoecimento. Na Amazônia, as condições estruturais determinaram a vulnerabilidade basal, enquanto a variabilidade climática modulou o risco (Sá et al., 2026). O clima deve, portanto, ser compreendido como amplificador de

vulnerabilidades socioambientais preexistentes, e não como determinante independente das epidemias.

Esse padrão é compatível com a literatura internacional sobre justiça climática em saúde, que descreve a dengue como uma doença cujo ônus recai desproporcionalmente sobre populações urbanas pobres, em razão de maior exposição ambiental a criadouros, acesso mais limitado a serviços de saúde e menor capacidade de resposta institucional (Chang et al., 2014). Estudo colombiano que construiu um índice multidimensional de vulnerabilidade, combinando indicadores climáticos, cobertura de serviços básicos, desempenho municipal e transparência da gestão social em 1.099 municípios entre 2015 e 2020, corrobora essa perspectiva ao demonstrar que os municípios com maior vulnerabilidade combinada, concentrados nas regiões amazônica, pacífica e caribenha do país, também registraram maior número de casos de dengue (Moreno-López; Pérez-Herrera; Peñaranda, 2025).

Esse achado é coerente com a concentração geográfica observada por Gastelbondo-Pastrana et al. (2024) em determinados departamentos colombianos e sugere que indicadores de vulnerabilidade social e institucional podem complementar, e em alguns contextos superar, variáveis puramente climáticas na explicação da distribuição espacial da dengue. Mobilidade humana, urbanização não planejada e padrões de armazenamento doméstico de água, por sua vez, modificam a exposição individual e coletiva ao vetor de forma que frequentemente escapa aos modelos baseados exclusivamente em temperatura e precipitação, reforçando a necessidade de abordagens multidimensionais na avaliação de risco.

Também merece destaque o papel da imunidade populacional prévia como mediador do efeito climático. A circulação sequencial de diferentes sorotipos do vírus da dengue modula a susceptibilidade coletiva ao longo do tempo, de modo que uma mesma anomalia térmica ou pluviométrica pode produzir respostas epidemiológicas distintas conforme o perfil sorotípico circulante e o tempo decorrido desde a última grande epidemia em determinado território, como sugerido pela associação entre circulação viral prévia e expansão da dengue identificada por Barcellos et al. (2024). Essa interação entre clima, imunidade de rebanho e circulação viral acrescenta uma camada adicional de complexidade à previsão de surtos, uma vez que dois municípios com condições climáticas similares podem apresentar trajetórias epidêmicas distintas em função de sua história epidemiológica recente, o que reforça a importância de modelos que combinem indicadores climáticos com dados históricos de incidência e, quando disponíveis, informações sorológicas ou de vigilância genômica do vírus circulante.

4.6. Implicações para a Vigilância e Sistemas de Alerta Precoce

Os achados possuem implicações diretas para a vigilância. Indicadores das regiões Niño, anomalias oceânicas e variáveis meteorológicas defasadas podem ampliar a antecedência dos alertas, permitindo intensificar o controle vetorial e organizar os serviços antes dos períodos de maior risco. Contudo, a variação do desempenho entre ecorregiões demonstra que sistemas baseados em médias nacionais podem ocultar dinâmicas locais (Singh; Fan; Chen, 2026). Modelos operacionais devem integrar clima, histórico epidemiológico, circulação viral, indicadores entomológicos e vulnerabilidade social e ser validados em cada território.

Experiências internacionais de operacionalização de sistemas de alerta precoce ilustram a viabilidade dessa abordagem. O Early Warning and Response System (EWARS), desenvolvido pelo Programa Especial de Pesquisa e Treinamento em Doenças Tropicais da Organização Mundial da Saúde, integra dados históricos de vigilância epidemiológica a variáveis meteorológicas para prever surtos de dengue com semanas de antecedência e encontra-se em fase de implementação nacional no México desde 2012, com expansão progressiva para outros países endêmicos (Sanchez Tejeda et al., 2023). A experiência mexicana evidencia, contudo, que a integração de indicadores climáticos aos sistemas de vigilância não é trivial: requer capacidade técnica para calibração local dos modelos, articulação intersetorial entre serviços meteorológicos e de saúde, e sustentabilidade institucional ao longo do tempo.

A variabilidade de desempenho preditivo entre ecorregiões observada no Peru (Singh; Fan; Chen, 2026) reforça que sistemas baseados em parâmetros nacionais médios podem ocultar dinâmicas locais relevantes, de modo que modelos operacionais devem ser validados e ajustados em cada território antes de sua adoção rotineira. Para a região amazônica brasileira, onde há elevada heterogeneidade climática e desigual cobertura de infraestrutura sanitária, essa validação local assume importância particular, sobretudo diante da diversidade de biomas, padrões de ocupação urbana e capacidades de vigilância entomológica entre os municípios.

No contexto brasileiro, a integração de indicadores climáticos e oceânicos aos instrumentos já consolidados de vigilância entomológica, como o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAa) e demais indicadores utilizados pelo Sistema Único

de Saúde, representa caminho factível para operacionalizar sistemas de alerta precoce sem exigir a criação de estruturas paralelas às já existentes. A incorporação de defasagens climáticas aos calendários de intensificação do controle vetorial, articulada entre vigilância em saúde, meteorologia e gestão municipal, poderia ampliar a antecedência das respostas em estados amazônicos, nos quais a heterogeneidade territorial e as desigualdades de acesso a saneamento tornam a antecipação do risco particularmente relevante para a organização dos serviços de atenção primária e de vigilância epidemiológica.

4.7. Limitações e Agenda de Pesquisa Futura

Esta revisão apresenta limitações. A natureza narrativa e a heterogeneidade dos períodos, escalas, exposições e métodos impediram estimativas quantitativas combinadas. Parte dos estudos avaliou infestação ou adequabilidade do vetor, que não equivalem diretamente à incidência. Predominaram delineamentos ecológicos e observacionais, sujeitos a confundimento residual, falácia ecológica e diferenças na qualidade da vigilância. A concentração de pesquisas no Brasil, na Colômbia e no Peru, além do uso de descritores geográficos centrados em Brasil e Amazônia, também restringe a generalização para toda a América Latina.

A partir dessas lacunas, delineiam-se prioridades para investigações futuras. Estudos multinacionais com protocolos padronizados de coleta e análise, que permitam comparação direta entre países e sub-regiões da América Latina, são necessários para diferenciar efeitos climáticos genuínos de artefatos metodológicos relacionados a diferenças na qualidade da vigilância. A incorporação de dados entomológicos moleculares, como a densidade de fêmeas

infectadas e a diversidade de sorotipos circulantes, poderia refinar a compreensão dos mecanismos pelos quais anomalias climáticas se traduzem em risco de transmissão. Adicionalmente, a validação prospectiva de sistemas de alerta precoce baseados em indicadores climáticos e oceânicos, em parceria com serviços estaduais e municipais de vigilância epidemiológica, representa etapa necessária para transformar as associações estatísticas identificadas nesta revisão em ferramentas operacionais de gestão do risco em saúde pública na região amazônica e em outras áreas da América Latina.

Apesar dessas limitações, as evidências convergem ao indicar que ENSO e aquecimento climático estão alterando as condições temporais e espaciais da transmissão. A resposta deve combinar vigilância climática e epidemiológica com investimentos em abastecimento de água, saneamento, urbanização e redução das desigualdades. Estudos multinacionais, com métodos padronizados e validação externa, são necessários para transformar associações climáticas em alertas confiáveis e ações efetivas de adaptação em saúde pública.

5. CONCLUSÃO

As mudanças climáticas e o El Niño-Oscilação Sul estão modificando a temporalidade, a intensidade e a distribuição geográfica da dengue na América Latina. Anomalias oceânicas, elevação da temperatura, alterações na precipitação e efeitos meteorológicos defasados associam-se a epidemias, excesso de casos e maior adequabilidade para *Aedes aegypti*, além do encurtamento de ciclos interepidêmicos e da expansão para áreas anteriormente menos favoráveis.

Esses efeitos são mediados por urbanização, desigualdade, saneamento, armazenamento de água, mobilidade e circulação viral prévia. Estratégias de adaptação devem integrar vigilância climática e epidemiológica, controle vetorial e redução das vulnerabilidades estruturais. Indicadores do ENSO e variáveis meteorológicas defasadas podem fortalecer sistemas de alerta precoce, desde que os modelos sejam calibrados e validados localmente.

Essas conclusões dialogam com evidências de outras regiões tropicais, como o Sudeste Asiático e a África Subsaariana, o que reforça a plausibilidade biológica dos mecanismos discutidos e situa a experiência latino-americana em um debate global sobre clima e doenças transmitidas por vetores. Experiências internacionais de sistemas operacionais de alerta precoce, como o EWARS, demonstram que a transição de associações estatísticas para ferramentas de gestão do risco é viável, desde que sustentada por capacidade técnica local, articulação intersetorial e investimento contínuo em saneamento, urbanização planejada e redução das desigualdades sociais. Para a região amazônica e para outras áreas da América Latina marcadas por elevada vulnerabilidade socioambiental, a integração entre vigilância climática, epidemiológica e entomológica constitui, portanto, elemento central de qualquer estratégia de adaptação em saúde pública diante das mudanças climáticas em curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, Christovam; MATOS, Vanderlei; LANA, Raquel Martins; LOWE, Rachel. Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. ***Scientific Reports***, [S. l.], v. 14, art.

5948, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-56044-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56044-y>. Acesso em: 17 set. 2026.

BHATT, Samir et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, London, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013. DOI: 10.1038/nature12060. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature12060>. Acesso em: 17 set. 2026.

CHANG, Aileen Y.; FULLER, Douglas O.; CARRASQUILLO, Olveen; BEIER, John C. Social justice, climate change, and dengue. **Health and Human Rights**, Boston, v. 16, n. 1, p. 93-104, 2014. Disponível em: <https://www.hhrjournal.org/2014/07/social-justice-climate-change-and-dengue/>. Acesso em: 17 set. 2026.

DE SOUZA, Amaury; ABREU, Marcel Carvalho; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco. Impact of climate change on human infectious diseases: dengue. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 64, e21190502, 2021. DOI: 10.1590/1678-4324-2021190502. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021190502>. Acesso em: 17 set. 2026.

FERREIRA, Henrique dos Santos et al. Impacts of El Niño Southern Oscillation on the dengue transmission dynamics in the Metropolitan Region of Recife, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 55, e0671-2021, 2022. DOI: 10.1590/0037-8682-0671-2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0671-2021>. Acesso em: 17 set. 2026.

FERREIRA, Marcos César. Geographical distribution of the association between El Niño South Oscillation and dengue fever in the Americas: a continental analysis using geographical information

system-based techniques. **Geospatial Health**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 141-151, 2014.

GASTELBONDO-PASTRANA, Bertha et al. Climatic variables and their relationship with vector-borne disease cases in Colombia, 2011-2021. **Frontiers in Tropical Diseases**, [S. l.], v. 5, art. 1481991, 2024. DOI: 10.3389/fitd.2024.1481991. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fitd.2024.1481991>. Acesso em: 17 set. 2026.

GUTIÉRREZ, Juan David; TAPIAS-RIVERA, Johanna; HIJUELOS-CÁRDENAS, Martha Liliana; MONTAÑO-VILLALBA, Ludivia Esther. Effect of sea surface temperature in El Niño regions on dengue dynamics in Colombia: evidence from causal machine learning. **PLOS Global Public Health**, San Francisco, v. 6, n. 1, e0005796, 2026. DOI: 10.1371/journal.pgph.0005796. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0005796>. Acesso em: 17 set. 2026.

KRAEMER, Moritz U. G. et al. Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. **Nature Microbiology**, London, v. 4, n. 5, p. 854-863, 2019. DOI: 10.1038/s41564-019-0376-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0376-y>. Acesso em: 17 set. 2026.

LOWE, Rachel et al. Combined effects of hydrometeorological hazards and urbanisation on dengue risk in Brazil: a spatiotemporal modelling study. **The Lancet Planetary Health**, London, v. 5, n. 4, p. e209-e219, 2021. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30292-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30292-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30292-8). Acesso em: 17 set. 2026.

MESSINA, Jane P. et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue. **Nature Microbiology**, London, v. 4,

n. 9, p. 1508-1515, 2019. DOI: 10.1038/s41564-019-0476-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0476-8>. Acesso em: 17 set. 2026.

MOLLEDA, Patricia; VELÁSQUEZ SERRA, Glenda. El Niño Southern Oscillation and the prevalence of infectious diseases: review. **La Granja: Revista de Ciencias de la Vida**, Quito, v. 40, n. 2, p. 9-36, 2024. DOI: 10.17163/lgr.n40.2024.01. Disponível em: <https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.01>. Acesso em: 17 set. 2026.

MORDECAI, Erin A. et al. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 11, n. 4, e0005568, 2017. DOI: 10.1371/journal.pntd.0005568. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568>. Acesso em: 17 set. 2026.

MORDECAI, Erin A.; RYAN, Sadie J.; CALDWELL, Jamie M.; SHAH, Melisa M.; LABEAUD, A. Desiree. Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa. **The Lancet Planetary Health**, London, v. 4, n. 9, p. e416-e423, 2020. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30178-9. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30178-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30178-9). Acesso em: 17 set. 2026.

MORENO-LÓPEZ, Sergio; PÉREZ-HERRERA, Lucia C.; PEÑARANDA, Augusto. Designing a multidimensional vulnerability index for supervising dengue cases from 2015 to 2020 in a low/middle-income country: a spatial principal component analysis. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 19, n. 10, e0013556, 2025. DOI: 10.1371/journal.pntd.0013556. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0013556>. Acesso em: 17 set. 2026.

OGASHAWARA, Igor; LI, Lin; MORENO-MADRIÑÁN, Max J. Spatial-temporal assessment of environmental factors related to dengue

outbreaks in São Paulo, Brazil. **GeoHealth**, Washington, DC, v. 3, p. 202-217, 2019. DOI: 10.1029/2019GH000186. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2019GH000186>. Acesso em: 17 set. 2026.

PIRANI, Monica et al. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and seasonal weather conditions on *Aedes aegypti* infestation in the State of São Paulo, Brazil: a Bayesian spatio-temporal study. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 18, n. 9, e0012397, 2024. DOI: 10.1371/journal.pntd.0012397. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012397>. Acesso em: 17 set. 2026.

SÁ, Ana Karoline Duarte dos Santos et al. Climate extremes, WASH deficits, and infectious diseases in the Brazilian Amazon: insights from explainable machine learning (2010-2022). **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 1047, art. 181962, 2026. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2026.181962. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2026.181962>. Acesso em: 17 set. 2026.

SANCHEZ TEJEDA, Gustavo; BENITEZ VALLADARES, David; CORREA MORALES, Fabian; TOLEDO CISNEROS, Jacqueline; ESPINOZA TAMARINDO, Brisia E.; HUSSAIN-ALKHATEEB, Laith; MERLE, Corinne S.; KROEGER, Axel. Early warning and response system for dengue outbreaks: moving from research to operational implementation in Mexico. **PLOS Global Public Health**, San Francisco, v. 3, n. 9, e0001691, 2023. DOI: 10.1371/journal.pgph.0001691. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001691>. Acesso em: 17 set. 2026.

SINGH, Shubham K.; FAN, Peilei; CHEN, Jiquan. Ecoregion-specific dengue risk prediction in Peru using remote sensing, machine learning, and spatiotemporal modeling. **Science of Remote Sensing**, Amsterdam, v. 14, art. 100490, 2026. DOI:

10.1016/j.srs.2026.100490. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.srs.2026.100490>. Acesso em: 17 set. 2026.

STANAWAY, Jeffrey D. et al. The global burden of dengue: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2013. ***The Lancet Infectious Diseases***, London, v. 16, n. 6, p. 712-723, 2016. DOI: 10.1016/S1473-3099(16)00026-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)00026-8). Acesso em: 17 set. 2026.

SUTRIYAWAN, Agung; RAHARDJO, Mursid; MARTINI, Martini; SUTININGSIH, Dwi; AKBAR, Hairil; SARI, Dewi Nurlaela; MURTIANI, Farida; SURYAWATI, Chriswardani. Impact of climate change on dengue incidence: a systematic review of evidence from Southeast Asia. ***Journal of Population and Social Studies***, Bangkok, v. 34, p. 551-572, 2026. DOI: 10.25133/JPSSv342026.028. Disponível em: <https://doi.org/10.25133/JPSSv342026.028>. Acesso em: 17 set. 2026.

VAN PANHUIS, Willem G. et al. Region-wide synchrony and traveling waves of dengue across eight countries in Southeast Asia. ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, Washington, DC, v. 112, n. 42, p. 13069-13074, 2015. DOI: 10.1073/pnas.1501375112. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1501375112>. Acesso em: 17 set. 2026.

VERGARA, Alex J. et al. Current and future spatial distribution of *Aedes aegypti* in Peru based on topoclimatic analysis and climate change scenarios. ***Insects***, Basel, v. 16, n. 5, art. 487, 2025. DOI: 10.3390/insects16050487. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects16050487>. Acesso em: 17 set. 2026.

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia,
Universidade do Estado do Pará e Instituto Evandro Chagas
(PPGBPA/UEPA/IEC). Belém, Pará, Brasil.

² Secretaria de Estado de Saúde do Amapá – Hospital Maternidade
da Mulher Mãe Luiza

³ Docente da Escola de Enfermagem Magalhães Barata, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade do Estado do Pará
(EEMB/CCBS/UEPA). Belém, Pará, Brasil.

⁴ Docente da Escola de Enfermagem Magalhães Barata, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade do Estado do Pará
(EEMB/CCBS/UEPA). Belém, Pará, Brasil.

⁵ Programa de Pós-Graduação Criatividade e Inovação em
Metodologias de Ensino Superior, Universidade Federal do Pará
(PPGCIMES/UFPa). Belém, Pará, Brasil.

⁶ Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Sociedade na
Amazônia, Universidade Federal do Pará (PPGSAS/UFPa). Belém,
Pará, Brasil.

⁷ Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia,
Universidade do Estado do Pará e Instituto Evandro Chagas
(PPGBPA/UEPA/IEC). Belém, Pará, Brasil.

⁸ Graduação em Medicina, Universidade Federal do Pará (UFPa),
Pós-Graduação em Psiquiatria, Faculdade Unyleya. Belém, Pará,
Brasil.

⁹ Universidade da Amazônia (Unama). Belém, Pará, Brasil

¹⁰ Universidade da Amazônia (Unama). Belém, Pará, Brasil

¹¹ Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade do Estado do Pará associado a Universidade Federal do Pará (PPGENF/UEPA/UFAM). Belém, Pará, Brasil.

¹² Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia e Vigilância em Saúde, Instituto Evandro Chagas (PPGEVS/IEC). Ananindeua, Pará, Brasil.

¹³ Docente da Escola de Enfermagem Magalhães Barata, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade do Estado do Pará (EEMB/CCBS/UEPA). Belém, Pará, Brasil.

¹⁴ Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia, Universidade do Estado do Pará e Instituto Evandro Chagas (PPGBPA/UEPA/IEC). Belém, Pará, Brasil.

¹⁵ Docente da Escola de Enfermagem Magalhães Barata, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade do Estado do Pará (EEMB/CCBS/UEPA). Belém, Pará, Brasil.