



## Flutuação climática na cidade do Recife (Pernambuco) e a ocorrência da dengue entre 2020 a 2024

João Victor Da Cunha Silva<sup>1</sup>, Kalynne Mourielle Rolim Aragão<sup>1</sup>, Luana Ewelyn Lopes Barbosa<sup>1</sup>, Deloar Duda de Oliveira<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA), Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Meio Ambiente, Professora do Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA). (Autora de correspondência: Deloar Duda de Oliveira — deloar.duda@grupounibra.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: 14/04/2026 – Revisado em: 20/05/2026 – Aceito em: 30/05/2026

### RESUMO

A crise climática e a má gestão de resíduos impactam as arboviroses. A principal problemática são as ações antrópicas que influenciam diretamente nas questões ambientais através do desmatamento e do crescimento populacional causando as elevações de temperaturas e dos índices de precipitações e umidade, todos esses fatores contribuem para proliferação dos vetores. É possível observar que mesmo diante das epidemias de arboviroses durante as últimas décadas a população e os governantes não buscam exercer o controle biológico dos vetores adequadamente e nem as medidas preventivas. Além disso, o crescimento populacional e dos centros urbanos geram a superexploração dos recursos diminuindo a cobertura verde e influenciando as variações de temperatura tendo em vista que, os surtos tendem a ocorrer em regiões de alta densidade populacional e calor, logo o objetivo da pesquisa é entender como as flutuações climáticas podem interferir no aumento dos casos de dengue, além de destacar a importância do monitoramento. Neste trabalho, fez-se o uso de dados meteorológicos retirados do Weather Underground e APAC, além de informações relevantes do Ministério da Saúde. Destacaram-se como principais resultados, que a temperatura na cidade do Recife entre o período estabelecido do estudo era ideal para a sobrevivência do *Aedes*, os índices pluviométricos contribuem para a formação de criadouros e a elevação da umidade protege o sistema respiratório do mosquito contribuindo assim com a sua proliferação. Em suma, faz-se necessário o monitoramento epidemiológico constante em conjunto com medidas eficazes que visem o controle biológico com intuito de mitigar futuras epidemias.

**Palavras-Chaves:** Dengue; Arboviroses; Temperatura; Precipitações; *Aedes aegypti*.

## Climate variability in Recife (Brazil) and dengue incidence between 2020–2024

### ABSTRACT

The climate crisis and poor waste management directly impact the increase in arboviruses. Anthropogenic actions, such as deforestation and unregulated population growth, influence environmental issues by causing temperature increases, higher humidity levels, and elevated precipitation rates. These factors create ideal conditions for the proliferation of vectors, such as *Aedes aegypti*. It is evident that, despite recurring arbovirus epidemics over the past decades, both the population and governments have neglected preventive measures and adequate biological control of these vectors. Moreover, unregulated urban growth and the overexploitation of natural resources reduce green coverage, further increasing urban temperatures. These outbreaks tend to occur in densely populated and warm areas, highlighting the need to understand how climatic variations influence the rise in dengue cases. This study aims to analyze how climate fluctuations interfere with the increase in dengue cases and to emphasize the importance of continuous monitoring. To achieve these objectives, meteorological data from Weather Underground and APAC, as well as relevant information from the Ministry of Health, were utilized. The main results indicate that, during the study period in the city of Recife, temperatures were ideal for the survival of *Aedes aegypti*. Rainfall levels contributed to the formation of breeding sites, and high humidity levels protected the mosquito's respiratory system, thereby enhancing its proliferation. In conclusion, it is essential to implement continuous epidemiological monitoring combined with effective biological control measures to mitigate future epidemics. The integration of environmental, sanitary, and climatic strategies can significantly reduce the impact of arboviruses in the context of the climate crisis.

**Keywords:** Dengue; Arboviruses; Temperature; Precipitation; *Aedes aegypti*

Silva, J. V. da C., Aragão, K. M. R., Barbosa, L. E. L., & Oliveira, D. D. de. (2026). Flutuação climática na cidade do Recife-PE, Brasil e a ocorrência da dengue entre 2020 a 2024. *Meio Ambiente (Brasil)*, 8(2), 154–168.



## 1. Introdução

O aquecimento global é um fator norteador que contribui para a ascensão dos arbovírus, já que o ambiente quente exerce funções essenciais para dispersão dos vetores, além de regular o tempo de incubação das larvas. A incidência constante de precipitações aumenta os locais de desova dos insetos que por sua vez, eleva a população dos mosquitos, ademais é necessário levar em consideração o contexto sócio ecológico daquela região (Lowe *et al.*, 2018; Robert, Stewart-Ibarra & Estallo, 2020; Rueda *et al.*, 1990). Estima-se que cerca de 80% dos patógenos humanos dependem de fatores ambientais, como clima, vetores ou reservatórios animais. Além disso, essas doenças representam aproximadamente 40% da carga global de doenças infecciosas (Tilly, Rao & Lowe, 2025). Os arbovírus (*Arthropod-borne virus*) cujo ciclo de transmissão envolve a picada de artrópodes hematófagos, como os insetos e os aracnídeos (carrapatos e aranhas) são representados pela nomenclatura arboviroses no qual abrange dezenas de enfermidades geneticamente distintas (Lopes, Nozawa & Linhares, 2014). As variáveis relacionadas às mutações diversas dos vírus possibilitaram o aparecimento da dengue, zika e chikungunya (Huang, Higgs & Vanlandingham, 2019).

À medida que a crise climática se intensifica, as doenças propaladas pelos mosquitos *Aedes*, *Culex*, *Anopheles* e *Culicoides* tendem a se expandir, impactando significativamente a saúde humana. Muitos fatores estão associados ao aumento das epidemias, como a mudança da distribuição dos vetores (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*), as consequências do El Niño como o aumento de temperatura, precipitação e umidade, assim como a fragilidade do sistema de saúde durante a pandemia do COVID-19 e a instabilidade financeira e política dos países enfrentando crises humanitárias complexas. Em 2023 a dengue alcançou mais de 5 milhões de casos e mais de 5.000 mortes em 80 países, 4.1 milhões desses casos foram reportados na América (WHO, 2023).

O mosquito *Aedes aegypti*, vetor de arboviroses como a dengue, chikungunya, zika e febre amarela, foi introduzido na América no início do século XIX e os primeiros relatos da dengue surgiram no final deste mesmo século. Na época, a principal preocupação era com a febre amarela, medidas de controle erradicaram o mosquito no Brasil em 1955, mas o afrouxamento de tais medidas levou a sua reintrodução no território brasileiro. Em 1908, Antônio Gonçalves Peryassú descreveu em sua monografia uma série de mosquitos da família *Culicidae*, durante anos fez experimentos com *Aedes aegypti* e dentre as descobertas que fez se destaca a relação do mosquito com a temperatura e a densidade populacional (Powell & Tabachnick, 2013; Lourenço-de-Oliveira & Lourenço, 2022).

O ciclo de vida do *Aedes Aegypti* é composto por quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são depositados acima do nível da água e podem sobreviver até 450 dias em ambientes secos, após a deposição (por ser resistente aos fatores climáticos). Na etapa larval, os indivíduos se alimentam e crescem, mas esse período pode oscilar de acordo com a temperatura, disponibilidade de alimentos e densidade larval no recipiente, podendo durar de 7 a 14 dias, já na fase de pupa (período de transição do meio aquático para o meio terrestre), ela não se alimenta e permanece na superfície da água, que facilita o surgimento do inseto adulto, variando de 2 a 3 dias caso não ocorram interferências ambientais. Quanto ao estágio adulto após emergir da casca da pupa, o mosquito descansa na parede do recipiente por algumas horas até que o exoesqueleto e as asas endureçam, onde no ato da emersão alguns morrem, outros possuem minutos de vida e os demais sobrevivem, o seu acasalamento é influenciado por características sensoriais como o enxameamento (desencadeado por odores – feromônios de agregação), os hidrocarbonetos cuticulares e os sinais acústicos (atração de parceiros – comunicação sexual/cortejo), além dos componentes ambientais como temperatura, precipitação e umidade que agem de maneira direta ou indireta no ciclo do vetor (Fiocruz, 2016; Aldama, García & Esquivel, 2022; Triana & Melo, 2024; Nelson, 1986).

A hematofagia da fêmea fertilizada do *Aedes* é essencial para gerar seus ovos, pois ao alimentar-se o metabolismo do mosquito começa a desempenhar suas atividades. A transmissão da doença é dada através da picada do espécime infectado, mas a infecção do *Aedes aegypti* pelo patógeno ocorre pois há interações entre as suas proteínas no qual permite com que o vírus entre nas células do vetor agindo como chave e fechadura.

Vale frisar que o sangue é armazenado na região do intestino médio no inseto, onde após os processos digestivos o mesmo é digerido e as partículas geradas após essa etapa infectam as células daquele tecido. Gradativamente ocorre a replicação viral até atingir a circulação (hemolinfa), levando a infectar tecidos secundários como a glândula salivar que transmite o vírus para outro indivíduo no ato da picada (Butantan, 2024; PAHO, 2025).

Quanto à morfologia, as fêmeas são maiores que as machos, possuem antenas menos plumosas, seis membros com listras brancas e um desenho em forma de lira no mesotórax, além disso possui o aparelho bucal apropriado para perfurar a pele e assim se alimentar do sangue, enquanto os machos são adaptados apenas para sugar seiva e outras substâncias, sua reprodução é sexuada e são classificados como ovíparos (Instituto Butantan, 2024). As fêmeas não costumam voar mais de 50 metros durante sua vida, uma vez que, a oviposição é feita em área urbana próxima a residências, o trajeto do recipiente em que emerge, a procura do parceiro para cópula e a busca por alimento tende a ser relativamente próxima. Quando os artrópodes não estão acasalando ou buscando alimento, tendem a descansar em áreas escuras e silenciosas como quintais, banheiros e móveis domésticos (Nelson, 1986). O mosquito possui hábitos diurnos, sendo mais ativo no nascer do sol e ao final da tarde, neste horário o clima é mais ameno. Além de serem atraídos por sangue, as antenas do vetor possui quimiorreceptores capazes de identificar “cheiros” de suor e gases como CO<sub>2</sub>, além disso, são atraídos pela temperatura corporal e vestes de cores escuras, como também, são repelidos por odores de repelentes e inseticidas (Instituto Butantan, 2024).

Os vírus da dengue pertencem à família *flaviviridae* e ao gênero *flavivirus*. Vale mencionar que, dos cinco sorotipos (DENV 1, 2, 3, 4 e 5) em circulação pelo planeta, quatro deles possui registros no território brasileiro DENV-1, DENV-2, DENV3 e DENV-4 e todos exibem singularidades próprias por apresentarem informações genéticas (genótipo) e linhagens diversas (Ministério da Saúde, 2024). A doença pode se apresentar de forma assintomática ou como uma doença febril (leve a grave), uma vez que o indivíduo é exposto a um sorotipo, o mesmo adquire imunidade homóloga, ou seja, fica permanentemente imune àquele sorotipo. Contudo, a proteção contra uma infecção heterotópica é limitada e se infectado novamente por um sorotipo diferente há riscos de desenvolver formas mais graves de dengue (WHO, 2023; Teo *et al.*, 2023).

O Brasil constantemente apresenta o maior número de casos dengue da Região das Américas. Um estudo realizado em São Paulo em 2023 mostrou que o alto índice de chuva e o calor constante da cidade criaram condições favoráveis para a reprodução do *Aedes aegypti* (Fujita *et al.*, 2023). Acessando os informes semanais do governo foi possível observar que a ocorrência maior de casos de dengue se dá justamente nas áreas cuja temperatura e/ou densidade populacional tendem a ser mais elevadas (Ministério da Saúde, 2025). Mediante as informações contidas neste trabalho, o objetivo principal foi compreender como as variações de temperatura interferem nos surtos de dengue em Recife, além disso, destacar a importância do monitoramento epidemiológico.

## 2. Material e Métodos

Este trabalho é uma abordagem original, cuja coleta nas bases de dados contou com o levantamento de artigos e revisões na língua inglesa e espanhola, como também websites de agências do governo brasileiro e internacionais. Realizamos pesquisas através das plataformas ScienceDirect, Springer e PubMed. Utilizando a combinação de palavras chave, como apresentado abaixo (tabela 1).

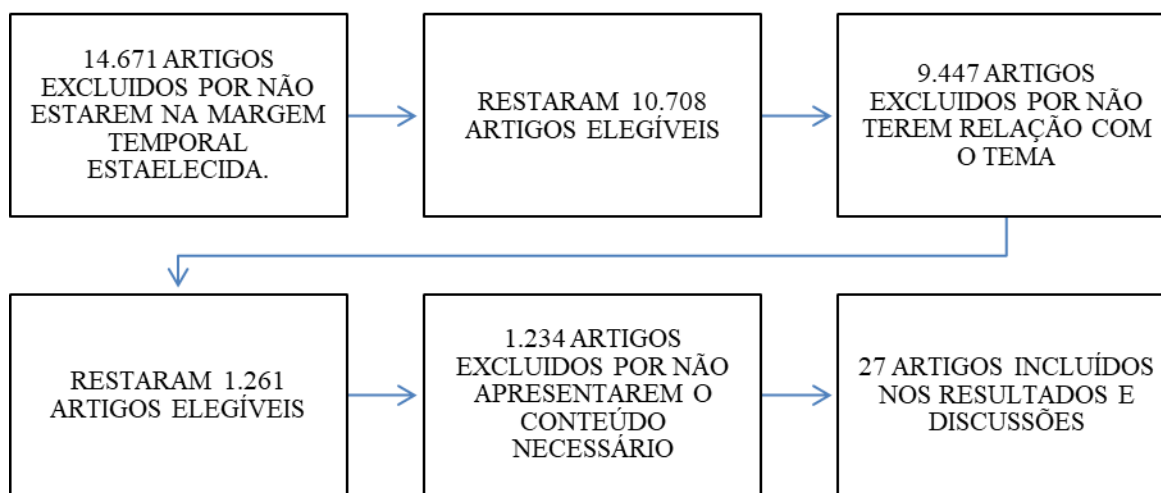
**Tabela 1** – Lista de palavras-chave utilizadas para realização da busca bibliográfica.

Palavra chave	Science Direct	Springer	PubMed
<i>Dengue and high temperatures</i>	16.231	4.632	461
<i>High temperatures and arbovirus</i>	3.009	860	186
<b>Total por plataforma</b>	19.240	5.492	647
<b>Total de artigos encontrados</b>			25.379

Fonte: Autores, 2026.

O interregno de tempo utilizado foi entre janeiro de 2020 a dezembro de 2024 tendo o objetivo de coletar dados epidemiológicos do Ministério da Saúde; climáticos, como temperatura do *Weather Underground* e de precipitação da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) levando em consideração que o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) não dispunha do material para consulta no lapso temporal estudado.

Quanto aos critérios de elegibilidade, como critério de exclusão, não foram consideradas pesquisas que não se encaixaram no intervalo de tempo pré-estabelecido, que não apresentaram o conteúdo necessário para o estudo e não relacionaram casos de arboviroses com a temperatura, nos resultados e discussão. Ao total foram utilizados 27 artigos que atendiam aos propósitos da pesquisa (Figura 1).

**Figura 1** – Triagem da bibliografia encontrada.

Fonte: Autores, 2026.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Formação de criadouros artificiais pela ação antrópica

O hospedeiro intermediário do patógeno zoonótico da dengue é adaptado para viver próximo aos humanos, ele possui a capacidade de hospedar e transmitir inúmeras doenças além de oportunizar-se do abrigo e da alimentação que os seres humanos o oferecem, além do mais é válido considerar alguns determinantes socioambientais como a urbanização descontrolada, poluição e o clima (Li *et al.*, 2014; Stensmyr, 2020). É relevante mencionar que os fatores citados acima estão entre as consequências do desmatamento, acarretando na destruição dos habitats desses animais e na redução da cobertura vegetal (Dalpadado *et al.*, 2022). Sendo considerado um vetor domesticado, sua reprodução é realizada normalmente em recipientes artificiais providos do petróleo como baldes, vasos e pneus onde há uma grande probabilidade de retenção de água, no qual a fêmea fará a oviposição por serem potenciais criadouros para dar continuidade ao ciclo reprodutivo do *Aedes* (Li *et al.*, 2014).

Vale frisar que os plásticos são produtos originados dos combustíveis fósseis e passam por processos de polimerização ou de policondensação até serem formados (Macdonald & Mordecai, 2019). As etapas que compõem a estruturação dos locais de desova do mosquito representam uma ameaça significativa ao meio ambiente e contribuem para o aumento da temperatura global, à medida que o plástico se torna uma parte essencial para os seres humanos ele também gera um ciclo de feedbacks estarrecedor (Evode *et al.*, 2021).

Mediante a isto, não apenas o planeta fica mais sensível às alterações do clima, mas principalmente as espécies ao tratar-se de distribuição populacional, fenologia e função. Quanto a problemática dos resíduos sólidos, sua composição é apenas uma das questões a serem avaliadas, o despojo irregular e a falta de saneamento adequado contribuem para a elevação da poluição marinha e terrestre, ambas afetam diretamente o ser humano seja através da contaminação de animais pela ingestão do plástico ou pelo *pool* de doenças negligenciadas que criadouros artificiais podem gerar como é o caso de algumas arboviroses entre elas a dengue (Sharma, Sharma & Chatterjee, 2023).

#### 3.2 Influência das interações climáticas sobre o ciclo do vetor

Mediante as pesquisas baseadas em dados de modelos estatísticos de Islam *et. al.*, e do modelo de série temporal suscetível-infectado recuperado (SIR) de Wagner *et.al.*, foi evidenciado que o dinamismo dos casos de dengue e os parâmetros meteorológicos estão sinergicamente correlacionados. As flutuações climáticas, incluindo as altas temperaturas, a precipitação, a umidade, a ecologia e o comportamento humano e as interações biológicas favorecem a transmissão e reprodução da dengue (Islam *et al.*, 2023; Wagner *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2024). A abundância de vetores do *Aedes aegypti* em Pernambuco se dá devido a variação do clima tropical brasileiro e especificamente da temperatura elevada e da grande densidade populacional da região metropolitana do Recife (DATASUS, 2025). Os índices de chuva na cidade aumentam no período de março a julho, coincidentemente os casos da dengue tendem a subir neste mesmo período. Vale ressaltar que a precipitação é crucial para a manutenção do ciclo do vetor, especificamente em seu estágio juvenil, já que a umidade evita a perda de fluidos nos mosquitos, cujo sistema respiratório é exposto. A faixa de temperatura ideal do período de incubação extrínseca da dengue varia de 18°C a 31°C, variantes fora deste parâmetro tendem a diminuir as chances de sobrevivência do mosquito e a transmissão do vírus (Abdullah *et al.*, 2022).

Lee *et. al.*, (2022) menciona em seu estudo que as epidemias de doenças infecciosas negligenciadas aumentaram em frequência, magnitude e extensão geográfica nas últimas décadas e espera-se que, com o passar dos anos haja uma intensificação devido às mudanças climáticas e a expansão geográfica, além disso, as arboviroses tendem a gerar impactos econômicos e sociais. Conforme o passar dos anos observa-se um aumento gradativo quanto aos índices pluviométricos podendo ser relacionados aos fenômenos naturais como El Niño e também as ações antrópicas. A influência do El Niño pode aumentar significativamente o risco e a

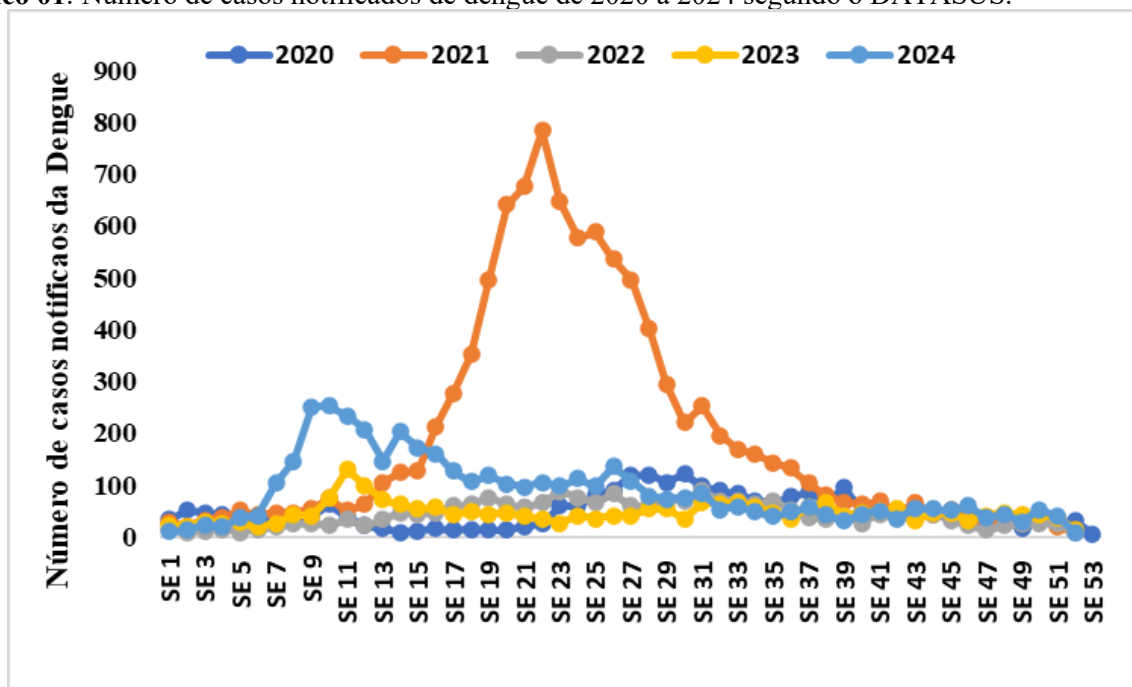
intensidade de transmissão da dengue em áreas endêmicas, pois seu potencial para modificar a trajetória do ar na circunferência do planeta faz com que haja uma elevação dos riscos de dengue, já que esse fenômeno climático causa nuances tanto das oscilações de temperatura, quanto das variáveis dos índices de chuvas ao longo das estações do ano e durante anomalias climáticas (Mokhtar, 2024). Ademais, quanto às intervenções humanas, a urbanização por sua vez pode alterar a ecologia dos hospedeiros invertebrados (mosquitos), intensificando a taxa de desenvolvimento larval, aumentando a sobrevivência dos indivíduos adultos e a capacidade vetorial. Tendo em vista isto, devido a aproximação dos mosquitos a transmissão de zoonoses para os seres humanos é facilitada (Zardini *et al.*, 2024; Xie *et al.*, 2024).

### 3.3 Relação entre fatores climáticos e casos notificados

Segundo Robert, Stewart-Ibarra & Estallo (2020) as transmissões de dengue estão tornando-se cada vez mais intensas em regiões endêmicas o que pode acarretar em surtos epidemiológicos mais longos e frequentes podendo ser correlacionado às mudanças climáticas. De acordo com os dados do DATASUS (2025) os casos notificados (CN) de dengue no Recife (PE) nos anos 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024 foram 2.593, 9.895, 2.212, 2.395 e 4.449. O período no qual houve um aumento exponencial dos CN deu-se no ano de 2021, a elevação das notificações teve seu início na SE 13 em março e seu pico na SE 22 em junho chegando a 784.

Em relação à média pluviométrica envolvendo o período de março à junho, choveu 381,4 mm/h, quanto a temperatura houve oscilações e obteve-se a média de 28,3 °C. Em analogia ao cenário epidemiológico ocorrido em 2021, o ano de 2024 apresentou um aumento similar de CN nas primeiras semanas, com início na SE 07 e seu ápice na SE 10 com 252 CN. Entretanto, apesar da semelhança inicial, em relação à intensidade dos casos, houve um declínio da SE 18 até a SE 52 registrando uma média de 66 CN's por SE. Como apresentado no gráfico 01 a seguir:

**Gráfico 01:** Número de casos notificados de dengue de 2020 à 2024 segundo o DATASUS.

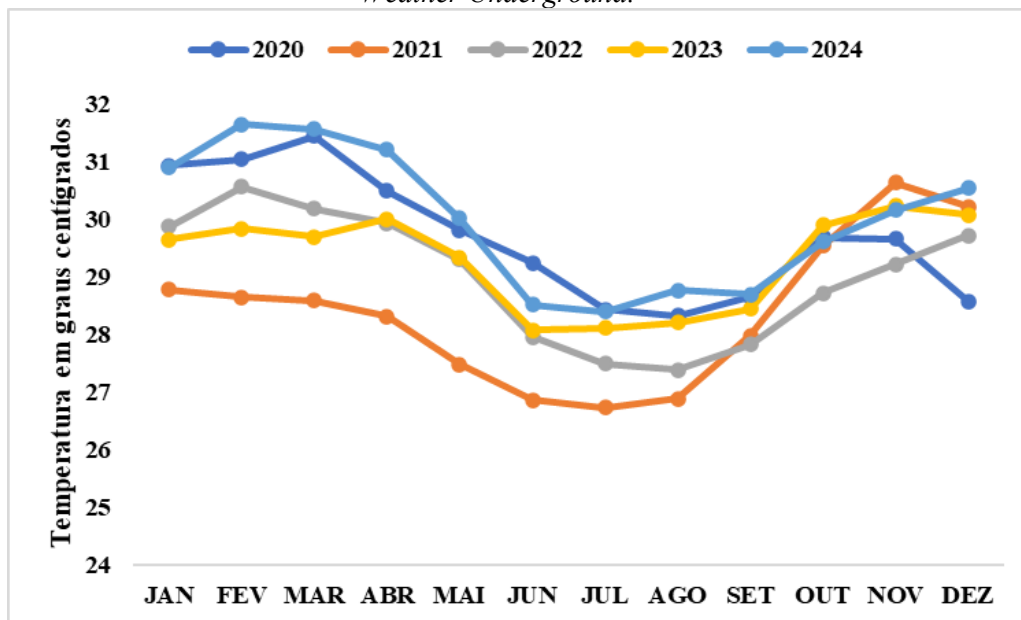


Fonte: Autores, 2026.

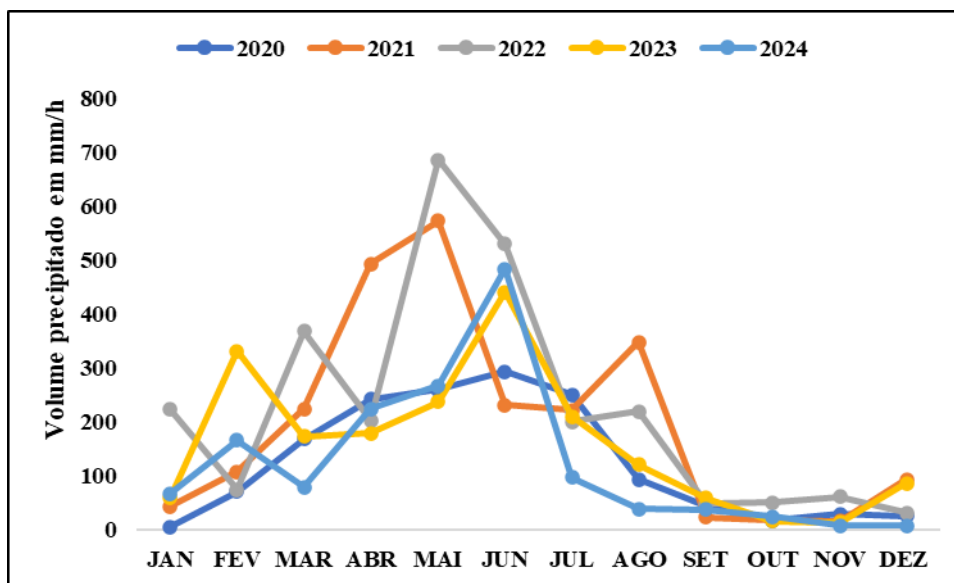
Mediante os dados coletados do *Weather Underground* (2025) há flutuações de temperatura entre os anos de 2020 a 2024 na cidade do Recife, composta por oscilações entre as estações seca (ES) e chuvosa (EC), mas majoritariamente permanecendo dentro dos parâmetros de temperatura ideal para a maturação das larvas (18° C a 31° C) mencionadas por Abdullah *et.al.* (2022). A região metropolitana do Recife apresentou médias anuais (2020 - 2024), propícias para o desenvolvimento do vetor sendo elas respectivamente: 29,6°C; 28,3°C; 29,7°C; 29,8°C; 29,9°C. Vale salientar que, em 2024, os níveis permanecem elevados, variando de 29,5°C na EC (abril à julho) a 30,2°C na ES (setembro à fevereiro), sendo esta a temperatura máxima mais elevada dos últimos 5 anos. De acordo com os dados fornecidos pela APAC (2025), as médias em termos anuais para o município de Recife entre os anos de 2020 à 2024 foram respectivamente: 125,7 mm/h, 200,3 mm/h, 225,4 mm/h, 161,5 mm/h e 125,9 mm/h. O ano de 2021 contou com um aumento considerável comparado ao ano anterior, por exemplo, no mês de janeiro de 2020 o volume de água era de 6,6 mm/h e no ano seguinte passou a ser 44,3 mm/h, ou seja, elevou aproximadamente sete vezes mais.

Pode-se notar uma baixa relação quanto aos índices de precipitação e temperatura ao tratar-se dos CN's, uma vez que, enquanto os níveis pluviométricos sobem a temperatura tende a cair, porém a temperatura ideal para a reprodução se mantém. O trabalho de Hossain S. *et al.*, (2023) apontou que fatores como temperaturas elevadas, maior umidade e vento contribuem de forma decisiva para os ciclos de transmissão da doença, ao passo que índices intensos de precipitação e maior incidência solar mostraram-se associados à redução dos casos. Num estudo conduzido na Europa entre 1990 e 2024, foi observado que o intervalo entre o estabelecimento regional do *Aedes albopictus* e a ocorrência do primeiro surto reduziu-se de aproximadamente 25 anos para menos de 5 anos. De forma semelhante, o período entre o primeiro e o segundo surto caiu de cerca de 12 anos para menos de 1 ano. Ademais, verificou-se que os surtos se manifestaram de forma mais precoce e frequente em regiões de maior temperatura, o que reflete menor probabilidade que a região permaneça sem surtos por muito tempo (Farooq *et al.*, 2025). Esses dados podem ser correlacionados aos contextos mencionados por Lee *et. al.*, (2022) e Mokhtar *et al.*, (2024) quanto à possibilidade de aumento, frequência e intensidade de epidemias de arboviroses devido às anomalias climáticas e às intervenções humanas. Como demonstrado nos gráficos 02 e 03 a seguir:

**Gráfico 02:** Variação de temperatura (°C) na cidade do Recife nos anos de 2020 à 2024 segundo dados do *Weather Underground*.



Fonte: Autores, 2026.

**Gráfico 03:** Índices Pluviométricos (mm/h) na cidade do Recife entre os anos de 2020 à 2024. (APAC)

Fonte: Autores, 2026.

### 3.4 Suscetibilidade do sorotipo à temperatura

No território brasileiro existem quatro subtipos do vírus da dengue (DENV) em circulação: DENV1, DENV2, DENV3 e DENV4 (Fujita et al., 2023). De acordo com o boletim epidemiológico emitido pelo Ministério da Saúde (2024), o país lida com surtos epidêmicos da DENV1 por anos consecutivos (2022, 2023, 2024). Segundo o DATASUS (2025), todas as quatro variantes foram notificadas em Pernambuco.

No entanto, na cidade do Recife ocorreram registros apenas dos sorotipos 01 (2021 e 2024), 04 (2021), 02 (em todos os anos com exceção de 2023) e não houve CN's do sorotipo 03 no município. Apesar das mudanças climáticas serem um dos principais impulsionadores dos surtos de arboviroses, não há indicativos que um sorotipo seja mais suscetível à temperatura que outros.

É certo que, as condições climáticas de cada região influenciam e afetam a filogeografia do vetor levando a distribuição em novos territórios, o que indica que a expansão dos sorotipos siga padrões climáticos. Assim também, outros fatores locais como a densidade do vetor e a imunidade populacional facilitam ou não a propagação dessas linhagens, ditando se a introdução do genótipo obterá êxito (Sang et al., 2019; Messina et al., 2014; Araújo et al., 2019; Faria et al., 2013).

### 3.5 Importância do monitoramento epidemiológico e Métodos de Controle Vetorial

A vigilância epidemiológica é essencial para o controle das epidemias, pois auxilia na detecção precoce de surtos, na identificação das áreas de risco e na implementação de medidas preventivas eficazes e específicas para cada situação e região (Brasil, 1990). Logo, a Coordenação- Geral de Vigilância das Arboviroses (CGARB) responsável pelo monitoramento destaca que as estratégias são implementadas de acordo com a particularidade regional, com foco em cidades com mais de 100 mil habitantes cujo os casos representam uma alta porcentagem. O novo plano de ação proposto pelo Ministério da Saúde em 2024 prevê reduzir os impactos das arboviroses no Brasil e tem por base evidências científicas e tecnológicas. O plano consiste em seis etapas: prevenção, vigilância, controle vetorial, organização da rede assistencial e manejo clínico, preparação e

resposta às emergências, comunicação e participação comunitária (Ministério da Saúde, 2024; Ministério da Saúde, 2024).

Destacam-se as estratégias de controle vetorial: o monitoramento entomológico por ovitrampas, a Borrifação Residual Intradomiciliar (BRI), o método *Wolbachia*, o uso de Inseto Estéril (TIE) e as Estações Disseminadoras de Larvicidas – (EDLs) (Ministério da Saúde, 2024; Ministério da Saúde, 2024). No caso da BRI consiste na aplicação de inseticidas em residências e em ambientes com histórico de proliferação de vetores. Conforme orientações da OMS (2023), o Manual da Resposta Global ao Controle de Vetores 2017-2030 estabelece padrões internacionais atualizados para orientar essa prática. O principal objetivo desse método é eliminar os artrópodes antes que sejam capazes de inocular o patógeno em seres humanos, interrompendo, assim, o ciclo de transmissão. Ademais, com a Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 23 de janeiro de 2006, que define diretrizes para o controle de agentes biológicos, o inciso II menciona a Técnica de Inseto Estéril (TIE), a qual consiste na liberação de machos esterilizados por radiação ionizante, utilizada como método de controle, supressão ou erradicação de pragas (ANVISA, 2020).

No que se refere às ovitrampas, estas são armadilhas usadas para monitorar mosquitos, especialmente *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Elas não matam necessariamente o mosquito adulto, mas ajudam a identificar onde os mosquitos estão se reproduzindo. São pequenos recipientes de plástico que atraem as fêmeas para colocar ovos. Poucos dias após a instalação, o agente de endemias substitui a palheta e retira os ovos antes que virem larvas. Dessa forma, a armadilha permite avaliar a densidade de ovos, indicar áreas com maior infestação, orientar ações de controle e reduzir a população do vetor (Ministério da Saúde, 2024). A Fiocruz tem um papel essencial no desenvolvimento da metodologia, fornecendo instruções para a montagem e o uso correto das ovitrampas (Fiocruz, 2019).

Quanto à técnica de liberação de mosquitos infectados com a bactéria *Wolbachia*, trata-se de uma estratégia biológica eficaz e sustentável de controle vetorial, as cepas utilizadas são *wMel*, *wMelPop* e *wAlbB*. O microrganismo possui a capacidade de aumentar a resistência dos mosquitos ao vírus da dengue, tornando-os menos propensos a atuar como vetores, além de provocar uma redução significativa na longevidade dos mosquitos adultos, limitando o tempo em que poderiam transmitir a doença. Consequentemente, a presença da *Wolbachia* nas populações de *Aedes* pode levar a uma diminuição expressiva na densidade populacional dos mosquitos, contribuindo para o controle de surtos de dengue e outras arboviroses (Fox *et al.*, 2024).

O Ministério da Saúde oficializou a implementação das Estações Disseminadoras de Larvicidas como estratégia nacional de controle de arboviroses em 2024. Essa técnica, desenvolvida pelo Instituto Fiocruz, utiliza a própria fêmea do mosquito como agente de disseminação do inseticida: durante a postura dos ovos, a fêmea é contaminada com o produto e, ao pousar em outros possíveis criadouros, acaba contaminando a água, reduzindo drasticamente as chances de sobrevivência das larvas (Ministério da Saúde, 2024). Nesse contexto, o estudo de Abad-Franch, Tamora-Perea & Luz (2017) aplicou a técnica de autodisseminação de larvicidas e foi observado que o número de larvas encontradas despencou cerca de 80%. De forma comparativa, antes do experimento só 2 a 7% das larvas morriam naturalmente já com o método em uso, 80-90% morriam antes de chegar à fase adulta, o que evidencia grande potencial de uso deste método como uma ferramenta para o controle da dengue.

### 3.6 A importância da vacinação

A vacinação é amplamente reconhecida como uma das estratégias mais eficazes para a prevenção e o controle de doenças infectocontagiosas, contribuindo significativamente para o avanço da saúde pública e para a proteção e imunização da população (Ministério da Saúde, 2024). Após mais de uma década de pesquisas e de etapas rigorosas de testes clínicos, o Instituto Butantan, em colaboração com o Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos (NIH), obteve em 2009 a licença para desenvolver um imunizante tetravalente capaz de conferir proteção contra os quatro sorotipos do vírus da dengue em circulação no Brasil. Trata-se de uma vacina de dose única, denominada Butantan-DV, considerada altamente promissora por sua abrangência e

potencial para ampliar a cobertura vacinal (Instituto Butantan, 2024; Kallás et al., 2024; Nogueira et al., 2024; Maluf, 2025; Instituto Butantan, 2022).

A Butantan-DV foi aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em novembro de 2025, tornando-se o primeiro imunizante contra a dengue em dose única aprovado no mundo. Com o parecer favorável da agência reguladora, a vacina passou a ser elegível para inclusão no Programa Nacional de Imunizações (PNI) (Instituto Butantan, 2025). O início da aplicação da vacina Butantan-DV ocorreu de forma gradual em janeiro de 2026, com a implementação de uma fase inicial de vacinação em municípios selecionados, contemplando a população de 15 a 59 anos. Essa etapa piloto marcou o começo da utilização do imunizante na população brasileira, enquanto a ampliação da cobertura vacinal permanece condicionada à disponibilidade de doses e às diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde (Instituto Butantan, 2026).

Em 2025, o Ministério da Saúde autorizou a aplicação da vacina contra a dengue, tornando o Brasil o primeiro país a disponibilizar esse imunizante pelo Sistema Único de Saúde (SUS). A implementação inicial ocorreu em regiões endêmicas, entre as quais se inclui a cidade do Recife, e foi pautada por critérios específicos: municípios com mais de 100 mil habitantes, registro de alta transmissão da doença nos anos de 2023 e 2024 e predominância do sorotipo DENV-2. A estratégia de imunização priorizou, em um primeiro momento, crianças e adolescentes de 10 a 14 anos, prevendo-se, em etapa posterior, a inclusão de idosos—grupo para o qual a vacina ainda não possui liberação definitiva (Ministério da Saúde, 2024; Ministério da Saúde, 2025).

Além da vacina nacional Butantan-DV, permanecem autorizados no país outros imunizantes contra a dengue: a Qdenga (do laboratório Takeda Pharma), aplicada em duas doses com intervalo de três meses em crianças dos 4 aos 16 anos (possui baixa eficácia contra o DENV - 3), e a Dengvaxia (do laboratório Sanofi Medley), administrada em três doses com intervalos de seis meses (ANVISA, 2024; Angelin *et al.*, 2023; Lee, Long & Poh, 2024). De acordo com o PNI, o Brasil tem apresentado avanços constantes na produção de vacinas. Quando implementados como ferramenta de saúde pública, esses imunizantes são considerados investimentos bem-sucedidos, dado o seu excelente custo-benefício. A ampliação da cobertura vacinal contribui diretamente para a melhoria da qualidade de vida da população (Ministério da Saúde, 2025).

#### 4. Conclusão

Conclui-se, portanto, que a interrelação dos fatores climáticos seja natural ou sob influência humana interfere diretamente na disseminação do DENV e do *Aedes aegypti*. Tendo em vista isto, há uma necessidade constante de estratégias de prevenção, devido a adaptabilidade do patógeno, do mosquito, da composição de seu ciclo em recipientes expostos e do seu potencial distributivo. Ademais, a formação de recipientes que atuam como potenciais criadouros altera o gradiente térmico local, enquanto a má gestão, em conjunto com a precipitação, contribui para a maturação e proliferação do mosquito. Foi observado que apesar de haver variações térmicas no intervalo de tempo estabelecido pelo estudo, não houve alternâncias extremas que prejudicasse a taxa de desenvolvimento larval ideal do vetor. Dito isto, a temperatura exerce influência sobre o ciclo biológico e a taxa de sobrevivência do vetor, enquanto a precipitação contribui para a formação de criadouros e para a manutenção de níveis adequados de umidade.

Devido às instabilidades climáticas espera-se uma intensificação nos índices de arboviroses, visto que, se não houver estabilidade entre as vertentes da saúde ambiental, humana e animal, a tendência de novas epidemias é clara. Logo, uma das principais estratégias geralmente vinculadas à literatura para o manejo das futuras epidemias é o monitoramento epidemiológico, pois possibilita a implementação de respostas rápidas e eficazes para conter a propagação de doenças e também permite a identificação precoce de surtos subsequentes. Vale mencionar que, algumas das formas mais eficazes de combate ao mosquito é o controle vetorial que tem relação direta com as ações dos órgãos públicos e a prevenção que é conectada diretamente com a população, uma vez que, não há a possibilidade de uma intervenção bem-sucedida sem a colaboração ativa da sociedade.

### 3. Agradecimentos

Os autores agradecem à orientadora Deloar Duda de Oliveira pela orientação ao longo do desenvolvimento deste trabalho, bem como às contribuições acadêmicas e metodológicas recebidas durante o processo de elaboração do estudo.

### 5. Referências

- Abad-Franch, F., Zamora-Perea, E., & Luz, S.L.B. (2017). Mosquito-Disseminated Insecticide for Citywide Vector Control and Its Potential to Block Arbovirus Epidemics: Entomological Observations and Modeling Results from Amazonian Brazil. *PLOS Medicine* 17.
- Abdullah, N. A. M. H., Dom, N. C., Salleh, S. A., Salim, H., & Precha, N. (2022). The association between dengue case and climate: A systematic review and meta-analysis. *One Health*, 15, 100452.
- Aldama, C., García, F., & Esquivel, R. (2022). Ciclo de vida del *Aedes aegypti* y manifestaciones clínicas del dengue. *Pediatrigo* 15.
- Angelin, M., Sjölin, J., Kahn, F., Hedberg, A. L., Rosdahl, A., & Skorup, P., Werner, S., Woxenius, S., & Askling, H. H. (2023). Qdenga® - A promising dengue fever vaccine; can it be recommended to non-immune travelers? *Travel Medicine and Infectious Disease*.
- ANVISA. (2020). Registro de Produtos Biológicos.
- ANVISA. (2024). Vacinas registradas.
- APAC. (2025). Monitoramento Pluviométrico. <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>.
- Araújo, J. M., Nogueira, R. M., Schatzmayr, H. G., Zanotto, P. M., & Bello, G. (2009). Phylogeography and evolutionary history of dengue virus type 3. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 9(4), 716–725.
- Brasil. (1990). *Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes*. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 20 set. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18080.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18080.htm).
- Butantan. (2024). Por que a dengue é transmitida pelo *Aedes aegypti*? Entenda como os vírus podem se adaptar a diferentes mosquitos.
- Dalpadado, R., Amarasinghe, D., Gunathilaka, N., & Ariyaratna, N. (2022). Bionomic aspects of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* at domestic settings in urban, suburban and rural areas in Gampaha District, Western Province of Sri Lanka. *Parasites & Vectors*.
- DATASUS. (2025). Dengue - Notificações registradas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Pernambuco. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/denguebpe.def>.
- Evode, N., Qamar, S.A., Bilal, M., Barceló, D., & Iqbal, H.M.N. (2021). Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*.
- Faria, N. R., Nogueira, R. M., de Filippis, A. M., Simões, J. B., Nogueira, F.deB., da Rocha Queiroz Lima, M., & dos Santos, F. B. (2013). Twenty years of DENV-2 activity in Brazil: molecular characterization and phylogeny of strains isolated from 1990 to 2010. *PLoS neglected tropical diseases*, 7(3), e2095.

- Farooq, Z., Segelmark, L., Rocklöv, J., Lillepold, K., Sewe, M. O., Briet, O. J. T., & Semenza, J. C. (2025). Impact of climate and *Aedes albopictus* establishment on dengue and chikungunya outbreaks in Europe: A time-to-event analysis. *The Lancet Planetary Health*, 9(5), e374–e383.
- Fiocruz. (2016). Por quanto tempo o ovo do mosquito “*Aedes aegypti*” sobrevive no ambiente?
- FIOCRUZ. (2019). Metodologia para coleta de ovos *Aedes aegypti* | Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).
- Fox, T., Sguassero, Y., Chaplin, M., Rose, W., Doum, D., Arevalo-Rodriguez, I., & Villanueva, G. (2024). *Wolbachia-carrying Aedes mosquitoes for preventing dengue infection*. Cochrane Database of Systematic Reviews.
- Fujita, D.M., Salvador, F.S., Nali, S., & Franco, H. (2023). Dengue and climate changes: Increase of DENV-1 in São Paulo/Brazil – 2023. *Travel Medicine and Infectious Disease*.
- Hossain, S., Islam, M. M., Hasan, M. A., Chowdhury, P. B., Easty, I. A., Tusar, M. K., Rashid, M. B., & Bashar, K. (2023). Association of climate factors with dengue incidence in Bangladesh, Dhaka City: A count regression approach. *Heliyon*, 9(5), e16053.
- Huang, Y.J.S., Higgs, S., & Vanlandingham, D.L. (2019). Emergence and re-emergence of mosquito-borne arboviruses. *Current Opinion in Virology*.
- Instituto Butantan. (2022). Vacina da dengue do Butantan tem eficácia de 79,6%, mostram primeiros resultados da fase 3.
- Instituto Butantan. (2024). Descubra as diferenças entre o mosquito transmissor da dengue e o pernilongo, e o que atrai cada um.
- Instituto Butantan. (2024). Mulheres da dengue: elas se destacam no desenvolvimento, produção, qualidade e estratégias de distribuição da vacina do Butantan.
- Instituto Butantan. (2025). Vacina da dengue do Instituto Butantan, primeira do mundo em dose única, é aprovada pela Anvisa.
- Instituto Butantan. (2026). Vacina contra dengue do Instituto Butantan começa a ser aplicada em cidades de MG, CE e SP.
- Islam, M. A., Hasan, M. N., Tiwari, A., Raju, M. A. W., Jannat, F., Sangkham, S., Shammas, M. I., Sharma, P., Bhattacharya, P., & Kumar, M. (2023). Correlation of Dengue and Meteorological Factors in Bangladesh: A Public Health Concern. *International journal of environmental research and public health*, 20(6), 5152.
- Kallás, E. G., Cintra, M. A. T., Moreira, J. A., Patiño, E. G., Braga, P.E., & Tenório, J. C. V., Infante, V., Palacios, R., De Lacerda, M. V. G., Batista, P. D., Da Fonseca, A. J., Gurgel, R. Q., Coelho, I. C., Fontes, C. J. F., Marques, E. T. A., Romero, G. A. S., Teixeira, M. M., Siqueira, A. M., Barral, A. M. P., Boaventura, V. S., Ramos, F., Elias, J. E., De Moraes, C., Covas, D. T., Kalil, J., Precioso, A. R., Whitehead, S. S., Esteves-Jaramillo, A., Shekar, T., Lee, J. J., Macey, J., Kelner, S. G., Coller, B. G., Boulos, F. C., & Nogueira, M. L. (2024). Live, Attenuated, Tetravalent Butantan–Dengue Vaccine in Children and Adults.
- Lee, M.F., Long, C.M., Poh, C.L. (2024). Current status of the development of dengue vaccines.
- Lee, W. L., Gu, X., Armas, F., Leifels, M., Wu, F., Chandra, F., Chua, F. J. D., Syenina, A., Chen, H., Cheng, D., Ooi, E. E., Wuertz, S., Alm, E. J., & Thompson, J. (2022). Monitoring human arboviral diseases through wastewater surveillance: Challenges, progress and future opportunities. *Water Research*, 223.
- Li, Y., Kamara, F., Zhou, G., Puthiyakunnon, S., Li, C., Liu, Y., Zhou, Y., Yao, L., Yan, G., & Chen, X. G. (2014). Urbanization increases *Aedes albopictus* larval habitats and accelerates mosquito development and survivorship. *PLoS neglected tropical diseases*.

- Lopes, N., Nozawa, C., & Linhares, REC. (2014). Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*.
- Lourenço-De-Oliveira, R., & Lourenço, F.S. (2022). Antonio Gonçalves Peryassú e o estudo dos mosquitos para sanear o Brasil: uma resenha biográfica. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*.
- Lowe, R., Gasparrini, A., Van Meerbeeck, C. J., Lippi, C. A., Mahon, R., Trotman, A. R., Rollock, L., Hinds, A. Q. J., Ryan, S. J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2018). Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. *PLoS medicine*, *15*(7), e1002613.
- Macdonald, AJ., & Mordecai, EA. (2019). Amazon deforestation drives malaria transmission, and malaria burden reduces forest clearing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Maluf, Thayssa. (2025). Estudo comprova eficácia de vacina contra dengue em adolescentes. Portal Fiocruz
- Messina, J. P., Brady, O. J., Scott, T. W., Zou, C., Pigott, D. M., Duda, K. A., Bhatt, S., Katzelnick, L., Howes, R. E., Battle, K. E., Simmons, C. P., & Hay, S. I. (2014). Global spread of dengue virus types: mapping the 70 year history. *Trends in microbiology*, *22*(3), 138–146.
- Ministério da Saúde. (2024) Boletim epidemiológico - Volume 55 - nº 11 [www.gov.br](http://www.gov.br).
- Ministério da Saúde. (2024). Dengue. Ministério da Saúde.
- Ministério da Saúde. (2024). Ministério da Saúde anuncia estratégia de vacinação contra a dengue. Biblioteca Virtual em Saúde MS.
- Ministério da Saúde. (2024). Ministério vai usar fêmeas de aedes aegypti com larvicida para combater dengue.
- Ministério da Saúde. (2024). Novo plano de ação prevê reduzir impactos da dengue e outras arboviroses no Brasil - Documento está baseado nas evidências científicas mais atualizadas, novas tecnologias e representa um pacto nacional para o enfrentamento das doenças, com atenção às regiões de maior vulnerabilidade social.
- Ministério da Saúde. (2024). Saiba quais são as tecnologias adotadas pelo Ministério da Saúde para o controle da dengue e outras arboviroses .
- Ministério da Saúde. (2024). Vacinação.
- Ministério da Saúde. (2024). Saiba quais são as tecnologias adotadas pelo Ministério da Saúde para o controle da dengue e outras arboviroses - Medidas fazem parte do Plano de Ação para a redução das doenças e inclui o uso de estações disseminadoras de larvicida (EDLs) e outras.
- Ministério da Saúde. (2025). Municípios selecionados para a vacinação da dengue. Ministério da Saúde.
- Ministério da Saúde. Painel de Monitoramento das Arboviroses. (2025). [www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramentodasarboviroses](http://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramentodasarboviroses).
- Ministério da Saúde. Programa Nacional de Imunizações - Vacinação. Ministério da Saúde.
- Mokhtar, S., Ratterree, D. C., Britt, A. F., Fisher, R., & Ndeffo-Mbah, M. L. (2024). Global risk of dengue outbreaks and the impact of El Niño events. *Environmental Research*, *262*(Pt. 1)
- Nelson, M.J. (1986). *Aedes aegypti: biology and ecology*. irispahoorg. PAHO.
- Nogueira, M. L., Cintra, M. A. T., Moreira J. A., Patiño, E. G., Braga, P. E., Tenório, J. C. V., De Oliveira L. B. A., Infante, V., Silveira, D. H. R., De Lacerda, M. V. G., Pereira, D. B., Da Fonseca, A. J., Gurgel, R. Q., Coelho, I. C., Fontes, C. J. F., Marques, E. T. A., Romero G. A. S., Teixeira, M. M., Siqueira, A. M., Boaventura, V. S., Ramos, F., Júnior, E. E., De Moraes, J. C., Whitehead, S. S., Esteves-Jaramillo, A., Shekar, T., Lee, J. J., Macey, J., & Kelner, S. G. (2024). Eficácia e segurança do Butantan-DV em participantes de 2 a

59 anos por meio de um acompanhamento prolongado: resultados de um ensaio duplo-cego, randomizado, controlado com placebo, de fase 3, multicêntrico no Brasil.

Organização Mundial da Saúde (OMS). (2023). Manual operacional sobre pulverização residual em ambientes internos. Genebra: Organização Mundial da Saúde.

Organização Pan-Americana Da Saúde. Dengue. [www.paho.org](http://www.paho.org).

Powell, J.R., & Tabachnick, W.J. (2013). History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.

Robert, M.A., Stewart-Ibarra, A.M., & Estallo, E.L. (2020). Climate change and viral emergence: evidence from *Aedes*-borne arboviruses. *Current Opinion in Virology*.

Rueda, L.M., Patel, K.J., Axtell, R.C., & Stinner, R.E. (1990). Temperature-Dependent Development and Survival Rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*.

Sang, S., Liu-Helmersson, J., Quam, M. B. M., Zhou, H., Guo, X., Wu, H., & Liu, Q. (2019). The evolutionary dynamics of DENV 4 genotype I over a 60-year period. *PLoS neglected tropical diseases*, 13(7), e0007592.

Sharma, S., Sharma, V., & Chatterjee, S. (2023). Contribution of plastic and microplastic to global climate change and their conjoining impacts on the environment - A review. *Science of The Total Environment*.

Stensmyr M. C. (2020). Mosquito Biology: How a Quest for Water Spawned a Thirst for Blood. *Current biology : CB*

Teo, A., Tan, H.D., Loy, T., Chia, P.Y., & Chua, C.L.L. (2023). Understanding antibody-dependent enhancement in dengue: Are afucosylated IgG1s a concern? *PLOS Pathogens*.

Tilly, A., Rao, V.B., & Lowe, R. (2025). Identifying the climate sensitivity of infectious diseases: a conceptual framework. *The Lancet Planetary Health*.

Triana, M.F., & Melo, N. (2024). Dynamics of *Aedes aegypti* mating behaviour. *Current Opinion in Insect Science*.

Wagner, C. E., Hooshyar, M., Baker, R. E., Yang, W., Arinaminpathy, N., Vecchi, G., Metcalf, C. J. E., Porporato, A., & Grenfell, B. T. (2020). Climatological, virological and sociological drivers of current and projected dengue fever outbreak dynamics in Sri Lanka. *Journal of the Royal Society Interface*, 17(167), 20200075.

WEATHERUNDERGROUND. (2025). Monthly History - Recife, Pe. Brazil. <https://www.wunderground.com/history/monthly/br/recife/SBRF/date/2020-1>.

World Health Organization. (2023). Dengue - Global Situation. [www.who.int](http://www.who.int).

Xie, A., Zhang, Y., Breed, M. F., An, X., Yao, H., Huang, Q., Su, J., & Sun, X. (2024). Terrestrial invertebrate hosts of human pathogens in urban ecosystems. *Eco-Environment & Health*.

Zardini, A., Menegale, F., Gobbi, A., Manica, M., Guzzetta, G., d'Andrea, V., Marziano, V., Trentini, F., Montarsi, F., Caputo, B., Solimini, A., Marques-Toledo, C., Wilke, A. B. B., Rosà, R., Marini, G., Arnoldi, D., Pastore y Piontti, A., Pugliese, A., Capelli, G., & Poletti, P. (2024). Estimating the potential risk of transmission of arboviruses in the Americas and Europe: A modelling study. *The Lancet Planetary Health*.

Zheng, Z., Xu, N., Khan, M., Pedersen, M., Abdalgader, T., & Zhang, L. (2024). Nonlinear impacts of climate change on dengue transmission in mainland China: Underlying mechanisms and future projection. *Ecological Modelling*, 492, Article 110734.

