

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CRISTIAN RIBEIRO DA COSTA

DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL E VULNERABILIDADE À DENGUE NO
DISTRITO FEDERAL

Brasília

2026



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas – ICH
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL E VULNERABILIDADE À DENGUE NO DISTRITO FEDERAL

Cristian Ribeiro da Costa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Gestão Ambiental e Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca.

Brasília

2026

COSTA, CRISTIAN RIBEIRO

Dinâmica socioambiental e vulnerabilidade à dengue no Distrito Federal. 137 p.

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Dengue | 2. Ambiente urbano |
| 3. Vulnerabilidade socioambiental | 4. Distrito Federal |
| 5. Geografia da Saúde | |
| I. UnB-GEA | II. Mestrado. |

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Cristian Ribeiro da Costa

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ata Nº: 452

Aos dez dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e seis, instalou-se a banca examinadora de Dissertação de Mestrado do(a) aluno(a) Cristian Ribeiro da Costa, matrícula 241118239. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr(a). Francisco de Assis Mendonca /MEMBRO EXTERNO/UFPR, Dr(a). Leonardo Batista Pedroso EXTERNO/IF Goiano - Campos Morrinhos, Dr(a). Ruth Elias de Paula Laranja/MEMBRO INTERNO/SUPLENTE/UNB e Dr(a). Rafael Rodrigues da Franca orientador(a)/presidente. O(a) discente apresentou o trabalho intitulado Dinâmica Socioambiental e Vulnerabilidade à Dengue no Distrito Federal.

Concluída a exposição, procedeu-se a arguição do(a) candidato(a), e após as considerações dos examinadores o resultado da avaliação do trabalho foi:

(X) Pela aprovação do trabalho;

() Pela aprovação do trabalho, com revisão de forma, indicando o prazo de até 30 (trinta) dias para apresentação definitiva do trabalho revisado;

() Pela reformulação do trabalho, indicando o prazo de (Nº DE MESES) para nova versão;

() Pela reprovação do trabalho, conforme as normas vigentes na Universidade de Brasília.

Conforme os Artigos 34, 39 e 40 da Resolução 0080/2021 - CEPE, o(a) candidato(a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dr. Rafael Rodrigues da Franca - PPGGEA-UNB
(Presidente / Orientadora)

Dr. Francisco de Assis Mendonca, UFPR
(Membro Externo)

Dr. Leonardo Batista Pedroso - IF Goiano - Campos Morrinhos
(Membro Externo)

Dra. Ruth Elias de Paula Laranja, UnB
(Suplente)

Cristian Ribeiro da Costa
(Mestrando/a)



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Rodrigues da Franca, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Humanas**, em 10/07/2026, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Batista Pedroso, Usuário Externo**, em 10/07/2026, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO DE ASSIS MENDONCA, Usuário Externo**, em 10/07/2026, às 16:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **CRISTIAN RIBEIRO DA COSTA, Usuário Externo**, em 10/07/2026, às 16:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Vinicius Vasconcelos de Souza, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas**, em 10/07/2026, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
[http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?](http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)
[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador
14447694 e o código CRC **607EE770**.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca, agradeço a confiança, a leitura atenta e a generosidade ao conduzir este trabalho com rigor e liberdade na medida certa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília, agradeço a estrutura e o ambiente de formação; e ao Laboratório de Climatologia, onde passei boa parte do meu tempo de pesquisa, agradeço o espaço de convívio e de trabalho que acolheu este estudo.

À Diretoria de Desenvolvimento Social (DDS) da Universidade de Brasília, agradeço pelas políticas de assistência estudantil das quais usufruí, em especial pelo Restaurante Universitário e pela moradia na Casa do Estudante de Pós-Graduação, que me garantiram condições concretas de permanência ao longo do curso.

Aos amigos, que dividiram comigo as angústias e as alegrias desta jornada, deixo meu reconhecimento: aos que fiz desde a inscrição no programa, aos que me receberam em Brasília e aos que estenderam a mão nos momentos difíceis. Sem essa rede de afeto, o caminho teria sido bem mais árido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A dengue constitui um dos maiores desafios da saúde pública contemporânea, e o Distrito Federal registrou, em 2024, a maior epidemia de sua história. Esta dissertação analisa a dinâmica socioambiental e a vulnerabilidade à dengue no Distrito Federal, articulando o clima urbano, a configuração do território e o conhecimento, bem como as atitudes e práticas da população, no marco teórico do Sistema Ambiental Urbano e da Geografia da Saúde. A abordagem é mista e multiescalar, organizada em quatro planos analíticos. A análise climática de longo prazo apoia-se na série da estação automática INMET A001 (2000-2025) e nos testes de Mann-Kendall e de Sen. A relação entre clima e incidência semanal de dengue é avaliada por meio de uma função de correlação cruzada pré-branqueada no recorte 2007-2025. A distribuição espacial da incidência por Região Administrativa é reconstruída a partir da base nominal da Subsecretaria de Vigilância à Saúde do Distrito Federal (2014-2024), com geocodificação por endereço. A relação entre a vulnerabilidade socioambiental e a incidência é mensurada pelo Índice de Bem-Estar Urbano (2021). Uma pesquisa sobre conhecimento, atitudes e práticas complementa a leitura ao incorporar a dimensão subjetiva do risco. Os resultados mostram que o Distrito Federal opera em condição estrutural de alta transmissão recorrente, com amplo gradiente de cronicidade entre territórios, em que 31 das 35 Regiões Administrativas apresentam alta transmissão em pelo menos metade dos anos do recorte 2014-2024, e que o ano de 2024 configura um ponto fora da curva, com incidência quatro vezes superior à do segundo maior ano da série. A temperatura mínima antecede a incidência por cerca de vinte e duas semanas, e a primavera apresenta tendência de aquecimento e de redução da umidade. A vulnerabilidade socioambiental explica uma parcela expressiva da variação da incidência entre as Regiões Administrativas, com destaque para a dimensão das condições ambientais em relação à do atendimento de serviços. A pesquisa revela ausência de associação entre conhecimento e prática preventiva. Conclui-se que a dengue no Distrito Federal expressa a produção desigual do território e que a vigilância efetiva exige a articulação entre saúde, gestão urbana e ambiente, na perspectiva da Saúde Coletiva.

Palavras-chave: Dengue; Ambiente Urbano; Vulnerabilidade Socioambiental; Distrito Federal; Geografia da Saúde.

ABSTRACT

Dengue is one of the major challenges to contemporary public health, and in 2024, the Federal District recorded the largest epidemic in its history. This dissertation analyzes the socioenvironmental dynamics and dengue vulnerability in the Federal District, integrating the urban climate, the territorial configuration, and the population's knowledge, attitudes, and practices within the theoretical frameworks of the Urban Environmental System and Health Geography. The approach is mixed and multiscale, organized into four analytical planes. The long-term climate analysis relies on the INMET A001 automatic station series (2000-2025) and on the Mann-Kendall and Sen tests. The relationship between climate and weekly dengue incidence is assessed through a pre-whitened cross-correlation function for the 2007-2025 period. The spatial distribution of incidence by Administrative Region is reconstructed from the nominal database of the Health Surveillance Subsecretariat of the Federal District (2014-2024), with address-based geocoding. The relationship between socioenvironmental vulnerability and incidence is measured by the Urban Well-Being Index (2021). A knowledge, attitudes, and practices survey complements the analysis with the subjective dimension of risk. The results show that the Federal District operates under a structural condition of recurrent high transmission, with a substantial gradient of chronicity among territories, in which thirty-one of the 35 Administrative Regions show high transmission in at least half of the years of the 2014-2024 period, and that 2024 is an outlier, with incidence four times higher than the second-highest year in the series. The minimum temperature precedes the incidence by about 22 weeks, and spring shows a warming trend with decreasing humidity. Socioenvironmental vulnerability accounts for a substantial share of the variation in incidence across Administrative Regions, with the environmental conditions dimension standing out above the collective services dimension. The survey reveals no association between knowledge and preventive practice. It is concluded that dengue in the Federal District reflects the territory's unequal production, and that effective surveillance requires integrating health, urban management, and the environment from a Collective Health perspective.

Keywords: dengue; urban environment; socioenvironmental vulnerability; Federal District; Health Geography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Distrito Federal: divisão político-administrativa e localização da estação INMET A001 .	18
Figura 2 — Desenho da pesquisa.....	21
Figura 3 — Sistema Ambiental Urbano (simplificado).....	33
Figura 4 — Sistema Ambiental Urbano adaptado ao contexto da dengue no Distrito Federal	41
Figura 5 — Climograma do Distrito Federal.....	44
Figura 6 — Fluxograma do tratamento dos dados.....	48
Figura 7 — Incidência anual de dengue no Distrito Federal (2007-2025)	63
Figura 8 — Curva sazonal da dengue no DF por semana epidemiológica (2007-2025).....	64
Figura 9 — Distribuição mensal das notificações de dengue por ano (escala logarítmica), DF, 2007-2025.....	66
Figura 10 — Distribuição percentual das notificações de dengue por sexo, DF, 2007-2025.....	67
Figura 11 — Distribuição etária das notificações de dengue, DF, 2007-2025	68
Figura 12 — Evolução da classificação final das notificações de dengue, DF, 2007-2025	70
Figura 13 — Óbitos por dengue e letalidade anual, DF, 2007-2025	71
Figura 14 — Composição percentual dos sorotipos de dengue.....	73
Figura 15 — Incidência média anual de dengue por Região Administrativa, DF, 2014-2024.....	76
Figura 16 — Razão entre a incidência de 2024 e a média histórica 2014-2023, por RA.....	81
Figura 17 — Diferença na incidência média por RA entre a atribuição por endereço, DF, 2014-2024	83
Figura 18 — Tendências climáticas sazonais e anuais, estação A001, DF, 2000-2025	87
Figura 19 — Temperatura mínima anual na estação A001 (2000-2025)	89
Figura 20 — Temperatura média anual na estação A001 (2000-2025).....	89
Figura 21 — Temperatura máxima anual na estação A001 (2000-2025).....	90
Figura 22 — Precipitação total anual na estação A001 (2000-2025)	90
Figura 23 — Umidade relativa média anual na estação A001 (2000-2025).....	91
Figura 24 — Umidade relativa mínima anual na estação A001 (2000-2025)	91
Figura 25 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura mínima e incidência de dengue	92
Figura 26 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura média e incidência de dengue.....	92
Figura 27 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura máxima e incidência de dengue.....	93
Figura 28 — Correlação cruzada pré-branqueada: precipitação e incidência de dengue	93
Figura 29 — Correlação cruzada pré-branqueada: umidade relativa média e incidência de dengue	94
Figura 30 — Correlação cruzada pré-branqueada: umidade relativa mínima e incidência de dengue..	94
Figura 31 — Dispersão entre o IBEU e incidência média de dengue por RA, DF, 2014-2024	101
Figura 32 — Dimensão D2 do IBEU por Região Administrativa, em classes de quintis, DF	103
Figura 33 — Dispersão entre a dimensão D2 e a incidência média de dengue por RA	104
Figura 34 — Dispersão D1 e incidência média de dengue por RA	105
Figura 35 — Dispersão D3 e incidência média de dengue por RA	105

Figura 36 — Dispersão D4 e incidência média de dengue por RA	106
Figura 37 — Dispersão D5 e incidência média de dengue por RA	106
Figura 38 — Distribuição espacial dos respondentes do KAP por RA	111
Figura 39 — Distribuição das respostas ao bloco de conhecimento sobre dengue	112
Figura 40 — Distribuição das respostas ao bloco de atitudes.....	114
Figura 41 — Distribuição das respostas ao bloco de práticas de prevenção	116
Figura 42 — Escores por escolaridade	117
Figura 43 — Escores por renda.....	117
Figura 44 — Escores por faixa etária.....	118
Figura 45 — Motivos declarados para a não adoção de práticas preventivas	119
Figura 46 — Fontes de informação sobre dengue mais utilizadas pelos respondentes	120
Figura 47 — Dispersão entre escore de conhecimento e escore de práticas.....	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Fontes de dados utilizadas no estudo	45
Quadro 2 — 35 Regiões Administrativas do Distrito Federal	75
Quadro 3 — Síntese do plano espacial	85
Quadro 4 — Síntese do plano climático	98
Quadro 5 — Síntese do plano socioambiental	109
Quadro 6 — Síntese do plano qualitativo	122
Quadro 7 — Síntese geral dos achados por plano analítico.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Levantamento da estação automática INMET A001 (Brasília)	50
Tabela 2 — Síntese epidemiológica da dengue no Distrito Federal (2007-2025)	74
Tabela 3 — Dez Regiões Administrativas com maior incidência média de dengue, DF, 2014-2024...	76
Tabela 4 — Frequência de anos epidêmicos e incidência mediana por RA, DF, 2014-2024.....	77
Tabela 5 — Incidência de 2024 frente à média histórica 2014-2023, por RA	79
Tabela 6 — Sensibilidade da atribuição espacial: dez maiores divergências	82
Tabela 7 — Tendência climática anual, estação A001, 2000-2025	86
Tabela 8 — Lags de máxima correlação entre clima e incidência de dengue, DF, 2007-2025	95
Tabela 9 — Incidência anual de dengue no DF e classificação da SES-DF (2022), 2007-2025.....	97
Tabela 10 — Correlação entre o IBEU e a incidência média de dengue por RA, DF, 2014-2024	99
Tabela 11 — Perfil demográfico da amostra da pesquisa KAP, DF, 2025-2026	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
DF	Distrito Federal
ENSO	El Niño-Oscilação Sul
FCC	Função de Correlação Cruzada
IBEU	Índice de Bem-Estar Urbano
IBEU-DF	Índice de Bem-Estar Urbano do Distrito Federal
IDE-DF	Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEDF	Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal
KAP	Conhecimento, Atitudes e Práticas (Knowledge, Attitudes and Practices)
LAI	Lei de Acesso à Informação
MAUP	Problema das Unidades de Áreas Modificáveis (Modifiable Areal Unit Problem)
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PDAD	Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RA	Região Administrativa
SAU	Sistema Ambiental Urbano
SCU	Sistema Clima Urbano
SES-DF	Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
STL	Seasonal-Trend decomposition using Loess
SUS	Sistema Único de Saúde
SVS-DF	Subsecretaria de Vigilância à Saúde do Distrito Federal
UNOPS	Escritório das Nações Unidas de Serviços para Projetos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 A GEOGRAFIA DA SAÚDE E A COMPLEXIDADE DA DENGUE	22
2.2 O SISTEMA AMBIENTAL URBANO (SAU) E A SAÚDE	28
2.3 TERRITÓRIO, VULNERABILIDADE E DESIGUALDADES NO DF	36
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.1 Caracterização da área de estudo	41
3.2 Fontes de dados	44
3.3 Análise climática.....	49
3.4 Análise epidemiológica e espaço-temporal.....	52
3.5 Análise clima-dengue.....	54
3.6 Análise socioespacial	55
3.7 Pesquisa qualitativa: questionário KAP de dengue.....	57
3.8 Limitações do estudo	59
4 RESULTADOS	62
4.1 Caracterização epidemiológica da dengue no Distrito Federal (2007-2025).....	62
4.2 Distribuição espacial da dengue por Região Administrativa: incidência média, anomalia de 2024 e sensibilidade metodológica.....	73
4.3 Clima e dengue no Distrito Federal	84
4.4 Vulnerabilidade socioambiental e incidência de dengue	97
4.5 Conhecimento, atitudes e práticas sobre a dengue no Distrito Federal	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	126
APÊNDICE A — INSTRUMENTO DA PESQUISA KAP	134

1 INTRODUÇÃO

A trajetória da dengue no Brasil é de avanço contínuo desde que o vírus foi reintroduzido, no começo dos anos 1980. O que começou como transmissão pontual em Boa Vista e em Roraima espalhou-se por todas as regiões do país em pouco mais de uma década (Teixeira; Barreto; Guerra, 1999). Hoje, a doença é um dos maiores desafios sanitários do país, com a Organização Pan-Americana da Saúde (2024) registrando incidência elevada em cidades brasileiras. Tauil (2001) já apontava que a urbanização desordenada e o déficit de saneamento favorecem a proliferação do vetor, e Barcellos *et al.* (2009) acrescentam que as mudanças climáticas elevam o nível de complexidade do controle. Mas o problema vai além da biologia do vetor. Valle, Pimenta e Cunha (2015) mostram que a dengue é, antes de tudo, uma doença socioambiental. As iniquidades em saúde e as falhas de infraestrutura pesam tanto quanto a capacidade vetorial do *Aedes aegypti*. Gubler (1998) e Hales *et al.* (2002) descrevem a transmissão como resultado de fatores sobrepostos: temperatura, precipitação, densidade populacional e saneamento. No Brasil, esses fatores convergem justamente onde mora quem tem menos.

A doença é causada por um vírus transmitido principalmente pelo mosquito *Aedes aegypti*, vetor de grande carga de morbidade e mortalidade nas regiões tropicais e subtropicais, cujas características bioecológicas e adaptação ao ambiente domiciliar são descritas por Consoli e Oliveira (1994). A persistência e a expansão da dengue, com o aumento exponencial no número de casos e a cocirculação de múltiplos sorotipos, indicam uma mudança na epidemiologia global da doença, como destacam Teixeira, Barreto e Guerra (1999) e Couper *et al.* (2025). A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) têm alertado para uma elevação sem precedentes nos registros de casos de dengue nos últimos anos.

Em 2024, a OPAS reportou um recorde histórico de mais de 9,3 milhões de casos nas Américas nos primeiros seis meses, o que representa o dobro, com surtos inéditos em países que anteriormente não eram considerados endêmicos (Organização Pan-Americana da Saúde, 2024). No Brasil, a situação não é diferente. Com epidemias cada vez mais intensas, o país atingiu seu ponto crítico em 2024, com 6,4 milhões de casos prováveis, segundo consta no painel de monitoramento acessado em 2026 (Brasil, 2026). Essa intensificação sugere que as estratégias de controle atuais vêm sendo superadas pela interação de fatores que impulsionam

a doença e exige rever as abordagens vigentes.

Temperatura, chuva e umidade moldam o ciclo de vida do *Aedes aegypti*. Em temperaturas mais altas, o mosquito amadurece mais rapidamente, e o vírus incuba em menos tempo no mosquito, o que aumenta o potencial de transmissão (Liu-Helmersson *et al.*, 2014; Morin; Comrie; Ernst, 2013). Há ainda um efeito evolutivo: Couper *et al.* (2025) mostram que populações do vetor já variam em resistência ao calor, sinal de adaptação ao aquecimento e de que a distribuição geográfica do mosquito tende a se ampliar. A chuva age de forma menos linear. Precipitações moderadas e intermitentes favorecem a formação de criadouros, já que os períodos secos subsequentes induzem à eclosão massiva dos ovos. Chuvas muito intensas podem eliminar focos existentes (Coalson *et al.*, 2021). Ondas de calor, alternância entre seca e chuvas intensas, e eventos extremos cada vez mais frequentes desenharam um cenário climático que acelera a proliferação do vetor nas cidades (Barcellos *et al.*, 2024).

O mesmo mecanismo que rege o ciclo do vetor no trópico empurra-o para fora dele. Modelos de redistribuição do risco projetam deslocamento em direção aos polos: o aquecimento amplia a área climaticamente apta ao *Aedes aegypti* e ao *Aedes albopictus* e, no cenário mais severo, quase um bilhão de pessoas seriam expostas pela primeira vez à transmissão dentro deste século, com aumento substancial do risco em boa parte da Europa já no curto prazo (Hales *et al.*, 2002; Ryan *et al.*, 2019). O avanço não é apenas uma projeção. Thomson e Stanberry (2022) registram transmissão autóctone de dengue na Croácia e na França desde 2010 e estimam que, a partir de 2030, a mudança climática se torne a causa dominante da expansão desses vetores, hoje explicada sobretudo pela mobilidade humana. A implicação conceitual não é pequena. A dengue deixa de ser estritamente uma arbovirose tropical e passa a exigir leitura como fenômeno global em expansão, no qual o clima redesenha a área de risco e a produção do espaço urbano define, dentro dela, quem adoece (Paz-Bailey *et al.*, 2024).

Enquanto o clima fornece as condições ecológicas, a urbanização desordenada cria criadouros. Crescimento urbano sem planejamento adequado, com insuficiência de água e de esgoto, gestão precária de resíduos e proliferação de assentamentos informais, cria o habitat ideal para o *Aedes aegypti* nas periferias (Tauil, 2001).

Os dois macrofenômenos, crises climáticas e urbanização acelerada, não atuam de forma paralela. Eles se retroalimentam. Como apontam Barcellos *et al.* (2009, p. 295),

pelo menos para a malária, a dengue e a febre amarela, raramente o clima foi o principal determinante para sua prevalência ou seu alcance geográfico. Ao contrário, impactos nos ecossistemas em nível local provocados por atividades humanas têm se mostrado muito mais significativos.

Siqueira *et al.* (2017) mostram como isso funciona no dia a dia. Ao analisar as Regiões Administrativas Estrutural e Taguatinga, no Distrito Federal, os autores apontam que a alta incidência nessas regiões pode estar relacionada ao saneamento básico precário, à dinâmica urbana e à prática de armazenamento de água, especialmente nos períodos secos, quando o vírus continua a circular. Mesmo onde chega à rede formal de água e esgoto, a intermitência do serviço obriga as pessoas a guardarem água em casa. E é ali dentro que o vetor se reproduz.

Nesse contexto, o Distrito Federal (DF) emerge como um estudo de caso de relevância particular. Em 2024, nos primeiros meses do ano, o DF registrou a maior taxa de incidência de dengue do país, o que levou o governo local a declarar estado de emergência em saúde pública (Benito *et al.*, 2024; Distrito Federal, 2024). Essa crise foi atribuída a uma combinação de fatores climáticos extremos, incluindo a intensa atuação do fenômeno El Niño, temperaturas elevadas e precipitação irregular, em conjunto com a circulação simultânea de múltiplos sorotipos de dengue (Gonçalves; Oliveira; Croda, 2024; Souza; Weaver, 2024). A inserção da doença no território é historicamente recente quando comparada à de outras regiões do país. No DF, os primeiros casos autóctones ocorreram em 1997 e a primeira epidemia foi registrada em 2002 (Drumond *et al.*, 2020), o que demonstra que o Distrito Federal, apesar de seu planejamento, tornou-se vulnerável à pressão epidemiológica em curto espaço de tempo.

A epidemia de 2024 no DF apresentou características distintas dos surtos anteriores. A Subsecretaria de Vigilância à Saúde do Distrito Federal (SVS-DF) registrou mais de 320 mil casos notificados (SES-DF, 2024), com uma incidência de cerca de 9,8 mil casos por 100 mil habitantes, patamar que colocou o DF entre as unidades federativas mais atingidas do país.

O Decreto nº 45.448/2024 oficializou a emergência em saúde pública no DF. Recursos extraordinários foram utilizados para o controle vetorial; o atendimento clínico foi reforçado e centros de hidratação foram abertos nas regiões mais afetadas. A execução, contudo, seguiu um padrão setorial. Saúde, urbanismo e gestão ambiental operaram em paralelo, ainda que o problema enfrentado atravessasse as três pastas. Gomes (2022) já havia descrito esse padrão de atuação fragmentada no enfrentamento da dengue no DF entre 2017 e 2018.

O projeto de Brasília nasceu modernista, e o Plano Piloto de Lúcio Costa propunha setores funcionais e uma organização do espaço que, em tese, produziria equidade. A promessa ficou restrita ao Plano. Nas décadas seguintes, as Regiões Administrativas, muitas delas formadas pela remoção de moradores de baixa renda para as margens do território, consolidaram-se com fraca presença estatal e pouco investimento em infraestrutura, o que Paviani (1996) descreve como uma metrópole polinucleada, composta por assentamentos esparsos e desiguais. O resultado é o abismo que Maricato (2000) nomeia entre a cidade legal,

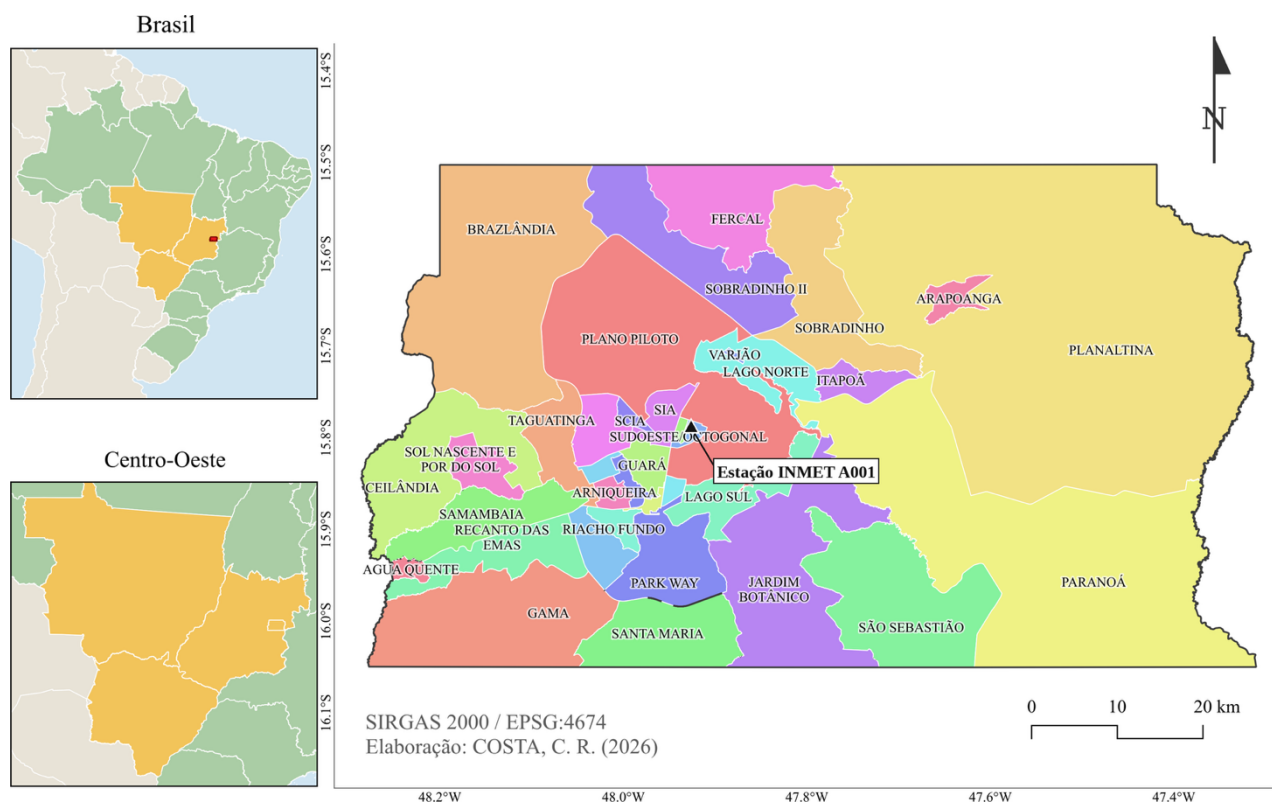
regulada e servida por infraestrutura, e a cidade ilegal, produzida pela necessidade. Essa fratura não é só urbanística: define onde o *Aedes aegypti* encontra melhores condições de reprodução, onde a população tem menor acesso a serviços de saúde e onde os surtos de dengue se concentram com mais força.

A ocupação do DF nos anos 1970 empurrou as classes trabalhadoras para áreas de menor valor fundiário e maior fragilidade ambiental, em um processo rápido no qual a infraestrutura não acompanhou o ritmo da ocupação (Paviani, 1996). Nessas RAs, o abastecimento de água, o esgoto e a coleta de resíduos funcionam de forma precária ou intermitente, resultado de uma produção territorial que, ao longo de décadas, distribuiu proteção e recursos de forma desigual. Não são apenas espaços de carência material: são territórios onde a insuficiência do Estado se manifesta na falta de saneamento e no acesso difícil à rede de proteção social, e é neles que a dengue se instala com mais força e persiste por mais tempo.

Os termos não são intercambiáveis, e a distinção é importante para o que segue. Brasília é a cidade inaugurada em 1960 e capital federal, cujo núcleo original corresponde ao Plano Piloto de Lúcio Costa, hoje uma das 35 Regiões Administrativas. O Distrito Federal é a unidade da federação que a contém, delimitada a leste pelo Rio Preto e a oeste pelo Rio Descoberto. A Região Administrativa é a unidade de descentralização administrativa interna ao Distrito Federal, instituída por lei e desprovida de autonomia municipal: não elege prefeito nem câmara legislativa própria, e sua administração é indicada pelo governo distrital, o que a distingue do município.

A mancha urbana, contudo, extravasa o quadrilátero e avança sobre municípios goianos conurbados, o que não é objeto deste trabalho. Quando Paviani (1996) fala em metrópole polinucleada, refere-se ao Distrito Federal, e não a Brasília nem ao conjunto metropolitano: não a uma cidade compacta cercada por periferia contínua, mas a um arranjo de núcleos dispersos, separados por vazios e por dezenas de quilômetros. A análise desenvolvida aqui opera na escala do Distrito Federal e adota a Região Administrativa como unidade de análise (Figura 1).

Figura 1 — Distrito Federal: divisão político-administrativa e localização da estação INMET A001



Fonte: Elaboração própria a partir do shapefile do Distrito Federal (IDE-DF, 2024).

Com 3.336.867 habitantes para 2026, segundo a projeção oficial do IPEDF (2024), distribuídos em 5.760,78 km² (IBGE, 2024), o Distrito Federal situa-se no Planalto Central, a altitudes que historicamente limitaram a dengue em comparação com capitais de planície. O clima predominante é o tropical de savana, Aw, com estação seca no inverno e sazonalidade marcada (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014): o período chuvoso vai de outubro a abril e a seca de maio a setembro. Para a ecologia do *Aedes aegypti*, essa alternância importa porque a combinação de calor e umidade no primeiro semestre abre uma janela de vulnerabilidade epidemiológica que se repete ano a ano (Mendonça; Souza; Dutra, 2009).

A escolha do Distrito Federal como campo de estudo, com a análise da dengue em suas Regiões Administrativas (RAs), permite investigar as características socioespaciais e climáticas que influenciam a transmissão da doença. Essa abordagem busca investigar as interações entre o ambiente construído e a saúde da população, evidenciando as relações entre sistemas de objetos e de ações que moldam o “uso do território” (Santos, 2006) no contexto da doença.

A vulnerabilidade à dengue, cabe enfatizar, não é um atributo fixo dos lugares. Adger (2006) a define como uma condição dinâmica que articula três dimensões: a exposição a

perigos, a sensibilidade dos elementos expostos e a capacidade adaptativa das comunidades. No plano conceitual, a literatura brasileira sobre mudança climática e saúde já firmou esse entendimento:

os riscos são o produto de perigos e vulnerabilidades. Os perigos, no caso das mudanças globais, são dados pelas condições ambientais e pela magnitude de eventos. Já as vulnerabilidades são conformadas pelas condições sociais, marcadas pelas desigualdades, as diferentes capacidades de adaptação, resistência e resiliência (Barcellos *et al.*, 2009, p. 299).

No DF, as três dimensões se distribuem de forma radicalmente desigual pelo território. RAs com infraestrutura consolidada e acesso facilitado a serviços de saúde tendem a reduzir tanto a exposição ao vetor quanto a gravidade dos casos, ao passo que RAs marcadas por baixa renda, informalidade habitacional e déficits de saneamento concentram os componentes da vulnerabilidade no mesmo espaço, resultado direto da produção desigual do espaço urbano no Sistema Ambiental Urbano (Mendonça, 2004).

A hipótese desta dissertação parte do pressuposto do SAU de Mendonça (2004). No DF, o clima é condição necessária, mas não suficiente, para explicar a distribuição da dengue. Temperatura, precipitação e umidade atuam como entradas do subsistema físico, mas a dinâmica da doença é mediada pelas vulnerabilidades já instaladas no subsistema social, que se manifestam em déficits de saneamento, desigualdade de renda e precariedade habitacional. A partir dessa hipótese, RAs com piores indicadores socioambientais devem apresentar uma incidência e uma persistência mais altas da dengue, mesmo quando submetidas ao mesmo regime climático que RAs mais estruturadas.

O combate à dengue no Brasil operou, por muito tempo, sob uma lógica centrada no controle vetorial. Essa abordagem biomédica dá conta do mosquito, mas não do território em que ele vive. A Organização Pan-Americana da Saúde (2024) tem insistido que a intensificação recente dos surtos nas Américas decorre da convergência entre mudanças climáticas, urbanização sem planejamento e vigilância enfraquecida. A epidemia brasileira de 2024 deu sustentação a esse diagnóstico nos dados. A presente pesquisa responde a essa lacuna, ao propor uma análise que articula clima, território e saúde na escala das Regiões Administrativas do DF.

No plano da saúde pública, o enfrentamento da dengue no Brasil se organiza no âmbito do Sistema Único de Saúde, que reúne, na mesma estrutura, a vigilância epidemiológica, a vigilância ambiental e a atenção primária à saúde. A arquitetura é uma vantagem institucional, pois permite articular notificação, controle vetorial e cuidado no mesmo território. A resposta, porém, costuma ser acionada pelo pico epidêmico e sob a lógica de campanha, ao passo que os

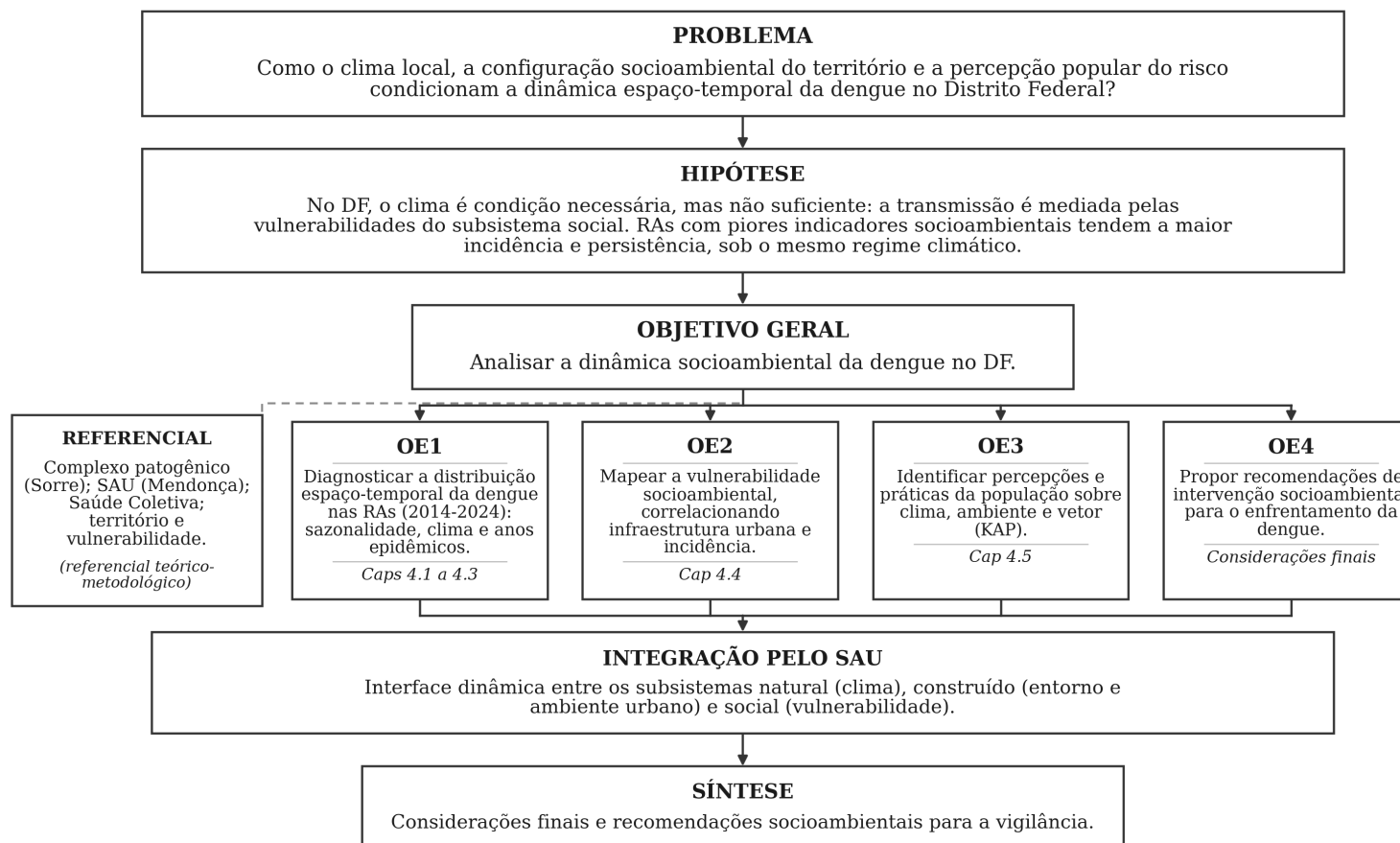
determinantes que produzem o risco, o saneamento, o manejo de resíduos, a qualidade da moradia e a regularidade do abastecimento de água, estão fora do setor saúde e operam em escala de anos (Buss; Pellegrini Filho, 2007). A leitura pela Saúde Coletiva desloca a pergunta: menos como eliminar o mosquito e mais por que ele encontra, em certos territórios e não em outros, as condições para se reproduzir. É nesse deslocamento que a Geografia da Saúde e a Saúde Coletiva se encontram, e é dele que este trabalho parte.

Do ponto de vista teórico, este estudo busca contribuir para a Geografia da Saúde no Brasil ao trabalhar com o conceito de complexo patogênico de Sorre (1933), o Sistema Ambiental Urbano de Mendonça (2004) e a perspectiva da Saúde Coletiva. Do ponto de vista prático, pretende oferecer subsídios para a prevenção e o controle da dengue no DF. O desenho da pesquisa é apresentado na Figura 2.

Com o objetivo de analisar a dinâmica socioambiental da dengue no Distrito Federal, compreendendo como a interação entre condicionantes climáticos e determinantes sociais de saúde influencia a distribuição espacial e temporal da doença e visando subsidiar estratégias de vigilância e controle, busca-se:

- Diagnosticar a distribuição espacial e temporal dos casos de dengue nas Regiões Administrativas do DF (2014-2024), identificando os padrões de sazonalidade, a influência da variabilidade climática (análise rítmica) e os anos epidêmicos críticos.
- Mapear a vulnerabilidade socioambiental à dengue nas RAs do DF, correlacionando indicadores de infraestrutura urbana com a incidência da doença, a fim de identificar determinantes sociais.
- Identificar, em caráter exploratório, o conhecimento, as atitudes e as práticas da população do Distrito Federal sobre a relação entre clima, ambiente urbano e riscos relacionados ao vetor, por meio de um questionário de Conhecimento, Atitudes e Práticas (CAP), a fim de dimensionar a distância entre o conhecimento disponível e a ação preventiva no cotidiano.
- Propor recomendações e estratégias de intervenção socioambiental para o enfrentamento da dengue no Distrito Federal, contribuindo para o fortalecimento das políticas públicas de saúde e de planejamento urbano e territorial.

Figura 2 — Desenho da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2026).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A GEOGRAFIA DA SAÚDE E A COMPLEXIDADE DA DENGUE

A dengue é uma doença do território antes de ser uma arbovirose, e tratá-la como fenômeno geográfico exige um arcabouço que recuse a leitura biomédica estrita. A Geografia da Saúde se insere aqui, ao ler o espaço como condicionante da distribuição das doenças. A preocupação tem raízes antigas, já presentes nos escritos hipocráticos de “Ares, Águas e Lugares”, nos quais a Antiguidade Clássica relacionava a doença ao ambiente do lugar (Ferreira, 1991). Séculos depois, Maximilien Sorre retoma essa intuição em “*Les Fondements de la Géographie Humaine*” (Sorre, 1951), texto que abre caminho para a consolidação da Geografia Médica, que mais tarde se torna a Geografia da Saúde.

Pensar em doença infecciosa apenas pelo agente etiológico é uma leitura incompleta. Essa era a crítica que Sorre (1933) fazia à medicina de sua época ao formular o conceito de Complexos Patogênicos. Para ele, a doença emerge de um arranjo que inclui o patógeno, o vetor, o hospedeiro humano e o meio geográfico (Ferreira, 1991; Sorre, 1933). Cada complexo tem uma geografia própria, sustentada pelas condições ecológicas locais que permitem a coexistência desses elementos. Ferreira (1991) interpreta essa formulação como uma ruptura com a causalidade linear, pois desloca a doença para um campo de relações em que o clima, a biogeografia e as condições sociais atuam simultaneamente.

Aplicada à dengue, essa lente identifica um complexo patogênico de quatro componentes: o vírus do gênero *Flavivirus*, o mosquito *Aedes aegypti*, a população humana suscetível e o ambiente geográfico, entendido como o conjunto de condições climáticas, ecológicas e sociais que organizam o território. O vírus, sozinho, não gera epidemia, e o ciclo de transmissão precisa do meio geográfico para se completar: temperatura que permite o desenvolvimento larval e a replicação viral, precipitação que cria criadouros, espaço urbano com recipientes artificiais, população exposta em condições de vulnerabilidade. A dengue não ocorre em qualquer lugar; ela territorializa-se onde o complexo patogênico encontra condições para sua reprodução (Mendonça; Souza; Dutra, 2009; Sorre, 1933).

Autores brasileiros retomaram a formulação de Sorre para pensar as arboviroses urbanas. Mendonça, Souza e Dutra (2009) leem as arboviroses contemporâneas como uma nova geração de complexos patogênicos, cuja emergência está associada à urbanização acelerada e às mudanças climáticas que ampliaram as condições favoráveis ao vetor. Essa leitura encontra-

se consolidada em Mendonça (2021), que apresenta um quadro geográfico ampliado da dengue no Brasil. Mendonça, Souza e Dutra (2009) já haviam registrado que a distribuição das doenças infecciosas no país responde ao padrão de ocupação territorial e às desigualdades socioeconômicas, e não apenas às condições naturais. A epidemia de 2024 dá respaldo a esse diagnóstico: o Brasil notificou mais de 6,4 milhões de casos de dengue, uma magnitude que evidencia a persistência do complexo patogênico, sustentado pelas condições socioambientais do território (Gonçalves; Oliveira; Croda, 2024).

Ler a dengue como fenômeno socioambiental implica reconhecer duas camadas de fatores: os condicionantes ambientais e os determinantes sociais da saúde. Os primeiros, objeto da epidemiologia ambiental, são variáveis físicas do ambiente, como temperatura, precipitação e umidade, que incidem sobre o ciclo do vetor e a transmissão viral, e cujos mecanismos são detalhados adiante nesta seção. Os determinantes sociais, formulados no âmbito da saúde coletiva, dizem respeito às condições socioeconômicas, habitacionais, de saneamento e de acesso a serviços que configuram a vulnerabilidade diferencial das populações frente aos riscos sanitários.

Buss e Pellegrini Filho (2007), a partir do trabalho da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS), mostram que as condições socioeconômicas, culturais e ambientais produzem uma estratificação social que organiza o perfil de saúde-doença dos grupos populacionais. No caso da dengue, essa estratificação se inscreve no território: populações de baixa renda, vivendo em áreas com saneamento deficiente, coleta de lixo irregular e habitações precárias, ficam mais expostas ao vetor e têm menor capacidade de resposta à infecção. Essa configuração reproduz o que a literatura da saúde coletiva denomina iniquidade em saúde: diferenças sistemáticas e evitáveis entre grupos, decorrentes da distribuição desigual de recursos e de poder (Buss; Pellegrini Filho, 2007).

A articulação entre condicionantes ambientais e determinantes sociais confere à dengue seu caráter socioambiental e torna insuficiente qualquer abordagem que isole o biológico do social ou o climático do territorial. Este estudo se insere nessa interface e procura compreender como o clima local, a configuração socioambiental do território e o conhecimento, as atitudes e as práticas da população condicionam a dinâmica espaço-temporal da dengue no Distrito Federal. Essa leitura dialoga com o que Barcellos *et al.* (2009) chamam de “cenários de mudança”: situações em que transformações climáticas e ambientais se somam a contextos de desigualdade social já instalados e abrem espaço para o avanço de doenças infecciosas.

Para dimensionar a relevância do objeto, é útil situar a dengue no quadro epidemiológico global e nacional. É uma das arboviroses de maior impacto na saúde pública contemporânea.

Causada por um vírus de RNA da família *Flaviviridae*, com quatro sorotipos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4), a doença é transmitida principalmente pela picada do mosquito *Aedes aegypti* e apresenta um espectro clínico que vai de quadros assintomáticos a formas graves e potencialmente fatais, como a dengue hemorrágica e a síndrome do choque da dengue (Organização Mundial da Saúde, 2009).

Bhatt et al. (2013) estimam cerca de 390 milhões de infecções anuais no mundo, das quais 96 milhões se manifestam clinicamente, um número três vezes maior do que as estimativas anteriores da OMS. A incidência registrada tem crescido significativamente nas últimas décadas, e a Região das Américas tem sido particularmente afetada por essa expansão, que avança para latitudes e altitudes antes consideradas pouco receptivas ao vetor (Organização Pan-Americana da Saúde, 2024). Os principais fatores dessa escalada são a urbanização desordenada, as mudanças climáticas e a deficiência de saneamento básico, que, somados à globalização dos fluxos de pessoas e mercadorias, ampliam continuamente as condições ecológicas favoráveis à reprodução do vetor (Souza; Weaver, 2024).

No Brasil, a dengue é um problema de saúde pública de larga escala e integra a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças e agravos, definida pela Portaria de Consolidação GM/MS nº 4/2017, o que obriga todos os serviços de saúde, públicos e privados, a notificarem os casos suspeitos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) em até 24 horas (Brasil, 2017). Essa regra confere ao SINAN o papel de principal fonte de dados para a vigilância da doença e estrutura boa parte das análises deste trabalho. O país concentra uma parcela importante dos casos nas Américas, e sua trajetória epidemiológica expressa tanto as condições climáticas favoráveis ao vetor quanto as desigualdades socioespaciais que marcam a urbanização brasileira.

A reintrodução da doença ocorreu na década de 1980, após um período de aparente erradicação do *Aedes aegypti*, e esteve ligada à urbanização acelerada e à intensificação dos fluxos globais de pessoas e mercadorias (Tauil, 2001). Desde então, o país convive com ciclos epidêmicos recorrentes e de magnitude crescente, e os quatro sorotipos circulam simultaneamente, o que eleva o risco de formas graves: a reinfecção por sorotipo diferente daquele que causou a primeira infecção pode desencadear quadros hemorrágicos e choque (Teixeira; Barreto; Guerra, 1999).

Maricato (2000) oferece uma chave interpretativa importante para esse cenário ao argumentar que o padrão brasileiro de urbanização periférica, marcado pela autoconstrução em áreas desprovidas de infraestrutura, produziu, nas cidades, um ambiente propício à proliferação de arboviroses. Esse padrão concentra populações vulneráveis em territórios com deficiências

de saneamento, drenagem e coleta de resíduos, elementos que constituem habitats ideais para o *Aedes aegypti*. Tauil (2001) aprofunda essa análise ao demonstrar que a carência de infraestrutura sanitária nas periferias urbanas, como o abastecimento irregular de água, a coleta inadequada de lixo e a ausência de sistemas de esgoto, cria um grande número de criadouros potenciais. O problema, contudo, não se limita à ausência de serviços: mesmo em áreas com cobertura formal, a intermitência no abastecimento de água pode compelir moradores a adotar práticas de armazenamento que, se inadequadas, tornam-se sítios de reprodução do vetor (Drumond *et al.*, 2020).

Para Gomes (2022), a baixa efetividade das políticas de saneamento na prevenção de arboviroses está frequentemente associada à fragmentação intersetorial e ao foco excessivo no controle químico-vetorial em detrimento de medidas preventivas estruturais. A presença de lotes baldios, canteiros de obras e imóveis abandonados agrava o quadro, funcionando como depósitos de água e lixo, o que amplia a densidade vetorial (Tauil, 2001). A dinâmica socioespacial das cidades brasileiras, com suas áreas de segregação e vulnerabilidade, amplifica o risco de transmissão e surtos, como demonstram os trabalhos organizados por Mendonça (2021) e Paviani (1996) sobre a produção social do espaço urbano e seus efeitos na saúde no DF.

A dinâmica de transmissão da dengue depende da biologia e da ecologia do seu principal vetor. O *Aedes aegypti* é uma espécie sinantrópica de origem africana, adaptada ao ambiente urbano doméstico, e sua distribuição geográfica está associada à presença humana e à oferta de criadouros artificiais. Em ambientes rurais ou florestais, a espécie é raramente encontrada. Consoli e Oliveira (1994), obra de referência sobre mosquitos de importância sanitária no Brasil, registram que o vetor utiliza recipientes artificiais, como pneus, vasos de plantas, caixas d'água descobertas e resíduos sólidos diversos para a oviposição, com fêmeas que se alimentam preferencialmente de sangue humano e têm atividade de picada predominantemente diurna.

Uma característica biológica de particular importância epidemiológica é a resistência dos ovos à dessecação: podem permanecer viáveis por até 450 dias em condições de seca e eclodir quando o contato com a água se restabelece. Isso significa que, mesmo em períodos de estiagem, o potencial de colonização de criadouros permanece latente, o que contribui para a rápida recolonização de áreas tratadas pelo controle vetorial. A preferência por criadouros artificiais confere à dengue um caráter eminentemente urbano, diretamente vinculado às condições de moradia e à gestão de resíduos sólidos. No Distrito Federal, essa relação se manifesta de forma diferenciada entre as Regiões Administrativas, com maior densidade de criadouros nas regiões periféricas que apresentam déficits de infraestrutura e saneamento

(Valle; Pimenta; Cunha, 2015).

O clima incide diretamente sobre a capacidade vetorial do *Aedes aegypti*, e a temperatura é o fator mais estudado. Liu-Helmersson *et al.* (2014) modelaram a capacidade vetorial em função da temperatura ambiente e da amplitude térmica diária, e seus resultados mostram que a temperatura governa a taxa de eclosão dos ovos, o tempo de desenvolvimento larval e pupal, a longevidade do mosquito adulto e o período de incubação extrínseca (PIE) do vírus, que é o intervalo entre o repasto sanguíneo infectante e o momento em que o mosquito se torna capaz de transmitir o vírus a um novo hospedeiro. Na faixa de 25°C a 29°C, o ciclo de ovo a adulto se completa em 7 a 10 dias, e a capacidade vetorial se aproxima de seus valores máximos (Consoli; Oliveira, 1994). O PIE varia na mesma direção, caindo para cerca de 4 dias a 30°C e alongando-se para 7 a 14 dias a 25°C. Temperaturas acima de 35°C elevam a mortalidade dos adultos e definem um teto para a relação entre calor e transmissão, enquanto, abaixo de 18°C, o desenvolvimento do vetor praticamente cessa. A implicação epidemiológica é imediata: temperaturas na faixa ótima encurtam o PIE, aceleram o ciclo reprodutivo e elevam a capacidade de transmissão.

A precipitação atua de forma menos linear do que a temperatura. Chuvas regulares e de volume moderado alimentam os criadouros urbanos, sobretudo nos recipientes artificiais que se multiplicam em áreas com saneamento precário; porém, eventos extremos produzem efeito oposto: transbordam os criadouros e provocam destruição mecânica de ovos e larvas (Coalson *et al.*, 2021). A umidade relativa opera no mesmo registro: valores acima de 70% prolongam a sobrevivência do mosquito adulto e se associam ao aumento de casos, enquanto umidades abaixo de 40% encurtam a longevidade do *Aedes aegypti* e reduzem o número de ciclos gonotróficos que uma fêmea consegue completar, o que limita diretamente a transmissão (Mendonça, 2021).

Essas variáveis são integradas em boletins semanais de risco pelo SACDengue, sistema de alerta climático de dengue desenvolvido no Laboratório de Climatologia da Universidade Federal do Paraná, em funcionamento desde janeiro de 2011 (Caikoski *et al.*, 2024). Roseghini (2013), em tese sobre a relação entre clima e dengue no Centro-Sul do Brasil, integra esse esforço. Esse conjunto de condições se intensifica nas ilhas de calor urbanas, que elevam as temperaturas mínimas nos centros das cidades e criam um ambiente termodinamicamente favorável ao vetor em áreas densamente urbanizadas (Aquino Júnior; Mendonça, 2012).

Na escala interanual, o El Niño-Oscilação Sul (ENSO) é apontado como possível modulador dos surtos de dengue, embora a evidência da relação seja heterogênea. Johansson, Cummings e Glass (2009), ao examinarem dados de Porto Rico, México e Tailândia,

encontraram associações fracas e inconsistentes entre o ENSO e a incidência de dengue, sugerindo que o efeito é mediado por heterogeneidades climáticas locais. O Distrito Federal tem clima tropical de altitude, com verão chuvoso de outubro a abril e inverno seco de maio a setembro, e a concentração de casos no primeiro semestre acompanha esse ciclo, quando temperaturas elevadas e chuvas da estação úmida se sobrepõem (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014).

A dengue segue, no Brasil, um padrão cíclico determinado pela circulação dos quatro sorotipos e pela imunidade acumulada na população. A reintrodução do DENV-1 em 1986 abriu a série, e os sorotipos subsequentes produziram ondas epidêmicas sucessivas. O DENV-2 entrou em 1990 e trouxe os primeiros casos de maior gravidade clínica; o DENV-3 apareceu em 2000 e provocou uma epidemia de cerca de 800 mil casos em 2002; e o DENV-4 foi detectado em 2010, o que consolidou o quadro de hiperendemicidade (Teixeira; Barreto; Guerra, 1999; Valle; Pimenta; Cunha, 2015). Essa substituição sorológica é a chave dos ciclos epidêmicos, pois cada sorotipo predominante encontra uma população suscetível e gera ondas de transmissão de grande magnitude.

No Distrito Federal, a série histórica acompanha esse movimento nacional com inflexões próprias. Entre 2000 e 2012, a região registrou anos epidêmicos alternados com períodos de menor incidência, um padrão compatível com a circulação predominante do DENV-1 (Siqueira *et al.*, 2017; Steinke, 2021). De 2013 em diante, observa-se um período de relativa quiescência, com queda expressiva no número de casos notificados, fase provavelmente sustentada pela imunidade acumulada contra os sorotipos que então circulavam. Esse padrão se rompe em 2024, quando o DF registra mais de 320 mil notificações em uma população de aproximadamente 3,3 milhões de habitantes. A emergência do DENV-2, diante de uma população com baixa imunidade, somada a condições climáticas favoráveis ao vetor, resultou na maior epidemia de dengue da história do Distrito Federal (Gonçalves, Oliveira e Croda, 2024). A magnitude do evento demonstrou os limites das estratégias de controle vetorial centradas em inseticidas e na eliminação de criadouros, e a decretação do estado de emergência em saúde pública evidenciou fragilidades do sistema de vigilância diante de surtos de grande porte (Distrito Federal, 2024).

A crise climática global adiciona um vetor de incerteza a esse quadro. Hales *et al.* (2002) projetam que o aquecimento global tende a expandir as áreas climaticamente adequadas à transmissão da dengue em termos de latitude e altitude, o que amplia a população exposta ao risco. Para o Brasil, Barcellos e Lowe (2014) mostram uma tendência de aumento na frequência e na intensidade dos surtos, associada à elevação gradual das temperaturas médias. A leitura

cabe ao Distrito Federal, situado a cerca de 1.100 metros de altitude, onde a elevação das temperaturas mínimas pode reduzir o efeito limitante que a altitude historicamente impôs à capacidade vetorial do *Aedes aegypti* e ampliar tanto a magnitude quanto a duração dos surtos.

A dengue não se reduz a uma única explicação. Ela brota da articulação entre o complexo patogênico formulado por Sorre (1951), os condicionantes climáticos que modulam a competência vetorial, os determinantes sociais que geram vulnerabilidades desiguais e os processos de urbanização que produzem territórios distintamente expostos ao risco. Recusar a separação entre o biológico e o social, entre o clima e o território, é o passo necessário para uma leitura geográfica da doença.

O Sistema Ambiental Urbano (SAU), proposto por Mendonça (2004), oferece um arcabouço capaz de integrar, num mesmo modelo analítico, os condicionantes climáticos, os processos de urbanização e os problemas socioambientais deles decorrentes. Articulado à perspectiva da Saúde Coletiva e aos determinantes sociais da saúde, o SAU permite enquadrar a dengue não como fenômeno exclusivamente epidemiológico, mas como expressão de um sistema socioambiental urbano em desequilíbrio.

2.2 O SISTEMA AMBIENTAL URBANO (SAU) E A SAÚDE

A relação entre clima e saúde é um dos eixos mais ativos da pesquisa geográfica contemporânea e ganha força a cada novo ciclo de urbanização e a cada nova evidência sobre os efeitos das mudanças climáticas nos sistemas ecológicos e sociais (Barcellos *et al.*, 2009; Morin; Comrie; Ernst, 2013). Na Climatologia Geográfica, o clima não aparece como variável isolada, mas como componente ativo do espaço geográfico, e sua compreensão depende da articulação entre dinâmicas atmosféricas e processos sociais. A consequência epistemológica é direta: o clima urbano não se reduz a séries históricas de temperatura e precipitação, pois é produzido, e não apenas registrado, pela maneira como as sociedades ocupam, constroem e transformam seus territórios.

O aquecimento global eleva as temperaturas médias e altera os regimes pluviométricos e, com isso, tem contribuído para a expansão geográfica de vetores, como o *Aedes aegypti*, para latitudes e altitudes antes consideradas não receptivas. Ryan *et al.* (2019) modelaram o risco global de transmissão de arbovírus em cenários de mudança climática e mostraram que, até o fim do século, mais de um bilhão de pessoas devem passar a viver em áreas de transmissão do vírus da dengue. Thomson e Stanberry (2022), em revisão publicada no *New England Journal of Medicine*, reforçam esse prognóstico ao reunir evidências de que o aquecimento global já

amplia a ocorrência de doenças transmitidas por vetores em regiões temperadas.

No Brasil, que concentra a maior carga global de dengue, a tendência é dupla: intensificação dos surtos nas áreas endêmicas e chegada da transmissão a regiões antes tidas como protegidas por condições climáticas desfavoráveis ao vetor. O Distrito Federal, a cerca de 1.100 metros de altitude e com clima tropical de altitude, marcado por estação seca, teve historicamente incidência de dengue menor do que a das capitais de planície, quadro que se alterou nas últimas duas décadas e culminou na epidemia sem precedentes de 2024.

O estudo do clima urbano tem uma tradição teórica consolidada e reconhece a cidade como um ambiente modificado pela ação antrópica. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis, a concentração de atividades geradoras de calor e o padrão de ocupação do solo alteram os parâmetros climáticos locais. Essa tradição tem raízes na obra de Geiger (1961), cuja investigação sobre microclimas mostrou que as variações locais da atmosfera respondem ao relevo, à vegetação e à ocupação humana. Para Geiger, o clima que importa para os organismos vivos, inclusive os vetores de doenças, não é o das estações meteorológicas convencionais, mas o microclima da camada próxima ao solo, que depende do uso e da cobertura da terra.

Landsberg (1981), em *The Urban Climate*, aprofundou essa leitura, sistematizou o campo do clima urbano e seus efeitos sobre o bem-estar humano, fundou a bioclimatologia urbana e documentou pela primeira vez, de modo abrangente, como as cidades produzem seus próprios ambientes atmosféricos, com temperaturas mais altas, umidade relativa distinta e ventilação alterada em relação ao entorno rural. Oke (1987), por sua vez, concentrou-se na camada limite urbana (*urban boundary layer*) e descreveu como as trocas de energia e calor no ambiente construído, o balanço de radiação, os fluxos de calor sensível e latente, o armazenamento térmico nas superfícies edificadas influenciam o microclima das cidades.

O conceito de *urban canopy layer*, a camada atmosférica situada entre o nível do solo e o topo dos edifícios, permanece como referência obrigatória em climatologia urbana, e é nessa mesma camada que se desenvolve a maior parte da atividade biológica de *Aedes aegypti*. Na França, Pédelaborde (1983) completou essa leitura com uma abordagem regional e integrada da climatologia, que insistia no vínculo entre o clima, o mundo biológico e os modos de vida, e antecipava, em boa medida, as preocupações atuais com as interfaces entre o clima e a saúde.

No Brasil, a consolidação da climatologia geográfica como campo disciplinar deve muito a Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Em sua tese de livre-docência, apresentada à Universidade de São Paulo, Monteiro (1975) propôs o Sistema Clima Urbano (SCU), um arcabouço teórico-metodológico que compreende o clima da cidade como um sistema

complexo, aberto e adaptativo, resultante da interação entre processos atmosféricos e a dinâmica de produção do espaço. A originalidade do SCU reside em seu compromisso com uma análise rítmica e geográfica do clima, recusando o tratamento estatístico-descritivo que predominava na meteorologia clássica e inserindo a análise climática na lógica da produção social do espaço.

Com a noção de ritmo climático, Monteiro desloca a ênfase das médias para a sucessão habitual e excepcional dos estados atmosféricos, o que importa para a epidemiologia da dengue. Não são as médias climáticas que comandam a dinâmica vetorial, e sim a sequência de eventos, como ondas de calor, períodos chuvosos concentrados e veranicos, que modulam as condições de reprodução e sobrevivência do *Aedes aegypti* ao longo do tempo.

O SCU organiza-se em três subsistemas articulados. O sistema termodinâmico aborda as condições de conforto térmico e as ilhas de calor. O físico-químico diz respeito à qualidade do ar. E o sistema hidrometeorológico aborda os impactos pluviométricos, os extremos de precipitação incluídos e seus efeitos sobre o ambiente urbano (Monteiro, 1975). Mais recentemente, Andrade (2005) retomou essa perspectiva integradora e sustentou que o estudo do clima precisa articular variáveis físicas e sociais, superar as dicotomias históricas da geografia e aproximar a climatologia da análise das dinâmicas socioespaciais. Essa tradição teórica, de Geiger a Monteiro, de Landsberg a Andrade, oferece uma base para compreender os impactos do clima sobre as cidades e a saúde coletiva, sobretudo em contextos marcados por vulnerabilidades socioambientais, nos quais doenças sensíveis ao clima, como a dengue, se manifestam com maior intensidade e frequência.

Para a análise da dengue, o subsistema termodinâmico do SCU é de interesse e de relevância epidemiológica. As ilhas de calor urbanas elevam a temperatura nos centros urbanos em relação ao entorno rural, resultantes da substituição de cobertura vegetal por superfícies impermeáveis, da concentração de atividades geradoras de calor e do padrão de ocupação do solo, podendo antecipar e prolongar o período de atividade vetorial ao manter as temperaturas mínimas acima dos limiares necessários para a reprodução e o desenvolvimento do *Aedes aegypti* (Souza; Weaver, 2024). Esse mecanismo é importante em cidades de altitude, como Brasília, onde as temperaturas mínimas noturnas durante o período seco podem, em tese, limitar a atividade vetorial, mas as ilhas de calor, especialmente nas regiões mais densamente urbanizadas, podem elevar essas temperaturas o suficiente para manter condições favoráveis à transmissão mesmo fora do período epidêmico.

Aquino Júnior e Mendonça (2012), ao analisarem o campo térmico de Maringá-PR, demonstram que a estrutura térmica espacial urbana não constitui mera medida quantitativa de

temperatura, mas sim uma representação qualitativa da interação entre o espaço construído e a atmosfera, com impactos diretos sobre o conforto térmico e a dinâmica biológica vetorial. A noção de estrutura térmica espacial permite superar a visão pontual do campo térmico, como medição de temperatura em pontos isolados, em favor de uma leitura espacial que revela como a temperatura se distribui desigualmente pelo tecido urbano em função das características da ocupação. Ferreira e Ugeda Júnior (2022) retomam o conceito de estrutura térmica espacial urbana formulado por Monteiro para demonstrar que as ilhas de calor podem criar microclimas favoráveis à reprodução do *Aedes aegypti* mesmo em períodos de temperaturas médias regionais mais baixas, achado que tem implicações epidemiológicas diretas para cidades como Brasília.

A impermeabilização do solo, ao modificar o regime de escoamento pluvial, gera microhábitats favoráveis à oviposição do mosquito em recipientes artificiais que acumulam água (Tauil, 2001). O subsistema hidrometeorológico do SCU também é relevante aqui: eventos extremos de precipitação, cada vez mais frequentes no Distrito Federal, não apenas criam criadouros temporários, mas também podem provocar a dispersão de recipientes com ovos resistentes à dessecação e, com isso, ampliar a distribuição espacial do vetor. Essas evidências indicam que o clima urbano atua como condicionante ativo da dinâmica vetorial, e não como pano de fundo ambiental. A urbanização não apenas modifica o clima local; ela produz as condições atmosféricas que potencializam a capacidade vetorial do *Aedes aegypti* e fazem da cidade, paradoxalmente, o habitat mais favorável a um mosquito de origem silvestre.

O SCU é uma contribuição incontornável para o estudo do clima urbano brasileiro, mas seu foco recai sobretudo sobre o aspecto atmosférico. Ele mostra como a urbanização altera o clima local e não fornece, por si só, um quadro analítico para articular essas dinâmicas climáticas aos processos sociais, econômicos e institucionais que produzem vulnerabilidade urbana. Em outras palavras, o SCU explica por que a cidade é mais quente, e não por que as consequências desse aquecimento se distribuem de forma tão desigual pelo tecido urbano. Identifica a ilha de calor, mas não amarra o fenômeno à segregação socioespacial que define quem vive nas áreas mais quentes, mais impermeáveis, mais desprovidas de arborização e de saneamento. Não é falha do modelo; o SCU foi formulado com objetivos legítimos e bem delimitados; é uma fronteira que o avanço do conhecimento geográfico e o agravamento da crise socioambiental urbana pediram para ser atravessada.

O SAU, proposto por Francisco de Assis Mendonça (2004), busca ampliar; ele não substitui o SCU, mas o incorpora e articula a dimensão atmosférica às dimensões sociais, econômicas e institucionais que configuram a complexidade dos problemas ambientais urbanos.

Trata-se de uma evolução conceitual que reflete a maturidade da própria geografia brasileira em direção a abordagens integradas, capazes de superar a cisão histórica entre geografia física e geografia humana, cisão que Mendonça (2009) identifica como um obstáculo epistemológico ao tratamento adequado da problemática socioambiental urbana. A proposta do SAU insere-se, portanto, num movimento mais amplo de renovação da geografia ambiental no Brasil, que busca construir pontes entre as tradições da climatologia, da geomorfologia e da hidrologia, de um lado, e da geografia urbana, da sociologia e da saúde coletiva, de outro.

O SAU constitui o principal referencial teórico-metodológico adotado neste estudo. Publicado como capítulo do livro *Impactos Socioambientais Urbanos*, o SAU é definido por seu autor como "uma proposta de abordagem dos problemas socioambientais urbanos de maneira integrada, holística e conjuntiva" (Mendonça, 2004, p. 205). Sua formulação parte de uma constatação epistemológica relevante: as abordagens então disponíveis para o estudo do ambiente urbano, incluindo o próprio SCU de Monteiro e o modelo de subsistemas do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e do Escritório das Nações Unidas de Serviços para Projetos, o PNUD/UNOPS (1997), tendiam a privilegiar uma dimensão do problema (a atmosférica, a hidrológica, a geomorfológica) em detrimento da articulação entre as múltiplas dimensões que compõem a complexidade socioambiental das cidades.

Mendonça (2004) retoma essas contribuições anteriores e propõe superá-las ao construir um modelo que tome a cidade como um sistema dinâmico, considerando-a na perspectiva proposta por Dubois-Maury e Chaline (2002 apud Mendonça, 2009, p. 130), e que evidencie que os problemas urbanos derivam da interação sociedade-natureza, e não de uma ou outra dessas dimensões isoladamente.

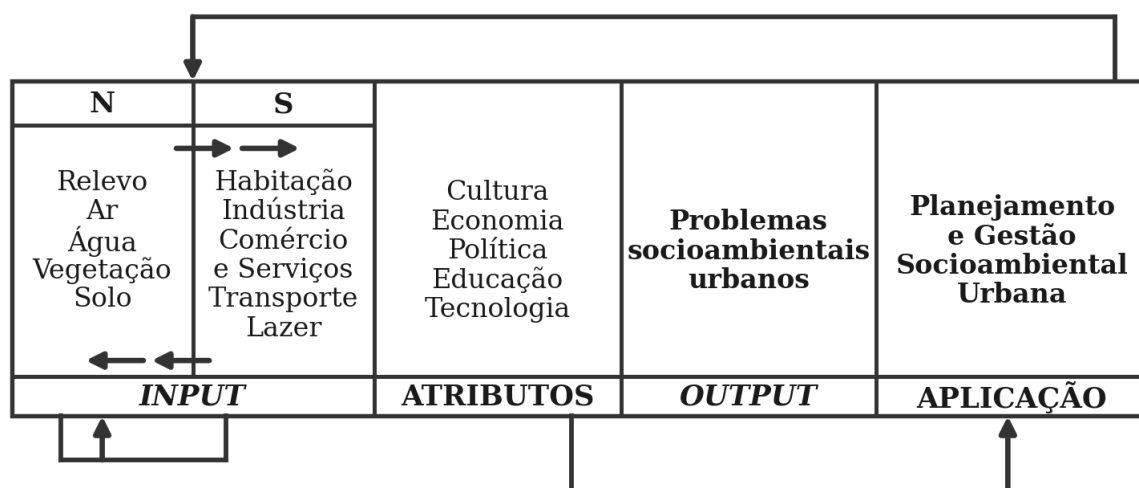
A originalidade do SAU reside precisamente nessa capacidade de articulação. O modelo supera tanto o determinismo ambiental, que reduz os problemas urbanos a causas naturais, quanto o construtivismo radical, que ignora a materialidade dos processos ecológicos. Para Mendonça (2004), os problemas socioambientais urbanos decorrem da interação dialética entre a natureza da cidade e a sociedade urbana, em suas relações de produção, padrões de consumo, formas de organização política e desigualdades sociais. Para a análise da dengue, essa perspectiva funciona porque a doença se situa na interface entre processos ecológicos, ciclo vetorial, condições climáticas, características ambientais dos criadouros, processos sociais, padrões de urbanização, desigualdades socioeconômicas, acesso a serviços de saúde e saneamento, e práticas cotidianas de armazenamento de água e descarte de resíduos.

Nesse sentido, a dengue pode ser vista como um *output* do sistema ambiental urbano. Não decorre de uma causa isolada; resulta da confluência de múltiplos fatores naturais e sociais

que se articulam no território da cidade. Opera aqui o princípio da multicausalidade, que desloca a explicação do agente etiológico único para a teia de determinações em que a doença se produz, e que a leitura dos determinantes sociais da saúde incorpora ao situar o adoecimento nas condições concretas de vida (Buss; Pellegrini Filho, 2007).

O modelo organiza-se em quatro componentes articulados. O *input* reúne os fluxos de matéria e energia que alimentam o sistema, repartidos entre o subsistema natural, que compreende relevo, ar, água, vegetação e solo, e o subsistema construído, formado por habitação, indústria, comércio, serviços, transporte e lazer. Os atributos são as instâncias sociais que imprimem movimento ao conjunto: cultura, economia, política, educação e tecnologia. É nesse nível que a sociedade transforma o que entra no sistema. O *output* corresponde ao que o arranjo produz, os problemas socioambientais urbanos, e a aplicação responde a eles pelo planejamento e pela gestão socioambiental urbana (Mendonça, 2004). A retroalimentação é o ponto central do modelo: a aplicação não encerra o ciclo, devolve informação ao *input* e aos atributos e habilita uma gestão adaptativa e contínua. Para a dengue, essa lógica cíclica faz diferença, pois a doença apresenta padrões epidêmicos recorrentes e exige ajustes constantes diante das mudanças no perfil sorotípico, nas condições climáticas e na dinâmica de ocupação do território (Aquino Júnior e Mendonça, 2012). A Figura 3 apresenta o modelo.

Figura 3 — Sistema Ambiental Urbano (simplificado)



Fonte: Mendonça (2004, p. 201).

A pertinência do SAU para a compreensão dos problemas socioambientais urbanos assenta-se no reconhecimento de que esses problemas são, em essência, produzidos pela interação entre processos naturais e dinâmicas sociais, econômicas e políticas presentes no

espaço da cidade. Mendonça (2009) aprofunda essa perspectiva ao argumentar que a gravidade dos problemas socioambientais está frequentemente ligada ao nível de desenvolvimento econômico, sendo mais acentuada em cidades de países em desenvolvimento, onde se manifesta na concentração de renda, em condições de vida precárias, em saneamento básico deficiente e em altas taxas de doenças e de mortalidade. Mendonça (2004) acrescenta que as manifestações abruptas, episódicas e impactantes da natureza, como eventos climáticos extremos, também atuam como importantes dinamizadores do SAU, produzindo efeitos que se distribuem desigualmente pelo tecido urbano em função das vulnerabilidades preexistentes.

No Distrito Federal, essa relação é particularmente visível: enquanto o Plano Piloto e as Regiões Administrativas de maior renda apresentam infraestrutura consolidada, arborização planejada e baixas densidades de criadouros, as regiões periféricas, muitas delas originadas de processos de ocupação irregular ou de assentamentos habitacionais com infraestrutura deficiente, como Estrutural, Itapoã, Sol Nascente/Pôr do Sol e Recanto das Emas, concentram as condições socioambientais mais favoráveis à proliferação vetorial e, consequentemente, à transmissão da dengue. Essa distribuição desigual do risco não é acidental: reflete a própria lógica de produção do espaço urbano no Distrito Federal, historicamente marcada pela segregação socioespacial entre o centro planejado e as periferias crescidas à margem do planejamento.

Aplicações recentes do SAU na análise de problemas socioambientais urbanos no Brasil atestam a versatilidade e a produtividade do referencial. Farias e Mendonça (2022), em estudo sobre riscos de inundação urbana em Francisco Beltrão (PR), mostraram como a metodologia do SAU permite articular perigo natural, vulnerabilidade social e gestão urbana em um mesmo quadro analítico, com identificação de áreas de risco em 23 dos 29 bairros da cidade por meio de cartografia de síntese. Os autores demonstraram que a aplicação do SAU vai além do mapeamento de riscos e também orienta políticas de regulamentação do uso do solo e de reassentamento de populações em áreas de risco. No campo das arboviroses, pesquisas em cidades do Paraná vêm usando o SAU para investigar a relação entre condições socioambientais e incidência de dengue. Os resultados mostram que variáveis ligadas à infraestrutura de saneamento e à qualidade habitacional têm maior poder explicativo do que variáveis estritamente climáticas, reforçando a ideia de que abordagens exclusivamente biomédicas ou climatológicas não dão conta da doença (Aquino Júnior; Mendonça, 2012).

Roseghini (2013), em sua tese de doutorado na UFPR, adotou um arcabouço analítico semelhante ao do SAU para investigar a relação entre o clima urbano e a dengue em cidades do Centro-Sul do Brasil. O autor mostrou como as condições térmicas e pluviométricas interagem

com os atributos socioeconômicos dos territórios e produzem padrões de incidência espacialmente diferenciados. Essas experiências indicam que o SAU não é um modelo abstrato. Vem sendo aplicado em diversos contextos urbanos, com resultados que orientam tanto a pesquisa acadêmica quanto a formulação de políticas públicas.

A leitura socioambiental do SAU dialoga diretamente com a tradição da Saúde Coletiva brasileira. O campo dos determinantes sociais da saúde reconhece que as condições de vida e de trabalho, o saneamento, a moradia e a desigualdade estruturam a distribuição das doenças na população (Buss; Pellegrini Filho, 2007). A dengue ilustra bem esse princípio: sua ocorrência não decorre apenas do vetor e do clima, mas também do modo como o espaço urbano distribui a água, o esgoto, a coleta de resíduos e a arborização. Assim, a dengue é menos uma doença a combater com inseticida e vacina, e mais um indicador da qualidade socioambiental do território, o que aproxima o SAU da agenda dos determinantes sociais que orienta a saúde coletiva no Brasil.

Essa leitura tem consequência prática. As políticas de controle da dengue no país privilegiaram historicamente o combate químico ao vetor e a mobilização comunitária para eliminar criadouros, ações presas ao setor da saúde e insuficientes diante de um problema socioambiental. Mesmo com investimento contínuo, as epidemias cresceram em magnitude nas últimas quatro décadas, sinal de que o controle efetivo depende de articular a vigilância em saúde às políticas de saneamento, habitação, urbanismo e meio ambiente. A própria vigilância epidemiológica que sustenta este estudo, apoiada na notificação compulsória do SINAN, é uma das estruturas do SUS voltadas a essa leitura ampliada. No Distrito Federal, a epidemia de 2024, protagonizada pelo sorotipo DENV-2 após longo período de baixa circulação, expôs os limites de tratar a dengue como responsabilidade exclusiva do setor da saúde, e a decretação de emergência em saúde pública em março daquele ano pode ser lida como sintoma de uma fragmentação intersetorial antiga, não apenas como resposta a um evento excepcional (Benito et al., 2024; Distrito Federal, 2024).

Este trabalho toma o SAU como referencial principal e o articula a essa perspectiva da Saúde Coletiva. Três aportes se somam. O Sistema Clima Urbano de Monteiro fornece a base para compreender as dinâmicas atmosféricas que condicionam a capacidade vetorial. O SAU de Mendonça amplia o olhar ao integrar o clima, a urbanização, as desigualdades e as políticas públicas em um modelo analítico. E a leitura dos determinantes sociais situa a dengue como expressão da produção desigual do espaço urbano. Tomados em conjunto, os três aportes permitem ler a dengue no DF não como um evento epidemiológico isolado, mas como expressão territorial das contradições que atravessam a produção do espaço urbano brasileiro.

O SAU entrega a estrutura analítica; a leitura dos determinantes sociais amplia o olhar para além das fronteiras setoriais. É no território, porém, que os *inputs* viram *outputs*, que as desigualdades ganham endereço e que a vulnerabilidade deixa de ser um conceito abstrato para se tornar uma condição vivida. O Distrito Federal, com sua história singular de planejamento e segregação, as disparidades infraestruturais entre Regiões Administrativas e um regime climático que favorece a transmissão sazonal da dengue, é o campo de observação em que essas articulações teóricas se põem à prova.

2.3 TERRITÓRIO, VULNERABILIDADE E DESIGUALDADES NO DF

O conceito de vulnerabilidade é central para este estudo, e Adger (2006) o define como o estado de suscetibilidade a danos decorrentes da exposição a perturbações ambientais e sociais, combinado com a ausência de capacidade adaptativa. Na saúde coletiva brasileira, a vulnerabilidade costuma ser abordada em três dimensões articuladas: a individual, ligada a comportamentos e conhecimentos; a social, associada às condições socioeconômicas e aos recursos coletivos; e a programática, referente à capacidade institucional de resposta. No caso da dengue, as três se materializam de forma desigual no território, produzindo gradientes de risco que refletem a estrutura socioespacial do Distrito Federal.

O território, na Geografia Crítica, não se reduz à delimitação física ou administrativa: é uma construção histórica e social, um campo de forças moldado pelas relações de poder e pela distribuição de recursos (Santos, 2006; Corrêa, 2004). Santos (2006, p. 39) define o espaço geográfico como “um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações” e introduz a noção de rugosidades, “o que fica do passado como forma, espaço construído, paisagem” (Santos, 2006, p. 92). A categoria é útil para o Distrito Federal: as infraestruturas, implantadas ou não, nas primeiras décadas de ocupação, continuam condicionando as condições de vida atuais. Corrêa (2004, p. 1) complementa ao conceber o espaço urbano como “fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social”, produzido pela ação de agentes cujos interesses reforçam a segregação. Para entender como território, vulnerabilidade e dengue se articulam no DF, é preciso recuar no tempo.

A construção de Brasília, inaugurada em 1960, a partir do projeto de Lúcio Costa, materializava o ideal modernista de uma cidade funcional, na qual a organização do espaço promoveria a equidade. A contradição, porém, já estava na própria edificação. Os milhares de trabalhadores migrantes, os candangos que ergueram a cidade, não foram incorporados ao espaço que construíram. Antes mesmo da inauguração, núcleos periféricos foram criados para

abrigar a força de trabalho excedente, o que deu início ao processo de segregação socioespacial que se tornaria a marca do DF (Paviani, 1996). Nos termos de Corrêa (2004), o Estado atuou como agente central dessa produção, não apenas pelo planejamento do Plano Piloto, mas também pela criação deliberada de cidades-satélites. Taguatinga (1958), Gama, Sobradinho e Guará nasceram, cada um, da necessidade de acomodar populações que não tinham lugar no Plano.

Ceilândia, criada em 1971, é o caso mais emblemático. Em 1969, Brasília já contava com cerca de 79 mil pessoas vivendo em mais de 14 mil barracos (Paviani, 1996), e a Campanha de Erradicação de Invasões removeu essas famílias para uma área ao norte de Taguatinga, distante do centro de poder e de emprego, consolidando o padrão de periferização. A própria sigla, incorporada ao nome, registrou permanentemente a política de exclusão que lhe deu origem. Ao longo das décadas de 1970 e 1980, sob o regime militar, a gestão territorial reforçou a segregação: o Plano Piloto consolidou-se como espaço dos escalões superiores da burocracia, enquanto os funcionários de menor posição eram empurrados para as cidades-satélites (Paviani, 1996).

A partir da redemocratização, em 1985, a especulação imobiliária assumiu o papel central na configuração do território, e novos assentamentos continuaram a surgir em áreas sem infraestrutura. Sol Nascente e Pôr do Sol, originalmente ocupações no entorno de Ceilândia, cresceram até se tornarem, segundo o Censo de 2022, a maior favela do Brasil em população, com mais de 100 mil moradores (IBGE, 2024), e foram emancipadas como Região Administrativa em 2019, reconhecendo uma realidade consolidada à margem do planejamento. O processo reproduz, em escala local, o que Maricato (2000) identifica nas metrópoles brasileiras e produz, no DF, o que Paviani (1996, p. 23) chama de “apartheid social”: uma estrutura em que a distância entre o centro planejado e as periferias não é apenas geográfica, mas também se manifesta em gradientes de renda, de serviços e de qualidade de vida. Como sintetizam Barcellos et al. (2002, p. 129), “se a doença é uma manifestação do indivíduo, a situação de saúde é uma manifestação do lugar”.

Essa produção desigual do território se cruza com o regime climático. O DF, no Planalto Central e em altitudes que historicamente limitaram a dengue, tem clima tropical de savana (Aw), com a estação chuvosa de outubro a abril concentrando as temperaturas mais altas e as condições ótimas para a reprodução do *Aedes aegypti* (Beserra et al., 2006). A sobreposição entre a estação chuvosa e os picos epidêmicos é bem documentada: Siqueira et al. (2017) mostram que os anos epidêmicos concentraram os casos nos meses de maior precipitação, e Steinke (2021) associa a proliferação do vetor ao avanço da urbanização. Drumond et al. (2020)

apontam que determinadas RAs funcionam como áreas de persistência, nas quais a transmissão se mantém ativa entre os surtos. A vulnerabilidade à dengue, portanto, não depende só do clima: depende de como as condições urbanas de cada localidade mediam os efeitos do clima sobre a ecologia do vetor (Mendonça et al., 2009; Aquino Júnior; Mendonça, 2012). No período seco, a falta de abastecimento regular leva ao armazenamento precário de água, que vira criadouro tão logo as chuvas comecem.

As desigualdades entre as RAs ganham corpo nos dados. A PDAD 2021 registra renda domiciliar per capita de R\$ 10.979 no Lago Sul, a mais alta entre as regiões metropolitanas do país, e de R\$ 695 na Estrutural, uma diferença de mais de 15 vezes (Codeplan, 2022). O Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU), do Observatório das Metrôpoles (Ribeiro; Ribeiro, 2013), traduz essa distância em termos de infraestrutura, saneamento, habitação e condições ambientais. O contraste é agudo: enquanto Plano Piloto, Águas Claras e Sudoeste/Octogonal alcançam IBEU próximo de 0,95, equiparáveis aos melhores bairros das metrôpoles do Sul e Sudeste, a Estrutural registra 0,372 e Sol Nascente/Pôr do Sol, 0,439. Separados por poucos quilômetros, o Plano Piloto e a Estrutural expressam realidades que poderiam pertencer a países diferentes, resultado do mesmo processo histórico de segregação.

A leitura por Região Administrativa apresenta uma ressalva. Muitas RAs têm extensas áreas rurais que diluem os indicadores urbanos, como Brazlândia, e a dengue, fenômeno eminentemente urbano, concentra-se nas manchas consolidadas, onde a densidade, a impermeabilização e os criadouros artificiais criam condições para a transmissão. Por isso, a análise prioriza, sempre que os dados permitem, o recorte das manchas urbanas, evitando que a extensão territorial total mascare a vulnerabilidade das populações efetivamente expostas (Barcellos et al., 2009; Mendonça, 2011).

A relação entre a infraestrutura deficiente e a proliferação do vetor é um dos eixos mais consolidados da literatura (Tauil, 2001; Barreto e Teixeira, 2008). Tauil (2001, p. 99) estabelece a cadeia causal entre a urbanização desordenada, a “carência de facilidades, em particular, de habitação e saneamento básico”, e a expansão dos criadouros. O saneamento deficiente cria dois tipos de criadouros complementares: os reservatórios precários de água mantidos por quem não tem abastecimento regular e os recipientes descartados que acumulam água da chuva onde faltam drenagem e coleta. Na Estrutural, a dimensão das condições ambientais urbanas do IBEU, que inclui arborização, ausência de esgoto a céu aberto e de lixo acumulado, é a mais baixa de todo o DF, próxima de zero, sinal do acúmulo de fatores que favorecem a atividade vetorial. Sem essas condições materiais mínimas, as campanhas educativas e o controle químico atuam como paliativos que não atingem as causas estruturais.

As políticas públicas espaciais são intrinsecamente ligadas ao território, mas, com frequência, o tratam como um pano de fundo passivo, o que contribui para a ineficácia das intervenções e para a persistência dos problemas (Steinberger et al., 2006; Freitas, 2013). No DF, essa lógica se manifesta na forma como as RAs de menor IBEU concentram também os piores indicadores de coleta de resíduos, pavimentação e drenagem, produzindo, nos termos de Corrêa (2004), uma diferenciação residencial que é ao mesmo tempo social e ambiental.

Em suma, as desigualdades socioespaciais do DF distribuem de forma não equitativa os recursos e a infraestrutura no território, produzindo níveis radicalmente diferentes de exposição ao risco (Cutter, 1996; Birkmann, 2013). Vulnerabilidade, aqui, integra exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (Adger, 2006). Os dados permitem antecipar um perfil das RAs em que as condições socioambientais convergem para um risco elevado de dengue: Estrutural, Sol Nascente/Pôr do Sol, São Sebastião, Fercal, Planaltina e Itapoã reúnem, com maior intensidade, os déficits apontados pela literatura como determinantes.

A desigualdade social se manifesta na saúde de forma direta: os grupos menos favorecidos são desproporcionalmente afetados por doenças evitáveis. Buss e Pellegrini Filho (2007) consolidam a perspectiva dos determinantes sociais da saúde, segundo a qual as condições nas quais as pessoas nascem, vivem e trabalham são os principais fatores que determinam a distribuição das doenças. Para a dengue, isso significa que a incidência não é produto do acaso nem de fatalidade climática, e sim de processos sociais que distribuem de forma desigual tanto a exposição ao vetor quanto a capacidade de proteção. Enfrentá-la, num contexto de desigualdade, exige políticas que reconheçam e atuem sobre essas disparidades, na direção da justiça territorial (Faria; Karam; Santos, 2017).

É dessa compreensão que decorre a abordagem metodológica do estudo. Os contrastes entre as RAs, mensurados pelo IBEU e seus componentes, mostram que a vulnerabilidade à dengue no DF não se compreende sem considerar as condições materiais que o território oferece ou nega. A análise espacial por RA, cruzada com a série de incidência e com os dados climáticos, busca integrar as dimensões territoriais, sociais e ambientais que o referencial demonstrou serem indissociáveis na produção da vulnerabilidade.

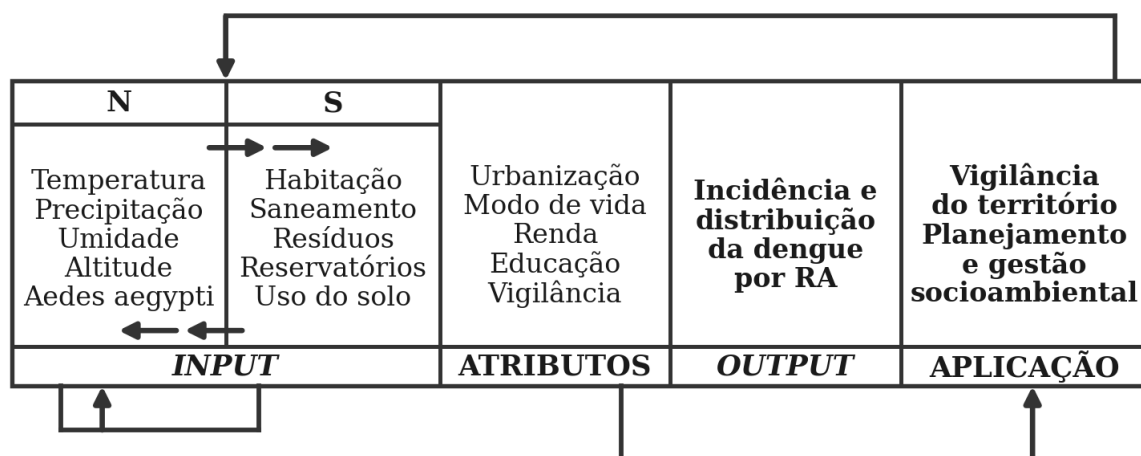
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O percurso analítico desta dissertação vai do geral ao particular. A expansão da dengue no Brasil, com epidemias sucessivas e o deslocamento do perfil etário para os adultos, fornece o quadro a partir do qual se deduz uma expectativa para o Distrito Federal, que, em seguida, é confrontada com os dados locais. Trata-se do método hipotético-dedutivo: formula-se uma conjectura a partir do conhecimento disponível e submete-se a testes, admitindo que ela possa não se sustentar (Gil, 2002; Marconi e Lakatos, 2003; Popper, 1972). A hipótese examinada foi enunciada na introdução. No Distrito Federal, o clima é condição necessária para a transmissão, e a distribuição da doença entre as Regiões Administrativas é mediada pelas vulnerabilidades instaladas no subsistema social.

O tratamento dos dados se organiza por meio da análise sistêmica. Interessa menos o inventário dos componentes e mais os fluxos entre eles, as entradas, as saídas e as retroalimentações que definem o comportamento do conjunto (Bertalanffy, 2010). Christofolletti (1999) transpõe a formulação para os sistemas ambientais, nos quais a espacialidade é um atributo inerente e a modelagem exige discernir os elementos componentes, definir as variáveis relevantes e considerar os fluxos de matéria e de energia. O Sistema Ambiental Urbano de Mendonça (2004) faz essa transposição para a cidade, e é dele que este trabalho se serve. O subsistema natural fornece as condições térmicas e hídricas; o construído organiza a oferta de criadouros e a infraestrutura de saneamento; o social distribui de forma desigual a exposição e a capacidade de resposta. A dengue surge como resultado desse arranjo.

A aplicação desse modelo à dengue no Distrito Federal preserva a estrutura e troca o conteúdo. No subsistema natural entram temperatura, precipitação, umidade, altitude e o próprio *Aedes aegypti*; no construído, habitação, saneamento, resíduos, reservatórios de água e uso do solo. Os atributos reúnem urbanização, modo de vida, renda, educação e vigilância, as instâncias sociais que transformam o que entra. O *output* é a incidência e a distribuição da dengue por Região Administrativa, e a aplicação se traduz em vigilância orientada ao território e em planejamento e gestão socioambiental. A lógica do modelo é que o *output* não se compreende sem remontar ao *input* e às transformações que os conectam, o que sustenta a abordagem integrada adotada nesta dissertação. A Figura 4 apresenta essa adaptação.

Figura 4 — Sistema Ambiental Urbano adaptado ao contexto da dengue no Distrito Federal



Fonte: Adaptado de Mendonça (2004, p. 201).

Nenhum dos quatro planos analíticos responde, por si só, à hipótese. O plano climático examina a tendência e a sazonalidade na série da estação automática A001; o epidemiológico-espacial descreve a distribuição das notificações entre as Regiões Administrativas; o socioambiental cruza o Índice de Bem-Estar Urbano com a incidência; o qualitativo levanta conhecimentos, atitudes e práticas junto à população. Cada plano opera com fonte, recorte temporal e unidade de análise próprios, e é a convergência entre eles que sustenta ou refuta a conjectura de partida.

Por operarem sobre fontes que não coincidem no tempo nem no espaço, os quatro planos se integram por interpretação, e não por um único modelo estatístico. Onze anos de séries por Região Administrativa não sustentam uma modelagem preditiva com poder estatístico aceitável, e os testes de normalidade rejeitaram a hipótese de normalidade das variáveis centrais, o que recomenda procedimentos não paramétricos. As limitações encontradas em cada etapa foram registradas no ponto em que surgiram e reunidas na seção 3.8. Entende-se que explicitar o que o método não alcança é condição para sustentar o que ele alcança.

3.1 Caracterização da área de estudo

O Distrito Federal está localizado na porção central do Planalto Central brasileiro, entre os paralelos 15°30' e 16°03' de latitude sul e os meridianos 47°18' e 48°17' de longitude oeste, na Região Centro-Oeste do Brasil (Codeplan, 2020; Steinke, 2021). A unidade ocupa 5.760,78 km² (IBGE, 2024), o que corresponde a aproximadamente 0,06% do território nacional, e tem como limites naturais o Rio Preto a leste e o Rio Descoberto a oeste, sendo delimitada ao norte

e ao sul por linhas retas que definem o quadrilátero da capital federal. As divisas ocorrem com nove municípios goianos e com o município mineiro de Cabeceira Grande (Codeplan, 2020). Constitui a menor unidade da federação e a única que não se subdivide em municípios, o que lhe confere natureza administrativa própria: acumula competências legislativas reservadas aos estados e aos municípios e organiza o território em Regiões Administrativas.

A configuração geomorfológica resulta dos ciclos de erosão sul-americanos desenvolvidos entre o Terciário Inferior, Médio e Superior, e o relevo apresenta um padrão plano a suavemente ondulado. Novaes Pinto (1986) identifica doze unidades geomorfológicas no território, agrupadas em três tipos de paisagem: a região de chapada, que reunia a Chapada da Contagem, a Chapada de Brasília, a Chapada do Pípiripau e as chapadas divisoras São Bartolomeu-Preto e Descoberto-Alagado; a área de dissecação intermediária, com a Depressão do Paranoá e o Vale do Rio Preto; e a região dissecada de vale.

O Atlas do Distrito Federal reorganiza esse conjunto em cinco compartimentos: Plano Elevado, Plano Intermediário, Vale Dissecado, Rebordo e Rampa Íngreme (Codeplan, 2020). As altitudes variam entre 750 m e 1.350 m, com predominância da faixa de 1.000 a 1.200 m, característica que combina superfícies aplainadas com vales encaixados ao longo dos rios Paranoá, São Bartolomeu, Preto, Maranhão e Descoberto. Em termos pedológicos, o mapeamento digital da Embrapa Cerrados, na escala de 1:100.000, registra predomínio dos Latossolos, que ocupam 54,50% da área, seguidos pelos Cambissolos, com 30,98% (Reatto et al., 2004).

A condição altimétrica elevada faz do Distrito Federal uma região de nascentes que distribui suas águas de drenagem entre três das principais bacias hidrográficas brasileiras: Paraná, São Francisco e Tocantins. No plano da gestão, o território se organiza em sete unidades hidrográficas, reunidas em três comitês de bacia: o que abrange Lago Paranoá, Descoberto, Corumbá, São Bartolomeu e São Marcos; o dos afluentes do rio Maranhão; e o dos afluentes do rio Preto (ADASA, 2024). A Bacia do Descoberto, formada pelo represamento do rio homônimo, é o principal manancial de abastecimento do Distrito Federal e concentra núcleos urbanos populosos como Taguatinga, Ceilândia, Brazlândia e Samambaia. A Bacia do Lago Paranoá, situada na porção central, é a única totalmente contida no Distrito Federal e abriga o Plano Piloto, Lago Sul, Lago Norte e Guará, além do Parque Nacional de Brasília. A leste, o Rio Preto separa o território das unidades vizinhas e demarca uma zona de agricultura irrigada com presença expressiva de pivôs centrais.

O bioma predominante é o Cerrado, que cobre integralmente o Distrito Federal e

responde por uma parte importante de sua identidade ambiental e cultural. O bioma é o segundo maior da América do Sul e abriga uma das mais expressivas biodiversidades do mundo, com fauna e flora adaptadas à sazonalidade característica do regime climático (Codeplan, 2020). A área protegida do Distrito Federal compreende cinco grandes unidades de conservação: Estação Ecológica de Águas Emendadas, Estação Ecológica do Jardim Botânico, Parque Nacional de Brasília, Estação Ecológica do IBGE e Fazenda Água Limpa (Codeplan, 2020). Esse mosaico vegetal, originalmente extenso, convive hoje com significativa fragmentação, decorrente da expansão agrícola no entorno e da urbanização interna, processos que pressionam essas unidades de conservação.

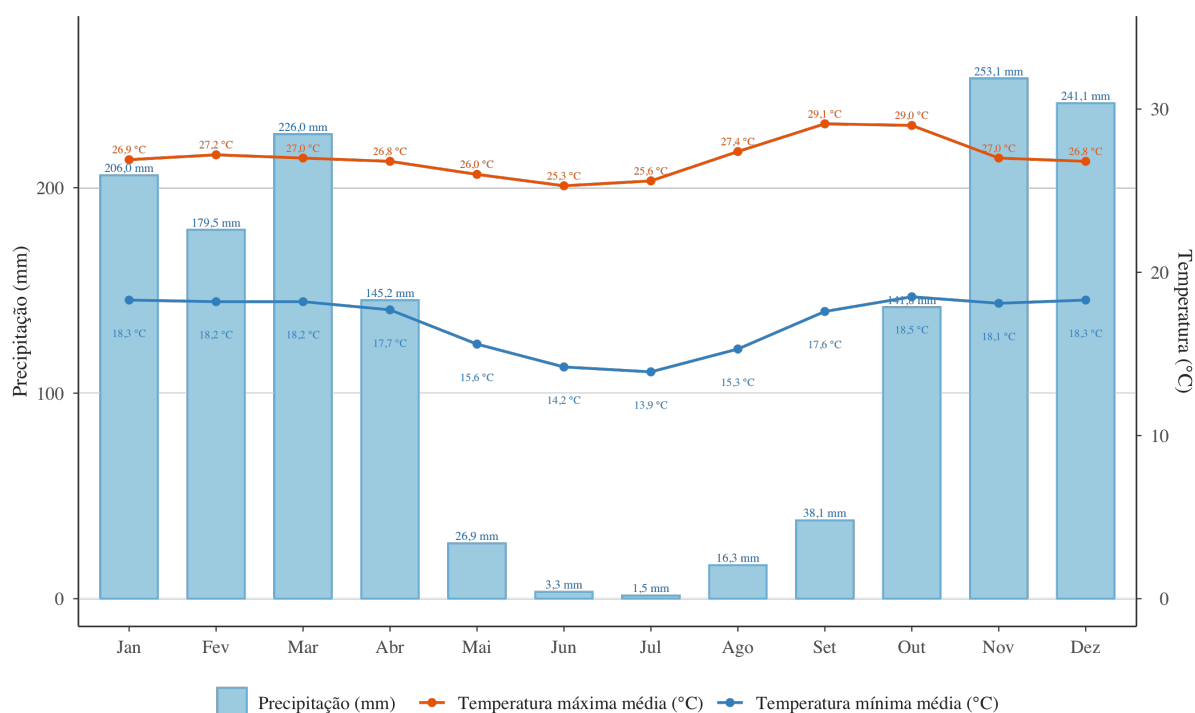
Quanto ao regime climático, a classificação de Köppen-Geiger identifica, para o Distrito Federal, o tipo Aw, caracterizado como tropical de savana com estação seca no inverno (Cardoso, Marcuzzo e Barros, 2014). Em áreas com altitudes entre 1.000 m e 1.200 m, a Codeplan (2020) registra ocorrência do tipo Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) e, acima de 1.200 m, do tipo Cwb (subtropical úmido com inverno seco e verão temperado). Isso evidencia o papel da altitude como fator de modulação do clima local. As temperaturas médias anuais oscilam entre 19 °C e 23 °C, com o período mais quente em setembro e outubro, quando as máximas se aproximam de 29 °C, e o mais frio entre junho e julho, quando as mínimas chegam a 13,9 °C.

A pluviosidade anual varia entre 1.100 mm e 1.600 mm, com forte sazonalidade: cerca de 90% das chuvas concentram-se entre setembro/outubro e março/abril, enquanto no auge da seca, em junho e julho, a chuva mal alcança 3 mm (Figura 5). Steinke (2021) sustenta que esse regime resulta da alternância entre a influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, dominante no inverno, e o avanço de sistemas atmosféricos produtores de chuva no verão, com destaque para a Zona de Convergência do Atlântico Sul e para a participação das massas Tropical Atlântica e Equatorial Continental.

Do ponto de vista político-administrativo, o Distrito Federal organiza-se atualmente em 35 Regiões Administrativas (RAs), estrutura instituída em 1964 e reformulada por legislação subsequente (IPEDF, 2024). A Figura 1 apresenta a divisão vigente, com os nomes de cada RA. A malha, porém, é recente e móvel: até 2018, eram 31 RAs, e desde então, quatro foram criadas: Sol Nascente/Pôr do Sol e Arniqueira, em 2019, e Arapoanga e Água Quente, em 2022. Essa criação sucessiva tem implicação metodológica direta para a análise baseada em séries históricas, pois a malha de referência varia ao longo do tempo. As RAs também variam muito em extensão, população e padrão de ocupação: as maiores em área, como Planaltina, Paranoá e

Brazlândia, ficam nos limites externos do território, enquanto as menores, como Varjão, Cruzeiro e Sudoeste/Octogonal, ocupam menos de 7 km² no entorno do Plano Piloto. Essa dispersão de tamanhos e densidades sustenta o desenho da pesquisa dos capítulos seguintes, que trata da distribuição espaço-temporal da dengue, da vulnerabilidade socioambiental e do perfil sociodemográfico em escala de RA.

Figura 5 — Climograma do Distrito Federal



Fonte: Elaboração própria a partir das Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020, INMET (2022).

3.2 Fontes de dados

O estudo utiliza sete fontes de dados que se complementam e sustentam os quatro planos do trabalho: o climático, o espacial, o socioambiental e o qualitativo. Elas vêm do Ministério da Saúde, da Subsecretaria de Saúde do DF, do INMET, da Codeplan, do IPEDF e da pesquisa autoral (Quadro 1).

Quadro 1 — Fontes de dados utilizadas no estudo

Fonte	Cobertura	Recorte espacial	Acesso	Uso
SINAN	2007-2025	DF agregado	microdatasus / DATASUS	série agregada e correlação com o clima
SVS-DF	2014-2024	RA (endereço)	LAI, processo SES 025376/2025	incidência por RA e sensibilidade MAUP
INMET A001	2000-2025	estação única, área central	BDMEP/INMET	tendência e correlação cruzada
IBEU-DF	2021	33 RAs	Codeplan / IPEDF	vulnerabilidade e dengue
KAP (autoral)	dez/2025 a mai/2026	24 RAs, conveniência	Formulário Online	conhecimento e prática
População	2010-2025	RA	Codeplan 2018 / PDAD 2024	denominador das incidências
Shapefiles	2024, 35 RAs	RA	IDE-DF	cartografia e mapeamento bairro-RA

Fonte: Elaboração própria (2026).

O SINAN é o sistema oficial de notificação compulsória de agravos, mantido pelo DATASUS. Para a dengue, a notificação é compulsória desde 2001. Os microdados do DF entre 2007 e 2025 foram baixados pelo pacote R microdatasus (Saldanha; Bastos; Barcellos, 2019), com o ano de 2008 recuperado direto do arquivo DBF, o formato de tabela em que o DATASUS distribui os microdados, por vir vazio no pacote, num total de 660.624 notificações.

O SINAN não desagrega bem por Região Administrativa, pois a atribuição intraurbana depende do campo de logradouro, que é inconsistente. Por isso, ele serve para a leitura agregada do DF, à série semanal para a correlação cruzada com o clima e à discussão da classificação final e da letalidade, com a intensidade mensal ao longo dos anos representada por um heatmap em escala logarítmica, o que torna comparáveis magnitudes de ordens muito distintas; a análise por RA e o exercício de sensibilidade da atribuição ficam com a base da SVS-DF. A série agregada do SINAN, usada na leitura temporal e na correlação com o clima, contabiliza os casos prováveis, ou seja, as notificações menos as encerradas como descartadas, datadas pela data dos primeiros sintomas e distribuídas por semana epidemiológica.

A variável de classificação final do SINAN (CLASSI_FIN) registra o desfecho da investigação de cada notificação. Até 2013, o sistema operava com as categorias de dengue clássica, dengue com complicações, febre hemorrágica da dengue e síndrome do choque da dengue, categorias que correspondem, no CID-10, aos códigos A90 para a dengue clássica e

A91 para a febre hemorrágica devida ao vírus da dengue (OMS, 2012). A partir de 2014, com a incorporação da revisão clínica da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2009), passou a registrar dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave, além da categoria de caso descartado (Brasil, 2015). Convém explicitar o que a variável mede. O SINAN é um sistema de notificação compulsória de agravos e, portanto, produz dados de morbidade. O óbito entra por outro campo, o de evolução do caso, e a letalidade discutida adiante deriva da combinação entre os dois, não de um registro de mortalidade.

A SVS-DF, na Secretaria de Estado de Saúde do DF, mantém a base nominal de notificações do território, com endereço completo (logradouro, bairro, CEP e distrito sanitário). É ela quem alimenta o SINAN, mas preserva o detalhamento espacial que o sistema federal perde na agregação pública. O acesso foi realizado por meio de pedido baseado na Lei de Acesso à Informação (processo SES nº 025376/2025), atendido em meio físico. O recorte autorizado é de 2014 a 2024, com 649.355 notificações, endereço com mais de 99% de completude e distrito sanitário em 98%. É a base espacial principal por três motivos: maior precisão do que a do SINAN, endereço completo e compatibilidade com os boletins da SES-DF.

O INMET mantém a rede nacional de estações e disponibiliza dados públicos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). A análise climática utiliza a estação automática A001, em Brasília, na Região Administrativa do Sudoeste, a 1.161 metros de altitude, em operação desde maio de 2000 (Franca et al., 2022), conforme indicado na Figura 1. É a única estação automática do DF com completude superior a 90% nas variáveis utilizadas, sendo representativa da área central urbanizada. Dela vêm as seis variáveis diárias de temperatura, precipitação e umidade.

O IBEU, do Observatório das Metrópoles (Ribeiro; Ribeiro, 2013), mede a qualidade do espaço urbano. A adaptação para o DF foi feita pela Codeplan e revista pelo IPEDF, com base na PDAD 2021. A edição usada é o IBEU-DF 2021, com 33 das 35 RAs, sem Arapoanga e Água Quente, criadas em 2022.

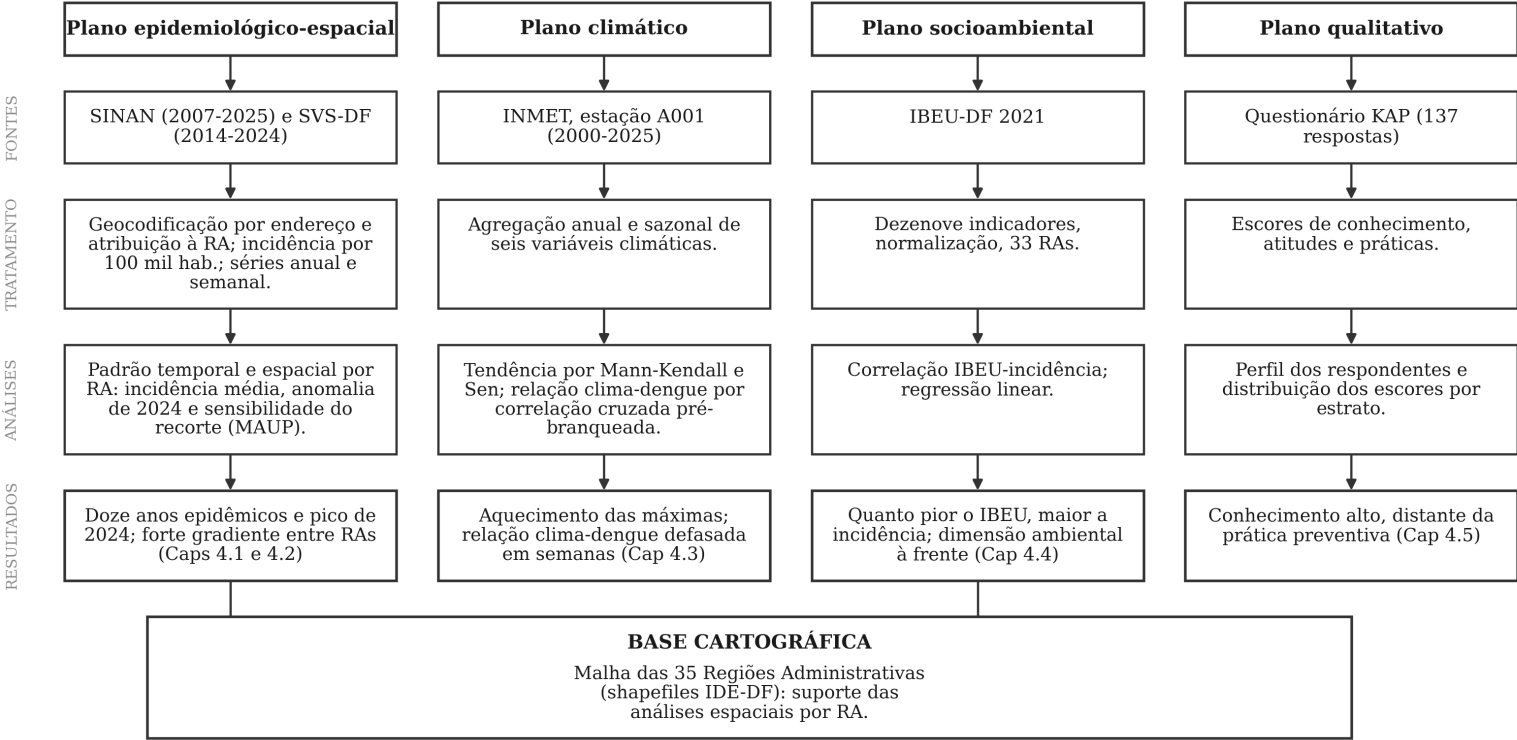
A pesquisa qualitativa é autoral no desenho do KAP. O questionário, com 24 itens em cinco blocos, foi aplicado por meio de formulário digital (Microsoft Forms, licença institucional da UnB), com abordagem presencial na rodoviária do Plano Piloto e divulgação remota, e encerrou-se em maio de 2026, com 137 respostas válidas em 24 das 35 RAs. A amostragem é por conveniência e de caráter exploratório.

O cálculo das incidências por RA exige um denominador populacional anual. Ele combina fontes conforme o ano: as projeções da Codeplan (2018) para 2010 a 2023, os resultados da PDAD 2024 do IPEDF (2024) e a projeção da Codeplan ajustada pela PDAD 2024 para 2025. A nomenclatura segue a regra: Codeplan até 2023 e IPEDF a partir de 2024. Arapoanga e Água Quente, criadas em 2022, tiveram a população retroprojetada com base na PDAD 2024. As projeções do IBGE por Unidade da Federação servem de validação cruzada para o agregado do DF.

A base cartográfica é o shapefile das Regiões Administrativas, publicada pela Infraestrutura de Dados Espaciais do DF (IDE-DF), atualizada para as 35 RAs vigentes em 2024, incluindo Sol Nascente/Pôr do Sol e Arniqueira (de 2019) e Arapoanga e Água Quente (de 2022). O datum é o SIRGAS 2000 (EPSG 4674), padrão nacional, indicado no rodapé de cada mapa. Serve à cartografia temática e ao mapeamento de bairro para RA, apoiado numa camada complementar de localidades da mesma IDE-DF.

As sete fontes se distribuem entre os quatro planos. O clima cruza a série A001 (2000-2025) com a série agregada do SINAN (2007-2025) por meio de correlação cruzada. O espacial-epidemiológico utiliza os dados obtidos na SVS-DF (2014-2024), com o denominador da Codeplan e do IPEDF e o shapefile da IDE-DF. O socioespacial cruza o IBEU-DF 2021 com a incidência média de 2014 a 2024. O qualitativo trabalha com os resultados da pesquisa CAP. A síntese final reúne os quatro planos por interpretação, e não por um único modelo estatístico: as fontes não coincidem no tempo nem no espaço, e a prioridade do trabalho é a leitura do território, não a melhor previsão possível. A Figura 6 a seguir resume esse tratamento dos dados.

Figura 6 — Fluxograma do tratamento dos dados



Fonte: Elaboração própria (2026)

Os quatro planos não correm em paralelo. Eles se cruzam em dois sentidos. No sentido horizontal, cada um fornece ao outro aquilo que sozinho não alcança: a série climática da A001 encontra a série semanal do SINAN na correlação cruzada e devolve a defasagem entre o clima e a incidência; o plano espacial fornece a incidência por Região Administrativa que o plano socioambiental cruza com o IBEU; e o plano qualitativo reencontra, na escala do respondente, o entorno construído que o IBEU havia medido na escala do território. No sentido vertical, e de baixo para cima, os resultados reorganizam a leitura das entradas.

O achado de que a dimensão das condições ambientais lidera a associação com a incidência desloca a atenção para o subsistema construído, que estava no início da cadeia. A constatação de que a atribuição original do SINAN subestima as Regiões Administrativas criadas após 2014 levou à substituição da própria fonte da análise espacial; ou seja, um resultado alterou um *input*. E a defasagem entre o clima e a dengue converte o clima de pano de fundo em uma variável operacional de alerta. É essa dupla circulação, entre planos e de volta às entradas, que a retroalimentação do Sistema Ambiental Urbano descreve e que a Figura 4 representa.

3.3 Análise climática

A análise climática busca, no recorte recente, evidências capazes de explicar a distribuição espaço-temporal da dengue no Distrito Federal. Para isso, trata a série da estação A001, testa a tendência de longo prazo e mede a relação entre o clima e a incidência por meio de uma função de correlação cruzada pré-branqueada.

A tendência interanual usa de 2000 a 2025, período de cobertura contínua da estação automática; a relação clima-dengue usa de 2007 a 2025, para alinhá-la à série epidemiológica nacional. A estação é a automática do INMET A001, em Brasília, na Região Administrativa do Sudoeste, adjacente ao Plano Piloto, a 1.161 metros de altitude, em operação desde maio de 2000 (Franca et al., 2022), conforme a Figura 1. É a única automática do DF com cobertura contínua e completude acima de 90% nas variáveis utilizadas. Optou-se por uma estação só, e não por uma composição com as convencionais de Águas Emendadas, Brazlândia ou Gama, por três razões: as convencionais têm lacunas longas e trocas de instrumentação no período, que exigiriam preenchimento e perda de transparência; o estudo opera em escala urbana, e o sítio da A001, na área planejada, representa a maior porção urbanizada e a maior parte da carga epidemiológica; e a literatura do Cerrado chega a resultados convergentes com séries pontuais e reticuladas (Hofmann et al., 2021), o levantamento da A001 está na Tabela 1.

Tabela 1 — Levantamento da estação automática INMET A001 (Brasília)

Campo	Valor
Nome	Brasília
Codigo	A001
Latitude	-15.78944444
Longitude	-47.92583332
Altitude_m	1160.96
Situacao	Operante
Data_Inicial	2000-05-06
Data_Final	2025-12-31
Periodicidade	Diária
Linhas_carregadas	9371
Periodo_observado	2000-05-06 a 2025-12-31

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do INMET (2026).

As variáveis foram escolhidas com base em dois critérios. O primeiro é a fundamentação biológica, com mecanismos conhecidos do ciclo do *Aedes aegypti*: a temperatura mínima para a sobrevivência do adulto, a máxima para o desenvolvimento larval, a precipitação nos criadouros e a umidade para a longevidade do vetor (Beserra et al., 2006; Brady et al., 2013; Costa et al., 2010). O segundo é a cobertura acima de 90% na A001. Ficaram seis variáveis diárias: temperatura mínima, média e máxima, precipitação total, umidade relativa mínima e média. As temperaturas e as umidades intensivas foram agregadas pela média anual e sazonal; a precipitação, extensiva, pela soma. Reteve-se o ano com pelo menos 200 dias válidos para a tendência anual e a estação com pelo menos 60 dias válidos para a sazonalidade, o que corresponde a cerca de 70% dos dias possíveis, um patamar coerente com as práticas de completude de dados recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2011).

O ano foi dividido em quatro trimestres, identificados pelas siglas em inglês DJF (verão do Hemisfério Sul), MAM (outono), JJA (inverno) e SON (primavera). Dezembro foi atribuído ao ano civil corrente, por conveniência e devido à compatibilidade com o SINAN, que encerra o ano em dezembro. O teste é aplicado a cada combinação de variável e trimestre, e o conjunto de coeficientes é apresentado em um heatmap, uma matriz de cores na qual a intensidade expressa o valor de τ e o asterisco indica a significância, recurso que permite visualizar as trinta combinações em uma única figura.

A tendência foi detectada e quantificada pela combinação já conhecida em climatologia: o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall; Gibbons, 1990) certifica a presença de tendência monotônica (Equação 1), e o estimador de Sen (1968) fornece a magnitude da

inclinação anual (Equação 2), um protocolo consolidado por Hirsch, Slack e Smith (1982). O Mann-Kendall foi escolhido por não pressupor normalidade, resistir a valores extremos e detectar a tendência, independentemente da forma funcional. O τ de Kendall, variando de -1 a 1, indica força e direção, e o p-valor certifica a significância: adotou-se $p < 0,05$ como significativo, entre 0,05 e 0,10 como marginal, e acima de 0,10 como não significativo. O estimador de Sen, mediana das inclinações entre todos os pares de pontos, é robusto a extremos e vem na unidade da variável, graus por ano, milímetros por ano ou pontos percentuais por ano. A tendência foi testada em duas escalas: anual, com cada uma das seis variáveis testada uma vez em cada dos 26 anos, e sazonal, com cada variável nas quatro estações, totalizando 24 testes.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i), \quad \tau = \frac{2S}{n(n-1)} \quad (1)$$

$$\hat{\beta} = \text{mediana} \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} \right\}, \quad i < j \quad (2)$$

A relação entre clima e incidência foi medida por meio de uma função de correlação cruzada, ou FCC (Equação 3), com pré-branqueamento das séries (Box; Jenkins, 1976). Conforme Box e Jenkins (1976), a FCC mede a correlação entre duas séries temporais em sucessivos deslocamentos no tempo, chamados lags, e permite identificar a defasagem em que a associação entre elas é máxima. Séries climáticas e epidemiológicas partilham sazonalidade anual e tendência, e correlacioná-las diretamente inflaciona o coeficiente devido à coincidência sazonal, não a uma relação específica. O pré-branqueamento remove esses sinais comuns antes do cálculo.

Cada série foi decomposta em tendência, sazonalidade e resíduo pelo método STL (Seasonal-Trend decomposition using Loess), de Cleveland et al. (1990), que estima a sazonalidade e a tendência por regressão local sucessiva e devolve o resíduo já desprovido desses dois componentes. A correlação cruzada foi calculada entre os resíduos climáticos e o resíduo da incidência semanal, transformado pelo logaritmo de $n + 1$ para estabilizar a variância. Os lags cobriram de -52 a +52 semanas, com identificação do lag de máxima correlação significativa para cada variável. O limiar de correlação espúria, ao nível de 95%, foi de 2 sobre a raiz do tamanho da série, cerca de 0,06 para as 1.007 semanas do recorte 2007-2025. A leitura privilegia os lags negativos, em que o clima antecede a variação da incidência; os positivos ficaram como verificação, sem inferência causal, por falta de mecanismo biológico defensável.

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\text{Cov}(x_t, y_{t+k})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

A análise dialoga com a literatura sobre o Cerrado. Hofmann et al. (2021) documentam,

em uma série reticulada de 1961 a 2019, um bioma mais quente e mais seco, com aumento das temperaturas e do déficit de saturação de vapor concentrado entre julho e outubro.

3.4 Análise epidemiológica e espaço-temporal

A leitura espacial da dengue por Região Administrativa, no recorte de 2014-2024, depende de uma sequência de decisões sobre os dados, cada uma justificada pela natureza das fontes disponíveis.

O recorte de 2014 a 2024 decorre da base de dados da SVS-DF, obtida por meio de pedido realizado via Lei de Acesso à Informação (processo SES nº 025376/2025), atendido em 2025. São 649.355 notificações de dengue no DF, com endereço completo (logradouro, bairro e CEP) e o campo de distrito sanitário preenchido em 98% dos registros. A SVS-DF cobre um período mais curto do que o do SINAN, mas oferece informações espaciais de que o sistema nacional não dispõe. A escolha dela como base de referência apoia-se em três pontos: o endereço permite atribuir cada caso à RA de residência efetiva, e não à de notificação ou à de codificação administrativa; as variáveis espaciais apresentam 90% de preenchimento; e a mesma base alimenta os boletins da SES-DF, o que preserva a consistência com a produção oficial do território. O SINAN, baixado pelo pacote Microdatasus (Saldanha; Bastos; Barcellos, 2019), fornece a série de incidência do DF de 2007 a 2025.

O tratamento da base seguiu quatro etapas: leitura e correção da codificação do arquivo bruto, levantamento descritivo, filtro por data de notificação entre 2014 e 2024 e associação de cada notificação à RA de residência. A cobertura é completa ao longo dos onze anos, com um pico de 321.215 registros em 2024 e um mínimo de 1.940 registros em 2018. O mapeamento das notificações às 35 RAs resultou da inspeção dos campos espaciais. O campo de bairro, com 3.376 valores textuais, mostrou-se inviável como chave direta, e a correspondência aproximada gerava muitos falsos positivos. A solução inverteu a hierarquia: o campo de distrito sanitário, preenchido em 98% e com cerca de 36 códigos de correspondência quase bijetiva com as RAs, tornou-se a chave principal, e o nome do bairro passou ao controle de qualidade e à recuperação dos 2% sem código, por correspondência espacial com o shapefile de localidades da IDE-DF. As discrepâncias entre bairro e distrito ficaram abaixo de 1%, e as notificações sem atribuição válida ficaram abaixo de 0,5%. A camada oficial das 35 RAs é a da IDE-DF, atualizada para as novas RAs vigentes em 2026: Sol Nascente/Pôr do Sol, Arniqueira Arapoanga e Água Quente.

A incidência anual por RA é a razão entre as notificações atribuídas à RA no ano e a

população estimada da RA no mesmo ano, por 100 mil habitantes (Equação 4). O denominador combina duas fontes: as projeções da Codeplan (2018) para os anos anteriores a 2024 e os resultados da PDAD 2024 do IPEDF (2024), seguindo a regra de nomenclatura vigente em cada época. Arapoanga e Água Quente, criadas em 2022, não constam da série original e tiveram a população reconstruída a partir da PDAD 2024, com retroprojeção para 2022 e 2023, o que requer leitura cuidadosa da incidência nos primeiros anos dessas RAs.

A escolha da RA como unidade, e não do setor censitário ou do bairro, sustenta-se em três razões: é o recorte sobre o qual operam os instrumentos oficiais de planejamento e vigilância, é compatível com a escala do IBEU-DF 2021 utilizado na análise socioambiental e é o único nível com denominador populacional anual disponível. A incidência agregada do Distrito Federal segue o mesmo critério, com a soma das populações anuais das RAs no denominador, coerente com a projeção do IPEDF adotada na caracterização da área. Como esse denominador acompanha o crescimento populacional ano a ano e não uma contagem fixa, a incidência não fica subestimada nos anos recentes da série.

$$I_{i,t} = \frac{C_{i,t}}{P_{i,t}} \times 100.000 \quad (4)$$

A classificação da incidência em baixa, média e alta segue o parâmetro da vigilância do DF: baixa, abaixo de 100 casos por 100 mil habitantes; média, entre 100 e 300 casos por 100 mil habitantes; e alta, a partir de 300 casos por 100 mil habitantes (SES-DF, 2022). O limiar de 300, indicativo de situação epidêmica, corresponde ao parâmetro da Organização Mundial da Saúde. Aplicado ao DF, o critério mostra um território que opera em alta transmissão de forma estrutural, e não episódica, o que orienta uma leitura por gradiente quantitativo em vez de uma oposição simples entre endemia e epidemia.

A análise de anomalia isola o pico recente da carga crônica. Ela compara a incidência de 2024 em cada RA com a média da própria RA entre 2014 e 2023 e expressa o resultado como razão, uma medida relativa que se lê em qualquer faixa de incidência. RAs com razão alta concentram o pico; RAs com razão próxima de 1 viveram 2024 perto da sua média histórica. O ano de 2024 fica fora do cálculo da média para evitar autocorrelação, e as RAs criadas no curso do recorte têm a média calculada apenas sobre os anos de existência, com ressalva no resultado.

Análises por unidade administrativa podem encontrar o Problema das Unidades de Áreas Modificáveis (Openshaw, 1983; Wong, 2009): os resultados podem variar dependendo da escala, do delineamento dos limites e da forma de atribuir os eventos ao recorte. A atribuição

por endereço real da SVS-DF corrige uma subestimação sistemática que ocorre na atribuição pelo registro original, o campo ID_DISTRIT, nas RAs criadas após 2014. Além disso, o exercício de sensibilidade avalia essa diferença com base nos dados.

3.5 Análise clima-dengue

O clima, o espaço por RA e a vulnerabilidade, tratados separadamente nas análises anteriores, se cruzam a partir de fontes com recortes de tempo e espaço distintos.

O recorte é estratificado por análise, não único. A série climática abrange de 2000 a 2025 para a detecção de tendência e de 2007 a 2025 para a correlação cruzada com a incidência semanal; a análise espacial por RA recai sobre a base SVS-DF, de 2014 a 2024; a leitura socioambiental cruza o IBEU de 2021 com a incidência média no recorte espacial. Uniformizar tudo em um único recorte descartaria informações desnecessárias. Por isso, o cruzamento mais firme ocorre na interseção 2014-2024, janela na qual todas as séries estão com a desagregação necessária, enquanto a tendência climática de longo prazo serve para contextualizar essa leitura, e não para entrar diretamente no cruzamento espacial.

A correlação cruzada pré-branqueada indica que o clima do semestre anterior carrega informações sobre a incidência do semestre seguinte. Essa estrutura de antecipação orienta a definição de uma janela climática pré-epidêmica, fixada no trimestre de setembro a novembro. A escolha tem duas razões: o trimestre precede, em cerca de um semestre, o pico usual de fevereiro a abril, intervalo compatível com a antecipação identificada pela correlação cruzada, e coincide com a primavera no Hemisfério Sul, estação em que o Cerrado combina aquecimento e queda de umidade.

O cruzamento entre anos epidêmicos e configuração climática é descritivo. Os anos de 2007 a 2025 são classificados como de alta, média ou baixa transmissão pelo critério da vigilância do DF (SES-DF, 2022), e, para cada ano epidêmico, descreve-se a configuração do trimestre pré-epidêmico do ciclo anterior. Não se aplica teste formal de associação nem modelo preditivo. A razão é dupla: dezenove anos são poucos para modelagem prospectiva com validade estatística, e a prioridade da pesquisa é a leitura do território, não a melhor previsão possível. A modelagem fica como agenda de desdobramento, em desenho próprio e com série mais longa.

A correlação cruzada é calculada com base na incidência semanal do DF agregado, e não em cada RA, por dois motivos. Desagregar em 35 séries semanais inviabilizaria o cálculo,

que exige séries longas e estáveis o bastante para o pré-branqueamento já mencionado. E a fonte climática é uma só: a análise usa apenas a estação automática A001, na Região Administrativa do Sudoeste, que representa o clima da área central urbanizada. A leitura climática entra, assim, em escala urbana e em um quadro temporal comum, enquanto a incidência se distribui de forma desigual entre as RAs, conforme a vulnerabilidade de cada território.

As três leituras não se resumem a um único número. Cada uma se sustenta sozinha: o clima marca o tempo da antecipação, a distribuição por RA mostra onde a dengue se concentra, e o IBEU aponta a vulnerabilidade que separa um território do outro. Juntas, elas se reforçam. Esse cruzamento é uma articulação, não uma fusão em um único índice, o que mantém a análise transparente e dentro do que o desenho da pesquisa permite afirmar.

3.6 Análise socioespacial

A leitura socioespacial mede a vulnerabilidade socioambiental na escala da Região Administrativa, para cruzá-la com a carga da dengue. O instrumento é o Índice de Bem-Estar Urbano na adaptação para o Distrito Federal (IBEU-DF), com dados da PDAD 2021.

A categoria de vulnerabilidade socioambiental articula a desigualdade intraurbana à produção do risco epidemiológico. Barcellos et al. (2002) sustentam que a configuração territorial do risco em saúde precisa de indicadores que captem, ao mesmo tempo, o acesso desigual aos serviços urbanos, as condições do entorno construído e o uso do espaço, dimensões que estruturam a exposição diferencial das populações. Na dengue do DF, Drumond et al. (2020) mostram que a leitura epidemiológica só se torna inteligível quando incorpora os marcadores de desigualdade urbana por RA. O instrumento precisa, então, operar na escala da RA, integrar as dimensões do entorno e dos serviços e ter uma edição compatível com o recorte de 2014 a 2024. O IBEU-DF 2021 atende aos três requisitos.

O IBEU foi formulado pelo Observatório das Metrópoles (Ribeiro; Ribeiro, 2013) para comparar o bem-estar urbano nas metrópoles brasileiras, numa escala de 0 (o pior) a 1 (o melhor). A adaptação para o DF foi conduzida pela Codeplan (2020) e revista pelo IPEDF (2023) a partir da PDAD, o que confere maior granularidade e frequência do que o Censo do IBGE. A edição usada aqui traz pontuação por dimensão e geral para 33 Regiões Administrativas, com cobertura de 2021, antecedendo a criação de Arapoanga e Água Quente em 2022.

O índice se organiza em cinco dimensões e em indicadores brutos, e a análise usa ambos

os níveis: o agregado dá a síntese; o desagregado mostra quais variáveis sustentam o sinal. A metodologia nacional do IBEU prevê vinte indicadores; a base do IBEU-DF 2021 opera com dezenove, sem a identificação de logradouro, e é sobre esses dezenove que a análise se concentra. A mobilidade (D1) mede o tempo de deslocamento entre a casa e o trabalho, um proxy de periferização. As condições ambientais do entorno (D2) incluem arborização, ausência de esgoto a céu aberto e de lixo nas vias e têm a leitura epidemiológica mais direta, pois tocam em temperatura, umidade e criadouros.

As condições habitacionais (D3) incluem densidade domiciliar, moradores por banheiro, material das paredes, espécie do domicílio e a proporção de domicílios particulares permanentes, proxy do contato entre o vetor e o morador dentro de casa. O atendimento de serviços coletivos (D4) abrange água, esgoto, lixo e energia, e a infraestrutura urbana (D5) inclui iluminação, pavimentação, calçada, meio-fio, bueiros e acessibilidade. Uma regularidade é importante para a análise: várias RAs têm serviços (D4) no topo da escala e, ao mesmo tempo, um entorno (D2) ruim, indicando um descompasso entre a cobertura formal do serviço e a qualidade do ambiente construído.

A análise recai sobre 33 das 35 RAs. Arapoanga e Água Quente não constam no IBEU-DF 2021 porque foram criadas pela Lei Complementar nº 1.061/2022, após o levantamento da PDAD 2021. Reconstruir o índice para elas produziria uma pontuação não comparável à oficial; portanto, a leitura socioespacial fica restrita às 33 RAs. Como as duas ausentes são RAs novas e de alta incidência, essa exclusão tende a enfraquecer, e não a inflar, a associação observada.

O IBEU-DF é uma fotografia de 2021, cruzada com a incidência média de 2014 a 2024. Os dois recortes não coincidem no tempo, mas o cruzamento é direto e defensável, porque o IBEU mede uma configuração estrutural de mudança lenta, que a média da década capta bem. Não se trata de comparar dois instantes, e sim de confrontar uma estrutura urbana estável com a carga epidemiológica acumulada ao longo do período.

O cruzamento usa dois procedimentos. O primeiro é a correlação bivariada entre o IBEU, geral e por dimensão, e a incidência, na média do período e em 2024. A leitura principal é a de Spearman (Equação 5), que mede a correspondência entre os postos das RAs no IBEU e na incidência, pois o teste de normalidade rejeitou a hipótese de normalidade do índice e da incidência; o coeficiente de Pearson serve como verificação e para comparação com a literatura (Hair et al., 2009). O segundo é a regressão linear simples entre o IBEU geral e a incidência média, que quantifica a variação esperada, tendo o R^2 ajustado como medida de ajuste. Optou-se pela regressão simples, e não pela múltipla, porque as cinco dimensões são colineares e

tornam os coeficientes de um modelo múltiplo ambíguos.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (5)$$

O cruzamento entre a base do IBEU e a base epidemiológica exigiu padronizar os nomes das RAs, que chegavam com grafias distintas de acento, hífen e barra. Uma rotina de normalização, com maiúsculas, remoção de acentos e tratamento de conectivos e barras, garantiu a correspondência exata entre as 33 RAs e resolveu casos como Sudoeste/Octogonal e Sol Nascente/Pôr do Sol, sem necessidade de ajuste manual.

3.7 Pesquisa qualitativa: questionário KAP de dengue

A etapa qualitativa complementa as análises climática, espacial e socioambiental com um estudo de conhecimento, atitudes e práticas (KAP) sobre a dengue entre moradores do Distrito Federal. O KAP é um formato reconhecido na saúde pública para diagnosticar a distância entre a informação que circula, as atitudes declaradas e a prática de prevenção (OMS, 2008). O objetivo aqui, de caráter exploratório, não é medir a prevalência exata de cada prática na população do DF, e sim identificar padrões que conversem com a leitura territorial dos capítulos anteriores, em especial com a hierarquia das dimensões do IBEU.

A escolha do KAP, em vez de grupos focais, entrevistas em profundidade ou observação participante, tem quatro razões. Ele opera sobre indivíduos e gera medidas quantificáveis das três dimensões (conhecimento, atitudes e práticas), que se cruzam com o perfil do respondente e mantêm compatibilidade com as análises quantitativas do trabalho. O formato autoaplicado por meio digital amplia o número de respondentes muito além do que os procedimentos qualitativos intensivos permitiriam. E é viável para um pesquisador sem equipe de campo e com baixo custo logístico. Pesou também a dimensão ética do desenho: o instrumento é anônimo, não coleta dados que identifiquem o respondente nem informações sensíveis, e é precedido de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Esse desenho de baixo risco preserva a privacidade dos participantes e enquadra a pesquisa entre as que não requerem registro nem avaliação pelo sistema CEP/CONEP, conforme a Resolução CNS nº 510/2016, que exclui a pesquisa de opinião pública com participantes não identificados (Art. 1º, parágrafo único, inciso I). O desenho KAP é amplamente utilizado no estudo da dengue urbana (Chiaravalloti-Neto et al., 2003; Desjardins et al., 2020; Rahman et al., 2023), geralmente para avaliar programas educativos ou mapear lacunas de conhecimento. Aqui, o uso é outro: captar a heterogeneidade do conhecimento e da

prática na população e cruzá-la com a configuração territorial da análise espacial, conferindo dimensão subjetiva à leitura objetiva da vulnerabilidade.

O questionário, intitulado “Conhecimento, Atitudes e Práticas sobre o Ambiente Urbano e a Prevenção da Dengue no Distrito Federal”, foi elaborado pelo próprio pesquisador a partir de estudos KAP sobre dengue e ajustado ao contexto do DF. São 24 itens distribuídos em cinco blocos, precedidos de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com aceite obrigatório. O primeiro bloco apresenta o perfil sociodemográfico e as condições de moradia relevantes para o ciclo do vetor, como o abastecimento de água, o armazenamento doméstico, o quintal e o descarte do lixo. O segundo mede o conhecimento sobre a dengue e o clima, em nove afirmações de verdadeiro, falso ou não sei, com três itens específicos sobre o papel do clima na proliferação do vetor. O terceiro mede atitudes diante do risco, em escala Likert (Likert, 1932) de cinco pontos, incluindo a responsabilização entre governo e morador e a confiança na vigilância. O quarto mede a frequência das práticas de prevenção e o principal motivo para não as adotar. O quinto levanta as fontes de informação sobre a dengue. A íntegra do instrumento está no Apêndice A.

A coleta utilizou um formulário digital autoaplicado, distribuído por meio de uma estratégia mista. A abordagem presencial concentrou-se na rodoviária do Plano Piloto, ponto de maior circulação do DF, com convite a passantes por QR code, e a divulgação remota ocorreu por redes sociais, grupos da Universidade de Brasília e contatos pessoais. A amostragem foi por conveniência, sem estratificação prévia, devido à inviabilidade de amostragem probabilística sem equipe de campo nem marco amostral atualizado para o DF. A coleta foi encerrada com 137 respostas válidas, provenientes de 24 das 35 RAs. A não-conclusão foi alta, padrão associado na literatura a questionários autoaplicados longos em público não cativo, em que a duração do instrumento é a principal barreira (Galesic; Bosnjak, 2009). O caráter exploratório do estudo posiciona a interpretação dentro do que as 137 respostas autorizam, e as hipóteses geradas podem orientar desdobramentos com instrumentos mais curtos ou com uma equipe dedicada.

O perfil detalhado das 137 respostas é apresentado no Capítulo 4. Do ponto de vista metodológico, importa registrar que a amostra abrange 24 das 35 RAs e, por ter sido coletada por conveniência em meio digital, tende a incluir respondentes de maior escolaridade e renda, viés que a leitura dos resultados considera.

A análise dos dados seguiu três etapas. A primeira descreve cada item, com frequência absoluta e relativa por categoria, organizada em blocos. A segunda constrói escores de síntese:

para o conhecimento, a proporção de respostas corretas, com correção dos itens em sentido inverso; para atitudes e práticas, escores *Likert* agregados, com ajuste de polaridade quando necessário. A terceira cruza esses escores por gênero, faixa etária, escolaridade, renda, tipo de moradia, armazenamento de água e RA de residência, utilizando testes não paramétricos: o de Mann-Whitney para comparações entre dois grupos, como o gênero, e o de Kruskal-Wallis para comparações entre três ou mais, como as faixas de escolaridade, de renda e de idade. São alternativas não paramétricas ao teste t e à análise de variância, e a escolha justifica-se por três razões.

Os escores derivam de itens ordinais, em escala Likert, e não de medidas intervalares. Os subgrupos têm tamanhos reduzidos e desiguais. E o teste de Shapiro-Wilk rejeita a hipótese de normalidade para o escore de conhecimento ($W = 0,958$; $p < 0,001$) e para o de atitudes ($W = 0,978$; $p = 0,026$), embora não o rejeite para o de práticas ($W = 0,990$; $p = 0,420$), o que recomenda tratamento uniforme por postos para os três, procedimento robusto a distribuições assimétricas e a valores extremos (Hair et al., 2009). As duas perguntas de múltipla escolha, sobre o motivo da não adoção e as fontes de informação, foram avaliadas por contagem de marcações e pela categorização das respostas abertas. Toda a leitura é exploratória, sem pretensão de inferência causal.

3.8 Limitações do estudo

As escolhas de fonte, de recorte e de procedimento que sustentam este trabalho trazem restrições, organizadas em quatro frentes: as fontes de dados, os procedimentos estatísticos, a pesquisa KAP e a articulação entre os planos. Ao final, separa-se o que vale no recorte examinado do que pode ser estendido a outros contextos.

O SINAN é utilizado como base da série longa, de 2007 a 2025, mas atribui erroneamente os casos por Região Administrativa, pois depende do preenchimento do logradouro. Por isso, ele sustenta a leitura agregada do DF e a análise climática, além de fornecer à base da SVS-DF uma leitura mais detalhada por RA. Uma segunda ressalva é própria do sistema de notificação, e não do método deste estudo: distinguir caso confirmado de caso notificado exigiria o desfecho laboratorial, que muitas vezes não existe, porque a pessoa notifica uma vez e não retorna para o teste nem para o encerramento. O estudo considera, portanto, os casos prováveis, ou seja, as notificações não encerradas são consideradas descartadas; em período de alta transmissão, essa carga se aproxima da magnitude real da doença. A falha do SINAN para 2008 no pacote microdatasus foi contornada com o arquivo DBF nativo do

DATASUS, sem quebrar a série.

Os dados obtidos por LAI da SVS-DF abrangem de 2014 a 2024, recorte mais curto que o do SINAN, o que impede a leitura espacial de longo prazo; em troca, oferecem endereço completo e maior precisão geográfica, além de compatibilidade com os boletins da SES-DF. A série climática da estação A001 vai de 2000 a 2025, com completude acima de 90%, mas representa a porção central urbanizada do DF, no Sudoeste, então serve para a média urbana e não permite inferências sobre o microclima das RAs periféricas. O IBEU-DF cobre 33 das 35 RAs, sem Arapoanga e Água Quente, e existe apenas para 2021, o que torna o cruzamento com a incidência uma leitura transversal. A série populacional combina projeções da Codeplan e a PDAD do IPEDF, e sua confiabilidade diminui à medida que o ano se afasta do censo de base, o que pesa nas comparações de incidência absoluta dos últimos anos.

Nos procedimentos, o teste de Mann-Kendall e o estimador de Sen operam com base em 26 anos, suficientes para detectar tendências de magnitude moderada a alta, mas não para sinais fracos, que exigiriam uma série mais longa; o estimador ainda assume uma tendência linear, o que simplifica a análise de variáveis com inflexões no período. A função de correlação cruzada trabalha com a série semanal agregada do DF, e não com a RA, o que favorece o poder estatístico e a clareza. A contrapartida é não captar os gatilhos climáticos próprios de cada RA.

Na leitura espacial, a Região Administrativa é a unidade de análise, o que acarreta o problema da agregação, o MAUP (Openshaw, 1983): a RA esconde a variação interna, sobretudo nas maiores, como Brazlândia, Ceilândia e Planaltina. Na leitura socioespacial, a colinearidade entre as cinco dimensões do IBEU levou à opção pela regressão simples, tendo o índice geral como variável explicativa.

A pesquisa KAP reuniu 137 respostas válidas, em amostra por conveniência, de caráter exploratório, com abordagens digitais e presenciais na rodoviária do Plano Piloto. A coleta digital amplia a amostra para níveis mais elevados de escolaridade e renda, o que exige cuidado ao generalizar os achados para o conjunto da população. O instrumento é autoaplicado, mede a prática declarada, não a observada, e a literatura sobre KAP registra a tendência de superestimar a prática socialmente desejável. A leitura por RA permanece no plano descritivo, pois várias RAs têm menos de cinco respondentes.

A integração entre clima, espaço e vulnerabilidade se dá por interpretação, e não por um modelo estatístico único, porque os recortes não coincidem no tempo nem no espaço, e o número de anos não sustenta uma modelagem preditiva com poder estatístico aceitável. Disso

decorre a ressalva mais séria: o pico de 2024, com incidência quatro vezes maior que a do segundo ano da série, é descrito em um quadro climático já alterado, com primavera anterior quente e seca, mas sem atribuição causal da magnitude daquele ano, o que exigiria modelagem fora do escopo deste trabalho.

Vale, ao fim, separar a validade interna da externa. Dentro do recorte, as afirmações decorrem dos dados obtidos pelos procedimentos descritos, são sustentadas pela documentação transparente das rotinas, pela justificativa de cada escolha e pelas ressalvas nos pontos sensíveis. Para fora, a leitura pede mais reserva: o território é o Distrito Federal, o recorte é 2014-2024 no espaço e 2007-2025 no clima, e a amostra KAP é de conveniência, de modo que estender os achados a outras capitais, a outros períodos ou ao conjunto da população do DF exigiria um estudo próprio. Os resultados são firmes para o que foi examinado e servem de base para recortes mais amplos.

O processamento dos dados, as análises e as figuras foram realizados em R, versão 4.5.3 (R Core Team, 2026), com os pacotes ggplot2 (Wickham, 2016), sf (Pebesma, 2018), data.table (Dowle; Srinivasan, 2025), ggspatial (Dunnington, 2023) e microdatasus (Saldanha; Bastos; Barcellos, 2019), entre outros.

4 RESULTADOS

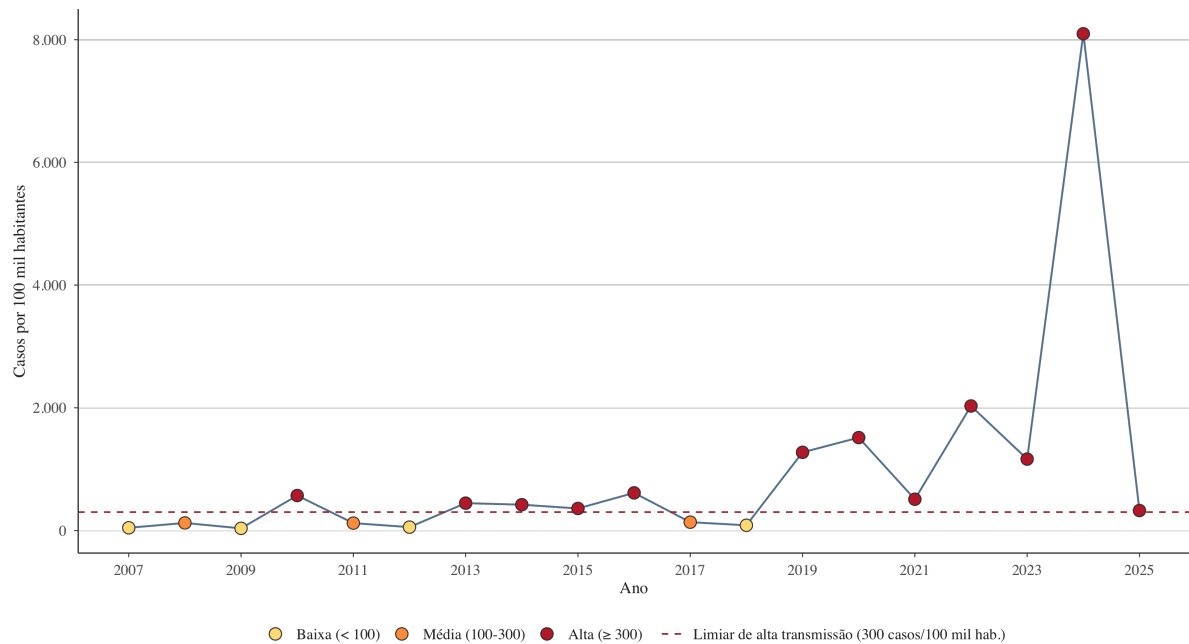
4.1 Caracterização epidemiológica da dengue no Distrito Federal (2007-2025)

O quadro epidemiológico agregado da dengue no Distrito Federal entre 2007 e 2025 tem como base o SINAN filtrado para o DF, com o território como unidade de análise, sem desagregação por Região Administrativa. O recorte cobre dezenove anos consecutivos e contempla 660.624 notificações de dengue residentes no DF, processadas a partir das bases de dados anuais do SINAN-DF.

O recorte 2007-2025 cobre dezenove anos, mas o conjunto de arquivos descarregado via pacote microdatasus (Saldanha; Bastos; Barcellos, 2019) retornou cobertura vazia para o ano de 2008. A recuperação do ano foi realizada por meio do processamento direto do arquivo DBF nativo do DATASUS e gerou 3.556 notificações. A consequência prática é que o recorte agora opera com cobertura contínua de dezenove anos, sem lacuna temporal, configuração que sustenta a leitura interanual a seguir.

O conjunto final processado totaliza 660.624 notificações no DF entre 2007 e 2025, distribuídas de forma fortemente desigual ao longo dos anos. O ano de 2024, com 279.020 notificações, concentra quase 42% do total acumulado ao longo de duas décadas. A descrição quantitativa desse desequilíbrio orienta toda a discussão que se segue.

A Figura 7 apresenta doze anos de alta transmissão que marcam o recorte de 19 anos. Pelo critério da SES-DF (2022), classificam-se como anos de alta transmissão os anos de 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 e 2025, totalizando 63% do recorte. Os anos de baixa ou média transmissão (2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017, 2018) somam 37% do recorte e configuram vales relativos antes ou entre as ondas epidêmicas. A leitura conjunta indica que o DF opera em condição estrutural de alta transmissão recorrente e que os anos de baixa não representam ausência da doença, mas sim uma pausa relativa entre os surtos.

Figura 7 — Incidência anual de dengue no Distrito Federal (2007-2025)

Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

Sobre esse patamar, a carga epidêmica oscila ao longo do recorte. Os anos epidêmicos da primeira metade da série (2010, 2013, 2014, 2015, 2016) operam em faixa de incidência entre 360 e 613 casos por 100 mil habitantes, valores expressivos, mas que não escapam do limiar de alta transmissão por margem considerável. A partir de 2019, a série muda de patamar: 1.274 casos por 100 mil habitantes em 2019, 1.514 em 2020, 2.030 em 2022, 1.164 em 2023 e o pico de 8.097 casos por 100 mil habitantes em 2024. O DF passou, no recorte mais recente, a operar em magnitudes de incidência três a oito vezes superiores às registradas na primeira década da série.

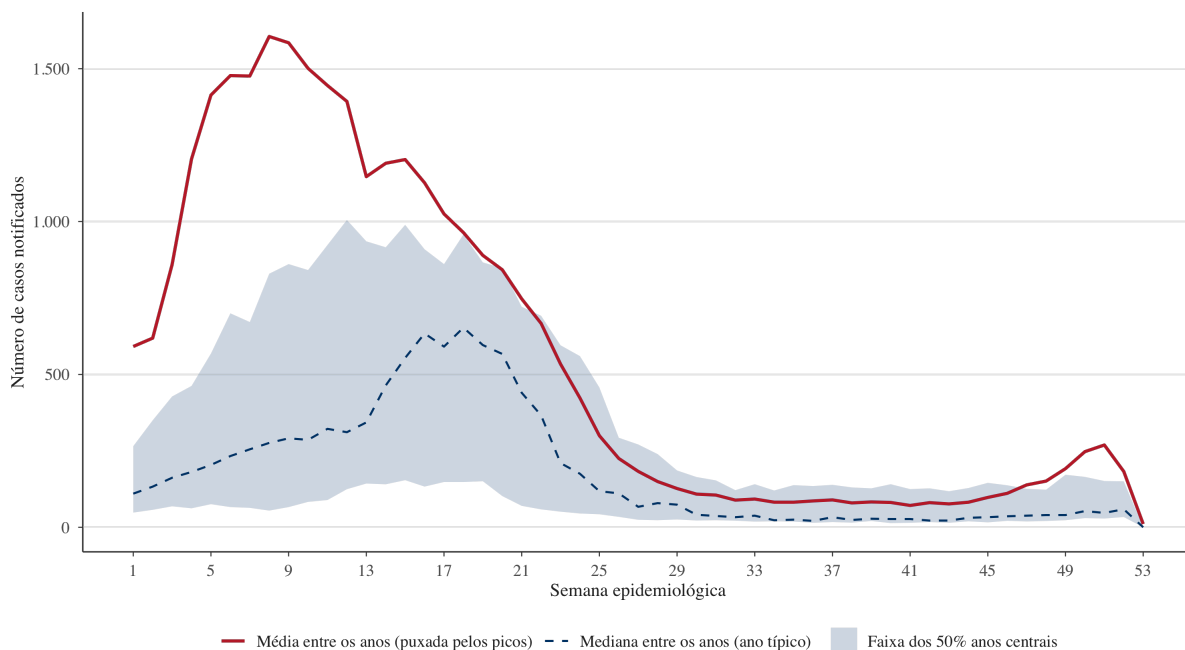
O pico de 8.097 casos por 100 mil habitantes em 2024 é quatro vezes superior ao do segundo ano mais elevado da série (2022, com 2.030 casos por 100 mil habitantes) e configura um ano epidemiologicamente atípico, mesmo no contexto do escalonamento recente. A discussão sobre as causas do pico de 2024 articula o quadro climático (primavera mais quente e mais seca, conforme as tendências de Mann-Kendall) com a configuração socioambiental (vulnerabilidade urbana persistente nas RAs periféricas). A atribuição causal específica, no entanto, escapa ao escopo interpretativo desta dissertação.

O ano de 2025 apresenta uma incidência de 326 casos por 100 mil habitantes, valor ainda dentro da faixa de alta transmissão, segundo o critério da SES-DF (2022), mas bem inferior ao pico de 2024. A leitura prudente é que 2025 representa uma retração relativa após o

choque de 2024, mantendo a condição estrutural de alta transmissão.

A curva sazonal típica da dengue no DF aparece na média semanal das notificações ao longo das dezenove safras epidemiológicas do recorte (Figura 8).

Figura 8 — Curva sazonal da dengue no DF por semana epidemiológica (2007-2025)



Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

A subida da incidência é rápida entre as semanas epidemiológicas 1 e 9, intervalo que corresponde aproximadamente ao período de janeiro à primeira semana de março. O pico da média anual ocorre tipicamente entre as semanas 7 e 10 (do final de fevereiro ao início de março), com média próxima de 1.700 notificações por semana. A coincidência do pico com o final da estação chuvosa de Brasília reflete o ciclo conhecido do *Aedes aegypti*, que se beneficia do empoçamento residual de água em recipientes domésticos após o regime intenso de precipitação do trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (Beserra *et al.*, 2006; Brady *et al.*, 2013).

A descida é progressiva entre as semanas 10 e 25, período que abrange março, abril, maio e junho. A curva de média anual cai de aproximadamente 1.700 notificações na semana de pico para menos de 200 na semana 25. A queda não é abrupta, e o platô entre as semanas 13 e 18 (abril-maio) reflete a inércia do ciclo epidemiológico após o pico, com casos acumulados que continuam a ser notificados nas semanas seguintes ao período de transmissão mais intensa.

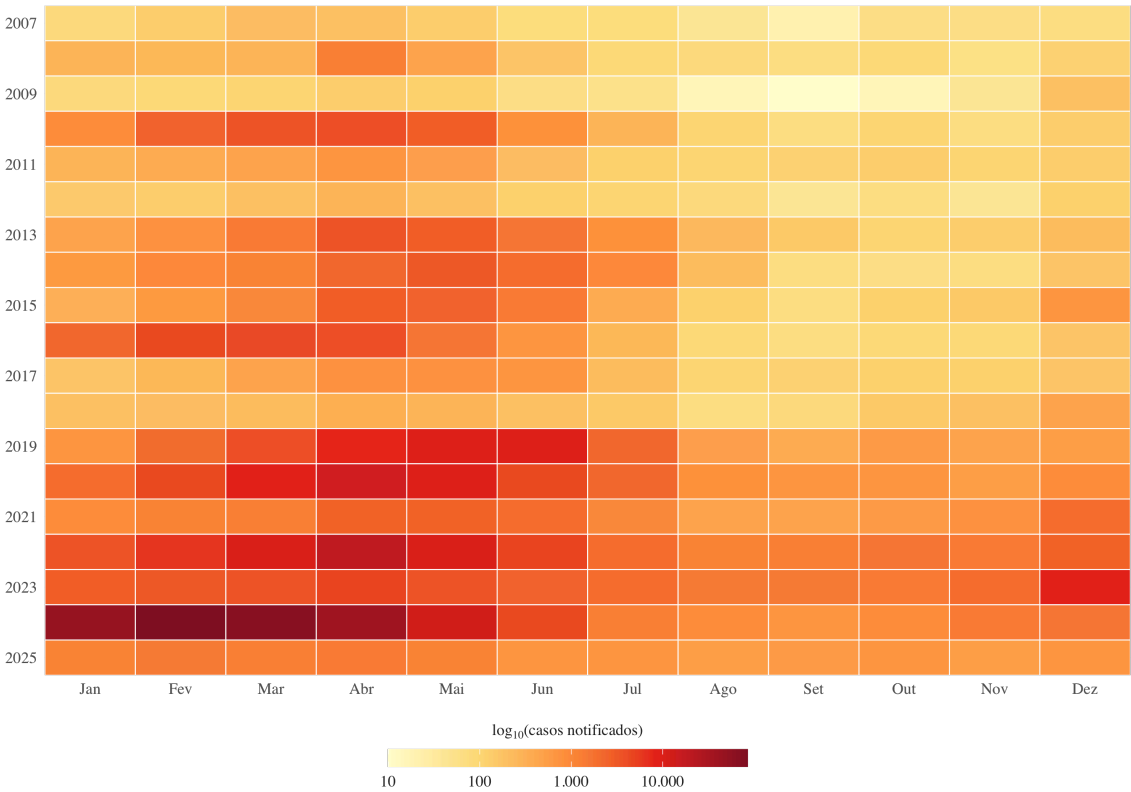
O platô baixo do inverno se estende entre as semanas 26 e 49, um intervalo que corresponde a julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Nessa janela, a média semanal de

notificações estabiliza-se na faixa entre 50 e 150 casos, valor que não corresponde à ausência de transmissão, mas à transmissão residual em patamar reduzido. A subida da curva entre as semanas 50 e 53, visível como um pequeno repique no final da figura, antecipa o ciclo do ano seguinte.

A faixa interquartílica, representada em azul sombreado, indica que a variabilidade entre os anos é maior no intervalo de pico (semanas 1 a 15) do que no platô de baixa transmissão. A mediana das semanas de pico oscila entre 300 e 650 notificações, uma distância considerável em relação à média (1.700), o que indica que a média anual é puxada por poucos anos de pico explosivo (particularmente 2019, 2020, 2022 e, principalmente, 2024). A leitura conjunta indica que o pulso sazonal do DF é regular em sua forma, mas variável em sua amplitude ao longo dos anos.

A intensidade mensal ao longo do recorte é lida no heatmap da Figura 9, que apresenta a distribuição das notificações ano a ano em escala logarítmica e permite ver, ao mesmo tempo, a magnitude e a sazonalidade.

Figura 9 — Distribuição mensal das notificações de dengue por ano (escala logarítmica), DF, 2007-2025



Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

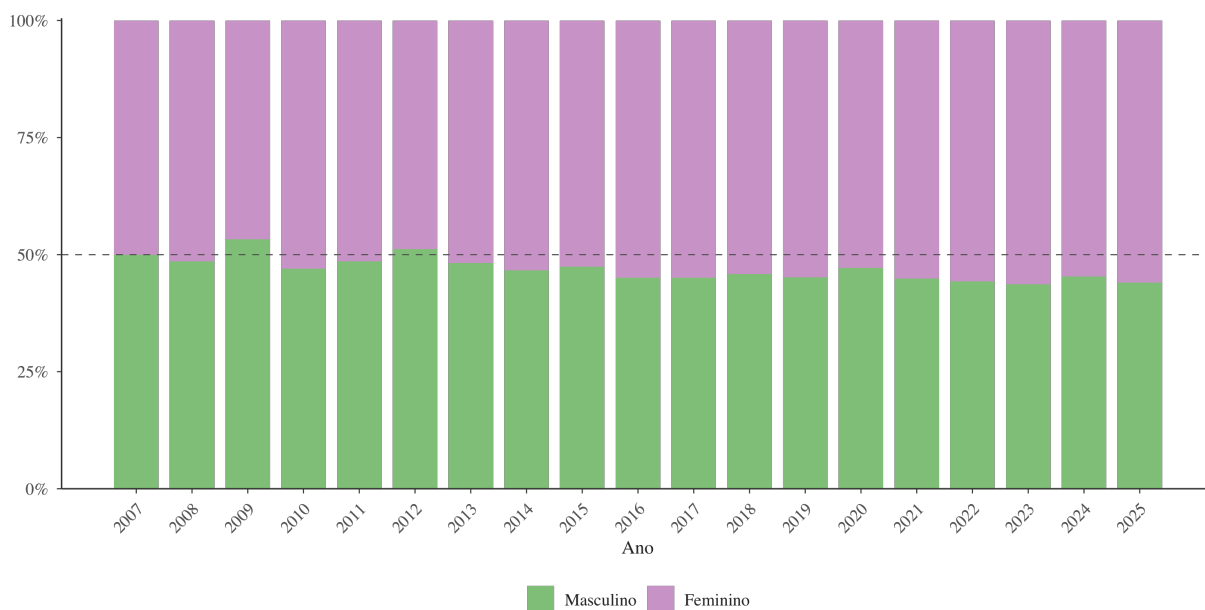
A sazonalidade persiste ao longo do recorte. Em todos os dezenove anos, os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio apresentam coloração mais quente do que os de agosto, setembro, outubro e novembro. O pulso sazonal não foi alterado pelas mudanças na magnitude da série; permanece como assinatura estrutural da dengue no Distrito Federal.

A magnitude escalona ao longo das décadas. A leitura vertical do *heatmap* mostra o deslocamento progressivo da escala de cores: de 2007 a 2012, operam predominantemente em tons amarelo-claros (faixa de 100 a 1.000 casos/mês); de 2013 a 2018, oscilam entre laranja e vermelho-claro (faixa de 1.000 a 5.000 casos/mês); e a partir de 2019, operam em vermelho intenso (faixa de 5.000 a 50.000 casos/mês). A linha de 2024 destaca-se com tonalidade vermelho-vinho nos meses de janeiro a abril, indicando volumes da ordem de dezenas de milhares de casos mensais, um valor sem precedentes no recorte.

O vale de inverno permanece estável mesmo nos anos epidêmicos. De agosto a outubro, mantém coloração relativamente clara em quase todos os anos, com exceção pontual de 2019, que apresentou um platô elevado prolongado. A leitura conjunta indica que a transmissão da dengue no DF tem uma janela bem definida (de dezembro a junho) e que os esforços de vigilância e controle podem ser organizados em torno desse calendário fixo.

O perfil demográfico das notificações começa pelo sexo. A distribuição percentual por sexo ao longo dos dezenove anos do recorte (Figura 10) mostra um padrão estável que se desloca gradualmente entre os subgrupos.

Figura 10 — Distribuição percentual das notificações de dengue por sexo, DF, 2007-2025



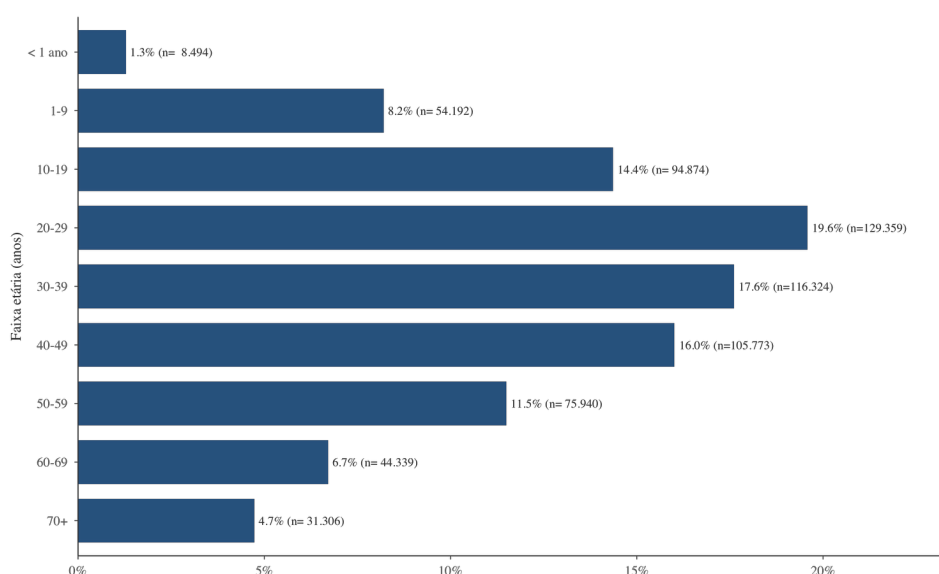
Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

Em 2007, a proporção de notificações masculinas era praticamente equivalente à feminina, em torno de 50% cada. A partir de 2011, a proporção feminina passa a predominar de forma consistente, na faixa entre 52% e 58%. Em 2024 e 2025, a proporção feminina aproxima-se de 57% das notificações totais. O deslocamento não é brusco e configura uma tendência progressiva ao longo do período.

A leitura desse padrão recorre a três hipóteses complementares documentadas na literatura sobre dengue no Brasil. A hipótese de exposição diferencial sustenta que mulheres em idade economicamente ativa permanecem por mais tempo nos ambientes domiciliar e peridomiciliar, principais sítios de exposição ao *Aedes aegypti* no período diurno (Drumond *et al.*, 2020). A procura diferencial por serviços de saúde lembra que mulheres têm, historicamente, um padrão mais elevado de busca por atendimento na rede primária, o que resulta em maior taxa de notificação para a mesma incidência subjacente (Levorato *et al.*, 2014). A hipótese demográfica, enfim, observa que a população do DF apresenta uma razão de sexo levemente favorável ao sexo feminino, especialmente nas faixas etárias adultas. As três hipóteses não são mutuamente exclusivas e operam conjuntamente para explicar a configuração observada.

Quanto à faixa etária, a Figura 11 apresenta a distribuição etária agregada das notificações no recorte de 2007 a 2025, calculada com base em 660.601 registros com idade informada. O perfil concentra-se em adultos jovens, com um gradiente claro entre as faixas etárias.

Figura 11 — Distribuição etária das notificações de dengue, DF, 2007-2025



Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

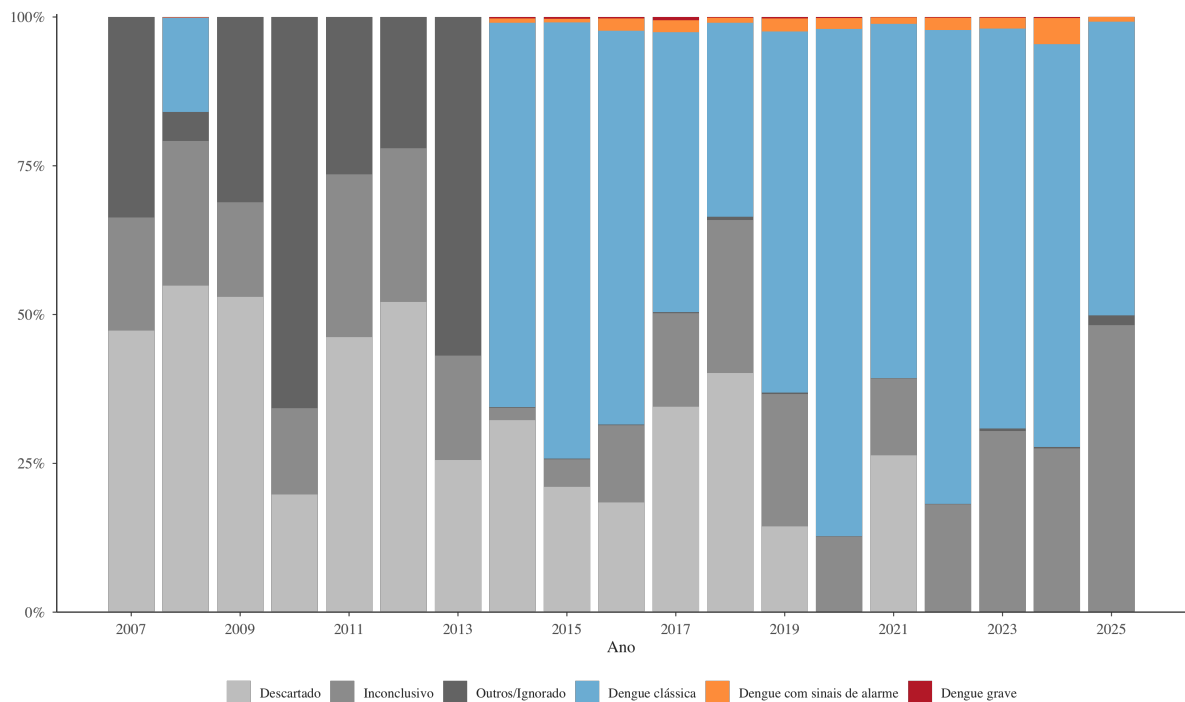
A faixa etária de 20 a 29 anos concentra 19,6% das notificações (129.359 casos), o percentual mais elevado entre as nove faixas etárias examinadas. A faixa de 30 a 39 anos vem em seguida, com 17,6% (116.324 casos), e a de 40 a 49 anos, com 16,0% (105.773 casos). Em conjunto, as três faixas etárias que abrangem os 20 aos 49 anos respondem por 53,2% das notificações, indicando que a dengue no DF é predominantemente uma doença de adultos em idade economicamente ativa.

A faixa de 10 a 19 anos responde por 14,4% (94.874 casos), e a de 50 a 59 anos, por 11,5% (75.940 casos). As faixas extremas concentram percentuais menores: menores de 1 ano respondem por 1,3% (8.494 casos), de 1 a 9 anos por 8,2% (54.192 casos), de 60 a 69 anos por 6,7% (44.339 casos) e maiores de 70 anos por 4,7% (31.306 casos). A distribuição é aproximadamente normal, centrada na faixa de 20 a 29 anos, e apresenta notificações decrescentes à medida que se avança para as faixas mais jovens e mais idosas.

O padrão observado é consistente com a literatura sobre dengue urbana no Brasil, que documenta a predominância em adultos em idade economicamente ativa, faixa que combina maior exposição ao ambiente domiciliar e peridomiciliar (em particular o entorno do espaço doméstico durante o período diurno), com maior probabilidade de notificação por busca de atendimento (Drumond *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2021). A magnitude relativamente baixa de casos em crianças menores de 10 anos contrasta com o perfil clássico da dengue em áreas hiperendêmicas da Ásia, historicamente concentrado em crianças e adultos jovens (Halstead, 2006; Ooi; Gubler, 2009), embora a idade média de infecção nessas áreas venha subindo nas últimas décadas (Paz-Bailey *et al.*, 2024). O padrão brasileiro reflete o ciclo recente da circulação dos sorotipos, no qual os adultos vêm acumulando exposições ao longo das últimas décadas.

A baixa proporção de idosos (acima de 60 anos responde por 11,4% do total) merece registro analítico. Esse grupo tem incidência absoluta menor do que a dos adultos jovens, mas concentra uma parcela desproporcional de casos graves e óbitos. A vigilância clínica na faixa etária idosa, embora responda por uma fração relativamente menor das notificações, é, portanto, particularmente relevante para o monitoramento da gravidade.

A evolução do preenchimento da classificação final ao longo do tempo (Figura 12) revela uma transformação estrutural no campo CLASSI_FIN, com implicações diretas para a interpretação dos dados.

Figura 12 — Evolução da classificação final das notificações de dengue, DF, 2007-2025

Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

No período de 2007 a 2013, a categoria "Outros/Ignorado" concentra entre 30% e 50% das notificações em vários anos, indicando uma expressiva incompletude no preenchimento. A categoria "Descartado" oscila entre 20% e 55% ao longo dos anos, e a categoria "Dengue clássica" (em azul) é praticamente ausente nos primeiros anos. A leitura desse padrão indica que o SINAN, no recorte inicial, operava com uma qualidade de classificação consideravelmente inferior à do recorte recente, configuração documentada na literatura sobre a evolução do sistema de informação em saúde no Brasil (Laguardia *et al.*, 2004).

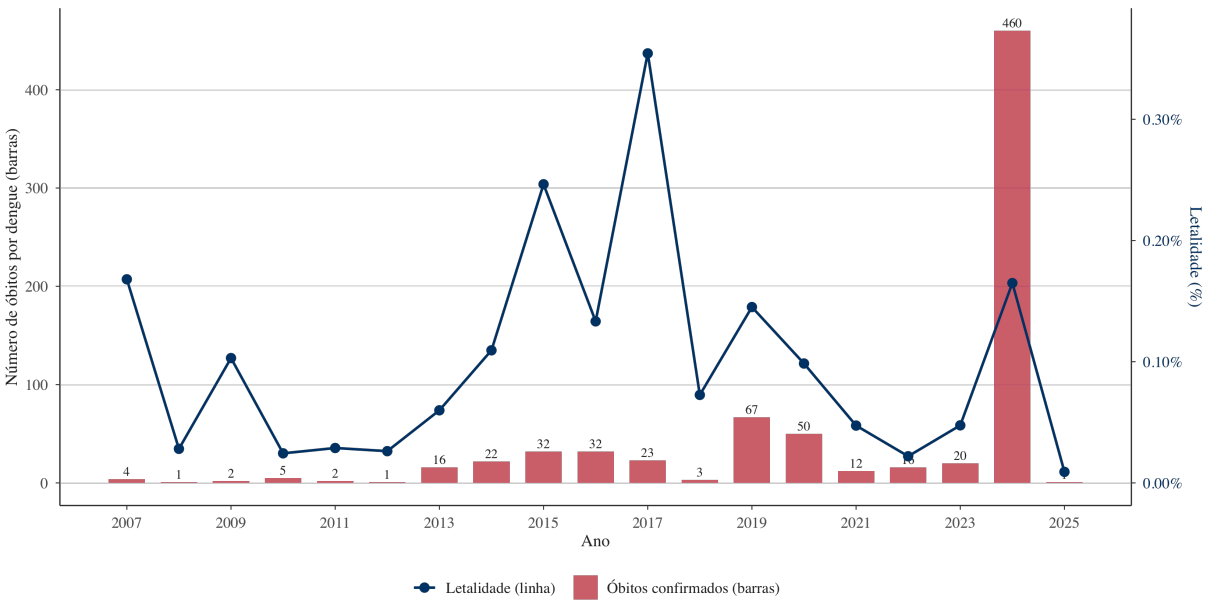
A partir de 2014, a categoria "Dengue clássica" passa a dominar a distribuição, com proporções que oscilam entre 55% e 85% ao longo dos anos. A categoria "Outros/Ignorado" praticamente desaparece, indicando a consolidação da prática de preenchimento da classificação final como rotina dos serviços de vigilância. As categorias "Dengue com sinais de alarme" (laranja) e "Dengue grave" (vermelho) aparecem em proporções pequenas, mas detectáveis nos anos recentes, em configuração consistente com a revisão da classificação clínica de 2014 (OMS, 2009), que incorporou esses dois conceitos como categorias específicas no SINAN.

A consequência interpretativa direta dessa transformação é que comparações de letalidade ou de gravidade ao longo de todo o recorte devem considerar a heterogeneidade do

preenchimento. Para os anos pré-2014, o denominador "casos confirmados" subestima a magnitude real da transmissão, dado que uma parte expressiva das notificações permanece em categorias menos discriminativas.

Os óbitos por dengue e a letalidade ao longo do recorte, com 2024 como ponto fora da curva, aparecem na Figura 13: o número absoluto de óbitos nas barras e a letalidade sobre o total de casos confirmados na linha azul.

Figura 13 — Óbitos por dengue e letalidade anual, DF, 2007-2025



Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

Os óbitos escalonam-se em paralelo à incidência. Os anos de 2007 a 2018 apresentam óbitos absolutos que oscilam entre 1 e 32 por ano, com mediana próxima de 5. Os anos de 2019, 2020 e 2022 apresentam óbitos na faixa etária de 50 a 67 anos. O ano de 2024 registra 460 óbitos confirmados, um valor sete vezes superior ao do segundo maior da série mais recente (2019, com 67 óbitos). O escalonamento dos óbitos acompanha o da carga epidemiológica geral, mas com amplificação relativa ainda maior no ano-pico.

A letalidade calculada sobre o total de casos confirmados oscila entre 0,03% e 0,30% ao longo do período, com mediana próxima a 0,1%. Os anos de 2007, 2015, 2017 e 2024 apresentam picos relativos de letalidade que se destacam visualmente na linha azul. O pico de letalidade em 2017 (cerca de 0,30%) merece uma leitura específica: o ano teve apenas 23 óbitos sobre um pequeno denominador de confirmados (cerca de 4 mil casos), e a letalidade elevada reflete, em parte, o tamanho reduzido do denominador, não necessariamente um quadro clínico

mais grave. Em 2024, com 460 óbitos em 233 mil casos confirmados, a letalidade atinge 0,20%, um valor expressivo dado o tamanho do denominador.

Os anos epidêmicos anteriores (2019, 2020, 2022) registraram óbitos entre 50 e 67, mesmo com altas incidências (de 1.274 a 2.030 casos por 100 mil habitantes). O salto de 460 óbitos em 2024 não decorre apenas do aumento da incidência: a letalidade entre os confirmados também subiu, indicando que o número absoluto de casos graves cresceu de forma desproporcional. Três hipóteses não excludentes ajudam a compreender a configuração. A sobrecarga assistencial em anos de transmissão explosiva reduz a capacidade de atendimento oportuno aos quadros que evoluem para a gravidade (OMS, 2009). A circulação simultânea de múltiplos sorotipos virais aumenta o risco de infecção secundária, fenômeno conhecido como amplificação dependente de anticorpos (Halstead, 2007). A vulnerabilidade socioambiental, com forte correlação entre baixo IBEU e alta incidência de RA, pode operar também no plano da gravidade clínica.

A leitura sobre a letalidade é a de que a letalidade média do período (0,1% sobre o total notificado, 0,15% sobre os confirmados) apresenta dispersão expressiva entre os anos, e que o ano de 2024 representa um ponto fora da curva tanto em volume absoluto de óbitos quanto em letalidade relativa. Essa discrepância sustenta a interpretação de 2024 como um ano excepcional, e não como uma continuidade linear da tendência ascendente documentada na série.

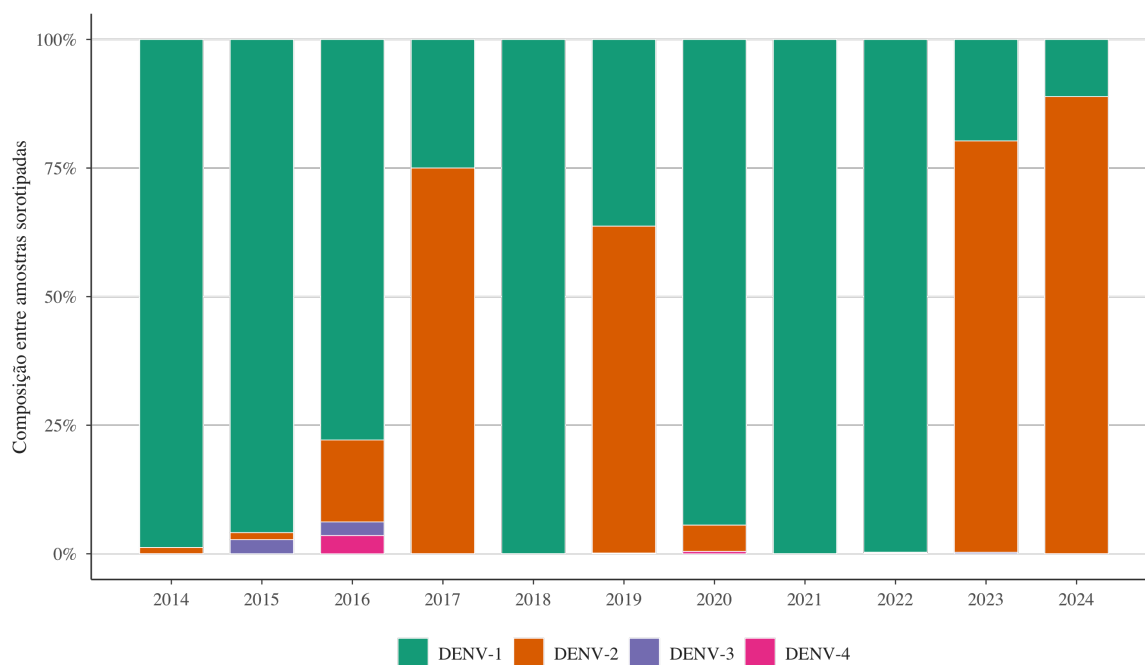
A leitura dos óbitos remete a uma das hipóteses aventadas há pouco: a da circulação de um sorotipo distinto do predominante nos anos imediatamente anteriores. O campo SOROTIPO do SINAN registra qual dos quatro sorotipos do vírus da dengue (DENV-1 a DENV-4) foi identificado em laboratório, e a Figura 14 apresenta a composição relativa desses registros ano a ano, no recorte de 2014 a 2024. Antes da leitura, uma ressalva incontornável: são poucas as amostras sorotipadas, entre 1% e 7% das notificações conforme o ano, porque o exame laboratorial é feito por amostragem e não em todos os casos notificados. A figura, portanto, não representa a proporção de sorotipos na população, mas a composição das amostras efetivamente examinadas, o que se soma à subnotificação já discutida para afastar qualquer leitura de prevalência. A leitura correta é qualitativa e indica qual sorotipo circulou de forma dominante em cada ano, e não em que medida.

Feita a ressalva, o padrão é nítido e consistente. Ao longo de quase todo o recorte, o DENV-1 predominou entre as amostras sorotipadas do DF, com presença majoritária em 2014, 2015, 2018, 2021 e 2022. A virada ocorre no biênio 2023-2024: em 2023, o DENV-2 já

responde por cerca de 80% das amostras sorotipadas, e, em 2024, a predominância se consolida em torno de 89%, com 14.880 amostras identificadas como DENV-2 e 1.860 como DENV-1. A própria magnitude da sorotipagem em 2024 chama a atenção, pois o ano concentra quase a totalidade das amostras com sorotipo informado ao longo de toda a série. A contagem absoluta por sorotipo e por ano está consolidada na Tabela 2.

A substituição do sorotipo dominante em uma população com histórico de circulação prévia é um cenário epidemiologicamente compatível com o aumento de casos graves observado em 2024. A reinfecção por sorotipo heterólogo está associada a um maior risco de quadro grave pelo mecanismo de amplificação dependente de anticorpos (Halstead, 2007), e a transição de um período de predominância do DENV-1 para a ampla circulação do DENV-2 cria justamente a condição imunológica para esse risco em parcela da população previamente exposta. A leitura deve permanecer no plano da compatibilidade, e não da confirmação, dado que a baixa sorotipagem impede qualquer estimativa de prevalência por sorotipo e que a separação entre o efeito do sorotipo, a sobrecarga assistencial e a vulnerabilidade socioambiental está além do alcance dos dados aqui utilizados.

Figura 14 — Composição percentual dos sorotipos de dengue



Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/SVS-DF.

Em conjunto, o quadro agregado sustenta que o Distrito Federal opera, no recorte 2007-2025, em condição estrutural de transmissão alta recorrente, com doze anos epidêmicos, segundo o critério da SES-DF (2022). A magnitude escalou ao longo do período, com a década de 2015-2025 em patamares três a oito vezes superiores aos da anterior, e 2024 se destaca como

ponto fora da curva mesmo nesse contexto, com 8.097 casos por 100 mil habitantes e 460 óbitos confirmados. O perfil demográfico concentra-se em adultos de 20 a 49 anos, que respondem por 53% das notificações, com baixa proporção de crianças. A leitura para a vigilância é a de um esforço de controle em caráter permanente, e não apenas reativo aos anos epidêmicos identificados a seguir. A Tabela 2 sintetiza o quadro epidemiológico do período.

Tabela 2 — Síntese epidemiológica da dengue no Distrito Federal (2007-2025)

Indicador	Valor
Total de notificações 2007-2025	660.624
Total de casos confirmados	428.831
Total de casos graves (alarme + grave)	18.751
Total de óbitos por dengue	769
Letalidade média anual (%)	0,099
Percentual médio de casos graves (%)	1,21
Ano com maior incidência	2024 (8.096,7/100k)
Ano com menor incidência	2009 (35,0/100k)
Anos epidêmicos (incidência ≥ 300/100k)	12 dos 19 anos
Cobertura temporal	2007-2025 (19 anos)

Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

4.2 Distribuição espacial da dengue por Região Administrativa: incidência média, anomalia de 2024 e sensibilidade metodológica

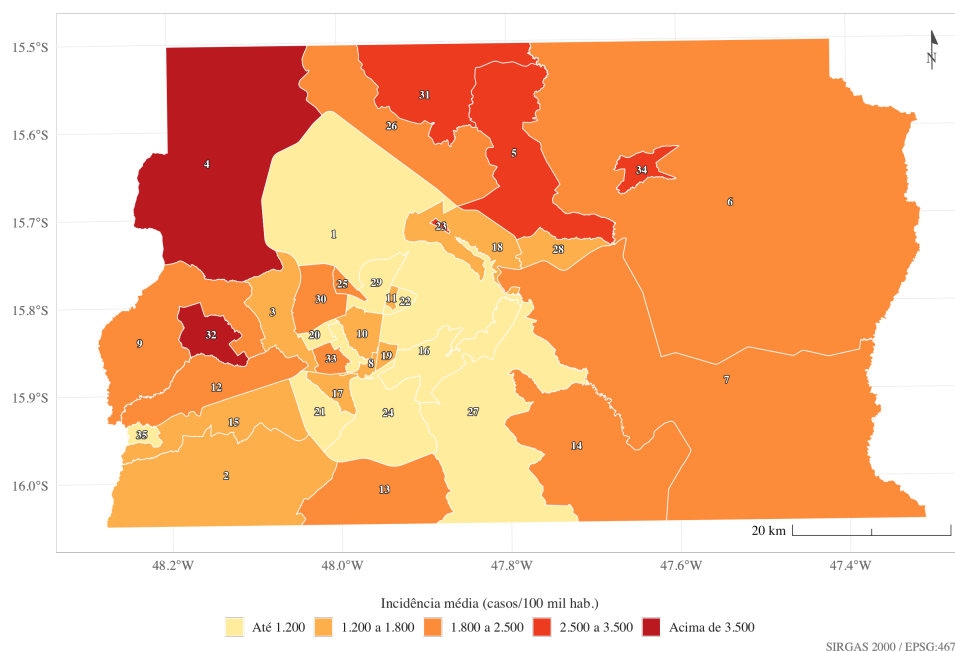
A configuração espacial da dengue no Distrito Federal entre 2014 e 2024 pode ser analisada em três níveis. O primeiro traça a incidência média anual por Região Administrativa (Quadro 2) durante o período, um indicador estrutural do padrão crônico de transmissão. O segundo isola a anomalia de 2024 em relação à média histórica de 2014-2023, para identificar quais territórios concentraram o pico recente. O terceiro testa a sensibilidade metodológica da geocodificação pelo endereço real, em contraste com o registro original do SINAN, e avalia o ganho de precisão espacial decorrente do uso da base SVS-DF.

Quadro 2 — 35 Regiões Administrativas do Distrito Federal

Nº	Região Administrativa	Nº	Região Administrativa	N	Região Administrativa
1	Plano Piloto	13	Santa Maria	25	Scia
2	Gama	14	São Sebastião	26	Sobradinho II
3	Taguatinga	15	Recanto Das Emas	27	Jardim Botânico
4	Brazlândia	16	Lago Sul	28	Itapoã
5	Sobradinho	17	Riacho Fundo	29	Sia
6	Planaltina	18	Lago Norte	30	Vicente Pires
7	Paranoá	19	Candangolândia	31	Fercal
8	Núcleo Bandeirante	20	Águas Claras	32	Sol Nascente E Por Do Sol
9	Ceilândia	21	Riacho Fundo II	33	Arniqueira
10	Guará	22	Sudoeste/Octogonal	34	Arapoanga
11	Cruzeiro	23	Varjão	35	Água Quente
12	Samambaia	24	Park Way		

Fonte: Elaboração própria a partir da legislação distrital e do IPEDF (2024).

A incidência média anual da dengue no DF entre 2014 e 2024 apresenta um gradiente espacial expressivo, com amplitude superior a 15 vezes entre a Região Administrativa de maior e a de menor incidência. Sol Nascente e Pôr do Sol (RA XXXII) lideram o ranking com uma incidência média de 4.904 casos por 100 mil habitantes por ano, seguidas por Brazlândia (3.859), Varjão (3.370), Arapoanga (3.059) e Sobradinho (2.921). Na outra extremidade do gradiente situam-se Sudoeste e Octogonal (330 casos por 100 mil habitantes), Águas Claras (545), SIA (622), Jardim Botânico (700) e Park Way (708). A tabela completa das 35 RAs, com incidência média, casos totais acumulados e número de anos epidêmicos no período, é apresentada na Tabela 3 e organizada cartograficamente na Figura 15.

Figura 15 — Incidência média anual de dengue por Região Administrativa, DF, 2014-2024

Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF e shapefile IDE-DF (2026).

Tabela 3 — Dez Regiões Administrativas com maior incidência média de dengue, DF, 2014-2024

Pos.	Região Administrativa	Inc. média (/100k)	Inc. 2024 (/100k)	Razão 2024	Anos epidêmicos / analisados
1	Sol Nascente/ Pôr do Sol	4904	14304	5,60	5/5
2	Brazlândia	3859	19394	8,41	9/11
3	Varjão	3370	18728	10,21	9/11
4	Arapoanga	3059	8988	5,70	5/5
5	Sobradinho	2921	11114	5,29	10/11
6	Fercal	2613	8795	4,41	10/11
7	São Sebastião	2398	10420	6,53	11/11
8	SCIA	2162	14582	15,85	10/11
9	Sobradinho II	2158	5782	3,22	10/11
10	Santa Maria	2155	15351	18,38	8/11

Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF (2026).

A média aritmética, no entanto, é sensível ao pico de 2024 e tende a homogeneizar quadros epidemiológicos heterogêneos. O critério de incidência da SES-DF (2022), que classifica como alta transmissão a incidência anual igual ou superior a 300 casos por 100 mil habitantes, foi formulado para qualificar um ano específico e, ao aplicá-lo diretamente à média plurianual, produz um resultado inflado pela magnitude excepcional de 2024. Por isso, a apreciação da transmissão estrutural utiliza, em complemento à média, duas métricas menos sensíveis a *outliers*: a mediana das incidências anuais por RA e o número de anos epidêmicos

por RA no recorte, em procedimento semelhante ao de Drumond *et al.* (2020) na análise da permanência da dengue no DF. As três métricas estão consolidadas na Tabela 4.

Tabela 4 — Frequência de anos epidêmicos e incidência mediana por RA, DF, 2014-2024

Região Administrativa	Anos epidêmicos	Mediana (/100k)	Média (/100k)
São Sebastião	11/11	1818	2398
Planaltina	11/11	1362	1824
Sobradinho	10/11	2191	2921
Sobradinho II	10/11	1578	2158
Itapoã	10/11	1192	1710
Fercal	10/11	1166	2613
SCIA	10/11	851	2162
Brazlândia	9/11	1528	3859
Paranoá	9/11	1423	2117
Varjão	9/11	1342	3370
Samambaia	9/11	967	1964
Candangolândia	9/11	845	1640
Lago Sul	9/11	535	1127
Guará	9/11	485	1306
Taguatinga	8/11	888	1781
Riacho Fundo	8/11	866	1600
Lago Norte	8/11	820	1501
Núcleo Bandeirante	8/11	778	1296
Gama	8/11	694	1761
Santa Maria	8/11	625	2155
Ceilândia	7/11	893	2117
Recanto das Emas	7/11	825	1777
Vicente Pires	7/11	743	1833
Cruzeiro	7/11	397	1200
Park Way	6/11	421	708
Riacho Fundo II	6/11	352	1135
Plano Piloto	6/11	305	784
Sol Nascente/ Pôr do Sol	5/5	2788	4904
Arapoanga	5/5	1769	3059
Arniqueira	5/5	1148	2142
SIA	5/10	376	622
Águas Claras	5/11	238	545
Jardim Botânico	5/11	229	700
Sudoeste/Octogonal	4/11	173	330
Água Quente	1/3	154	1075

Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF (2026).

A contagem de anos epidêmicos por RA, com aplicação do critério da SES-DF (2022), ano a ano, evidencia um amplo gradiente de cronicidade entre os territórios. Do conjunto, 31

das 35 RAs do DF apresentaram alta transmissão em pelo menos metade dos anos do recorte 2014-2024 (seis ou mais anos em onze), o que sustenta a tese de transmissão estruturalmente recorrente no território. O gradiente, porém, é amplo. Na extremidade da cronicidade elevada, situam-se São Sebastião e Planaltina, com 11 anos epidêmicos em 11; Sobradinho, Sobradinho II, Itapoã, Fercal e SCIA, com 10 em 11; e Brazlândia, Paranoá, Varjão, Samambaia, Candangolândia, Lago Sul e Guará, com 9 em 11. Sol Nascente/Pôr do Sol, Arapoanga e Arniqueira, criadas institucionalmente em 2019 ou 2022, registraram alta transmissão em todos os anos de existência (5 em 5).

Na faixa intermediária, aparecem RAs como Taguatinga, Lago Norte, Núcleo Bandeirante, Gama e Santa Maria, com 8 anos epidêmicos em 11; Ceilândia, Recanto das Emas, Vicente Pires e Cruzeiro, com 7 anos epidêmicos em 11; Park Way, Riacho Fundo II e Plano Piloto, com 6 anos epidêmicos em 11. Na extremidade do gradiente, com cronicidade menos marcada, aparecem Águas Claras e Jardim Botânico, com 5 em 11; Sudoeste/Octogonal, com 4 em 11; e Água Quente, com 1 ano epidêmico em 3 anos de existência. SIA, RA majoritariamente comercial, registrou 5 anos epidêmicos em 10 anos com cobertura disponível.

Ler o território pela frequência de anos epidêmicos desloca o argumento estrutural sem contradizê-lo. O DF segue operando em condição epidemiológica recorrente, mas a cronicidade não é homogênea, e a hierarquização útil para a vigilância deve combinar frequência e magnitude. Cruzar o número de anos epidêmicos com a mediana das incidências anuais revela três combinações distintas. Sol Nascente/Pôr do Sol (cronicidade plena, mediana de 2.788 casos por 100 mil habitantes) e Brazlândia (9 anos em 11, mediana de 1.528) operam com cronicidade elevada e magnitude alta. Lago Sul (9 anos em 11, mediana de 535) combina cronicidade elevada e magnitude moderada. Já Sudoeste/Octogonal (4 anos em 11, mediana de 173) opera com menor cronicidade e magnitude baixa nos anos não epidêmicos.

A distribuição espacial agregada da incidência média mostra concentração das RAs de maior incidência na periferia norte e sudoeste do DF, com Brazlândia, Sobradinho, Sobradinho II, Fercal, Planaltina, Itapoã, Paranoá e São Sebastião compondo um arco que circunda o Plano Piloto. Sol Nascente e Pôr do Sol, embora administrativamente recentes, integram esse padrão por contiguidade física a Ceilândia. As RAs de menor incidência média concentram-se no centro consolidado do Plano Piloto, em RAs de alta renda, como Lago Sul e Lago Norte, e em RAs majoritariamente comerciais, como SIA. A leitura preliminar dessa configuração é compatível com a expectativa teórica derivada do referencial socioambiental: incidência elevada associa-se a territórios de urbanização recente, periferização funcional, infraestrutura

desigual e incidência baixa associa-se a territórios consolidados com alto bem-estar urbano agregado.

Quatro RAs merecem destaque pela combinação entre incidência média elevada e território de pequena extensão demográfica, padrão que indica concentração desproporcional do risco em microterritórios específicos. Varjão, com população de 8.953 habitantes, registra incidência média de 3.370 por 100 mil habitantes e 3.358 casos absolutos no acumulado de onze anos, valor próximo do tamanho de sua população residente; a interpretação aritmética simples sugere que praticamente uma em cada três pessoas residentes em Varjão recebeu, em média, uma notificação de dengue ao longo da década. Fercal apresenta padrão semelhante (incidência média de 2,613; 2.711 casos absolutos; população de 9.388). Arapoanga e Água Quente, ambas RAs criadas em 2022, apresentam incidência média elevada já no curto recorte de existência institucional (3.059 e 1.075 por 100 mil habitantes, respectivamente). A Candangolândia, embora com incidência média intermediária (1.641), registra nove anos epidêmicos em onze observados, um padrão de cronicidade que merece registro analítico.

A análise da anomalia de 2024 em relação à média histórica de 2014-2023 (Tabela 5 e Figura 16) expõe o pico epidêmico recente como um fenômeno generalizado, porém espacialmente heterogêneo. Em 2024, a incidência ultrapassa, em todas as 35 RAs, o valor médio do período anterior, com razão de incidência de 2024 sobre a média de 2014-2023 variando de 3,22 vezes em Sobradinho II a 28,83 vezes em Água Quente. O valor extremo de Água Quente requer leitura cautelosa, dado que a RA foi criada em 2022 e a série prévia é composta por apenas dois anos, dos quais um sem registro de surto. Excluído esse caso, a maior anomalia relativa é a de Santa Maria, com razão de 18,38 vezes a média histórica (15.351 casos por 100 mil habitantes em 2024 contra 835 na média de 2014-2023), seguida por SCIA (15,85), Ceilândia (13,06) e Taguatinga (11,33).

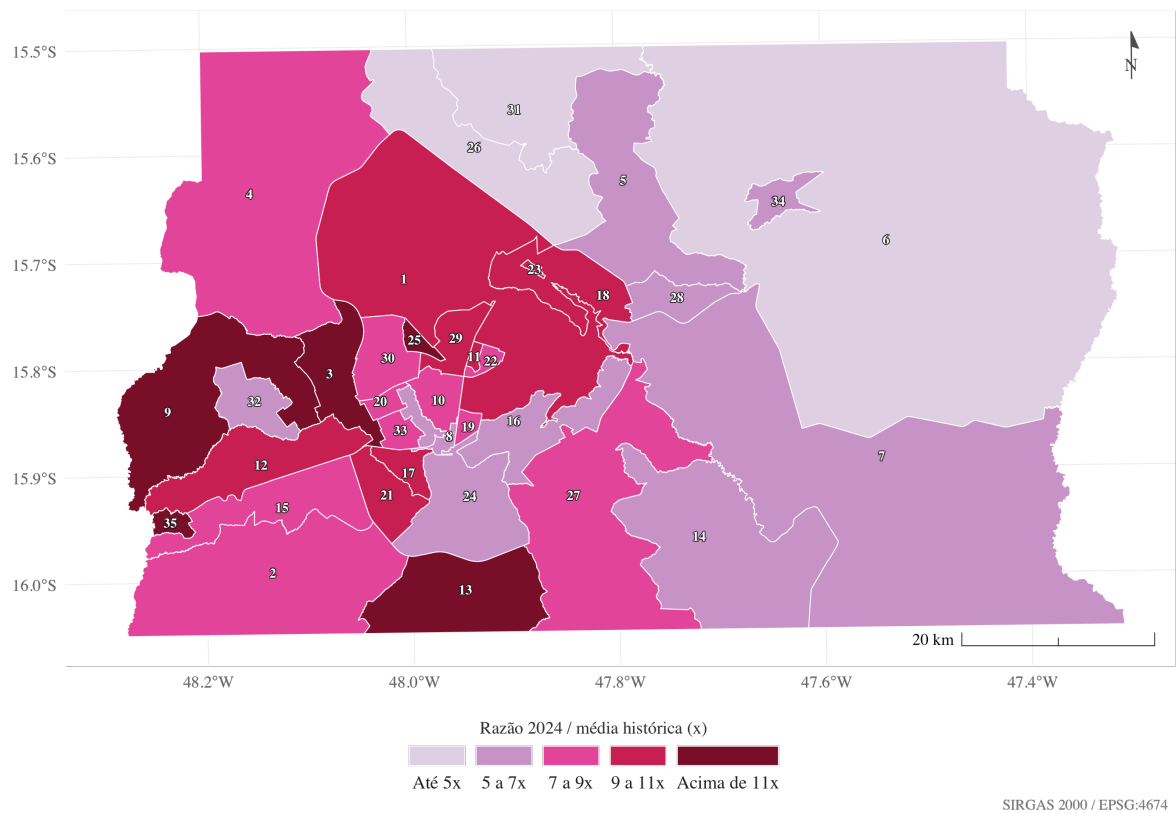
Tabela 5 — Incidência de 2024 frente à média histórica 2014-2023, por RA

Região Administrativa	Inc. 2024 (/100k)	Média hist. (/100k)	Razão
Água Quente	3016	105	28,83
Santa Maria	15351	835	18,38
SCIA	14582	920	15,85
Ceilândia	13190	1010	13,06
Taguatinga	10407	918	11,33
Riacho Fundo II	6496	599	10,85
Varjão	18728	1834	10,21

Região Administrativa	Inc. 2024 (/100k)	Média hist. (/100k)	Razão
Lago Norte	8320	820	10,15
Riacho Fundo	8861	873	10,15
Samambaia	10748	1086	9,90
Plano Piloto	4229	440	9,61
Cruzeiro	6438	677	9,52
SIA	3128	344	9,11
Recanto das Emas	9250	1030	8,98
Gama	9005	1036	8,69
Jardim Botânico	3573	413	8,66
Brazlândia	19394	2306	8,41
Vicente Pires	9078	1108	8,19
Sudoeste/Octogonal	1628	200	8,16
Candangolândia	8009	1004	7,98
Arniqueira	7084	906	7,82
Guará	6288	808	7,78
Águas Claras	2567	343	7,48
Park Way	3094	469	6,60
São Sebastião	10420	1596	6,53
Lago Sul	4812	758	6,34
Arapoanga	8988	1577	5,70
Núcleo Bandeirante	5169	909	5,69
Sol Nascente/ Pôr do Sol	14304	2554	5,60
Itapoã	6582	1223	5,38
Paranoá	8102	1518	5,34
Sobradinho	11114	2101	5,29
Fercal	8795	1995	4,41
Planaltina	5952	1411	4,22
Sobradinho II	5782	1795	3,22

Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF (2026).

Figura 16 — Razão entre a incidência de 2024 e a média histórica 2014-2023, por RA



Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF e shapefile IDE-DF (2026).

A leitura espacial dessa anomalia reserva três surpresas. As RAs de maior anomalia relativa não coincidem com as RAs de maior incidência média histórica. Sol Nascente e Pôr do Sol, líder na incidência média (4.904 por 100 mil habitantes), apresentam anomalia relativa intermediária em 2024 (5,60 vezes), enquanto Santa Maria, com incidência média histórica de 2.155 por 100 mil habitantes, multiplica sua transmissão por mais de dezoito vezes. A interpretação é que a configuração estrutural da carga epidemiológica não coincide com a do pico epidêmico recente; o surto de 2024 reorganizou a geografia da dengue no DF, atingindo com maior intensidade RAs que, historicamente, operavam abaixo do padrão dos territórios crônicos.

As RAs de alto bem-estar urbano e de baixa incidência média também participam do pico de 2024, com anomalias relativas elevadas. Sudoeste e Octogonal, que apresentam a menor incidência média histórica (330 por 100 mil habitantes), registram, em 2024, uma razão de 8,16 vezes a média histórica, valor superior ao de RAs periféricas como Itapoã (5,38), Paranoá (5,34), Sobradinho (5,29) e Fercal (4,41). Esse padrão é compatível com a literatura sobre surtos

explosivos (Reiter, 2001; Lowe *et al.*, 2018), que aponta a atenuação do gradiente social de risco em anos de transmissão intensa: o surto satura territórios antes relativamente protegidos, ampliando a incidência relativa em RAs de menor exposição estrutural.

Na ponta oposta, as RAs com menor anomalia relativa em 2024 são as que apresentam uma cronicidade epidemiológica mais marcada. Sobradinho II (razão 3,22), Planaltina (4,22), Fercal (4,41), Sobradinho (5,29) e Paranoá (5,34) compõem o grupo de menor anomalia. Esse grupo também é o que apresenta o maior número de anos epidêmicos prévios (dez ou onze dos onze possíveis). A leitura conjunta indica que territórios com transmissão crônica elevada operam próximos a um teto biológico ou demográfico de exposição, e o surto adicional de 2024, embora presente, não multiplica a transmissão na mesma proporção observada em RAs antes menos atingidas.

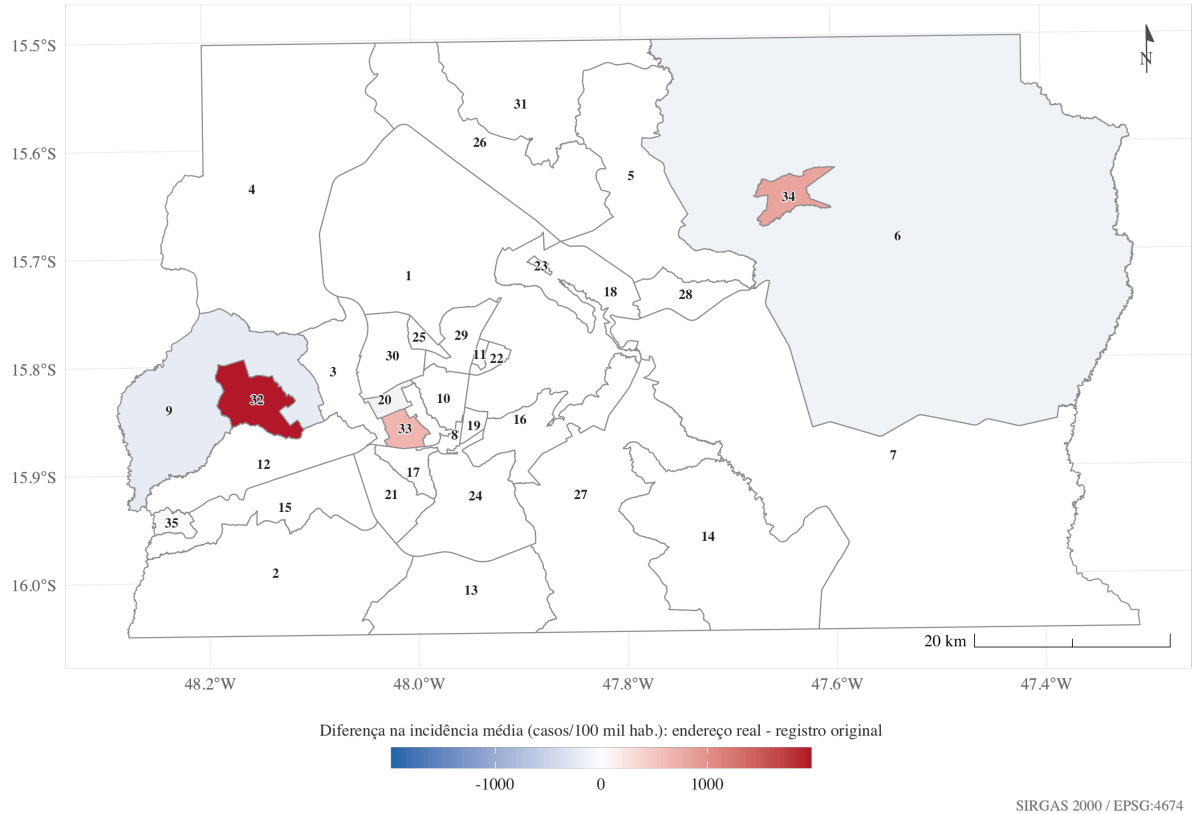
A escolha metodológica de utilizar a base SVS-DF, com geocodificação por endereço real, em substituição à atribuição por RA constante no registro original do SINAN, exige o registro explícito de seu impacto nos resultados espaciais. A Figura 17 e a Tabela 6 apresentam o exercício de sensibilidade, no qual cada RA é examinada nas duas atribuições para os anos de 2014 a 2024, recorte para o qual a base SVS-DF fornece cobertura completa.

Tabela 6 — Sensibilidade da atribuição espacial: dez maiores divergências

Ano	Região Administrativa	Casos (endereço)	Casos (registro)	Δ %
2022	Sol Nascente/ Pôr do Sol	3845	9	42622%
2022	Ceilândia	11333	15165	-25%
2020	Sol Nascente/ Pôr do Sol	2539	1	253800%
2020	Ceilândia	6413	8949	-28%
2021	Ceilândia	3167	4555	-30%
2021	Sol Nascente/ Pôr do Sol	1389	1	138800%
2023	Sol Nascente/ Pôr do Sol	1825	438	317%
2023	Ceilândia	6367	7753	-18%
2021	Arapoanga	889	0	—
2021	Planaltina	2716	3605	-25%

Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF e do SINAN (2026).

Figura 17 — Diferença na incidência média por RA entre a atribuição por endereço, DF, 2014-2024



Fonte: Elaboração própria a partir da base SVS-DF e shapefile IDE-DF (2026).

Para a maioria das RAs e dos anos, a diferença entre as duas atribuições é inferior a 5% dos casos, o que indica concordância geral entre as duas fontes na maior parte do território e do período. As exceções, porém, são quantitativamente expressivas e concentram-se em três pares de RAs: Sol Nascente e Pôr do Sol contra Ceilândia, Arapoanga contra Planaltina e Arniqueira contra Águas Claras. Em cada um desses três pares, a atribuição original do SINAN concentra os casos na RA mais antiga e maior, enquanto a atribuição por endereço real redistribui boa parte dos casos para a RA mais recente e contígua.

O exemplo mais expressivo é o do par Sol Nascente / Ceilândia. Em 2022, a atribuição por endereço real registra 3.845 casos em Sol Nascente e 11.333 em Ceilândia, ao passo que a atribuição original do SINAN registra 9 casos em Sol Nascente e 15.165 em Ceilândia. A diferença não decorre de oscilação metodológica residual, mas de prática histórica de codificação: durante boa parte do período examinado, os casos provenientes de Sol Nascente e

Pôr do Sol foram lançados no sistema sob o código de Ceilândia, dado que essa RA só obteve autonomia administrativa em 2019. O mesmo mecanismo opera para Arapoanga (lançada inicialmente como Planaltina) e Arniqueira (lançada inicialmente como Águas Claras), ambas com criação institucional posterior à série analisada. Em 2024, depois que a SVS-DF passou a operar com geocodificação consistente, a diferença entre as duas atribuições caiu para a faixa inferior a quatro por cento, mesmo nos casos mais sensíveis, o que confirma a estabilização do sistema de registro.

A análise espacial baseada exclusivamente no campo de RA do registro original do SINAN subestima sistematicamente a incidência das RAs criadas após 2014 e superestima, de forma equivalente, a incidência das RAs mais antigas com as quais mantêm contiguidade territorial. A subestimação não é trivial em termos de magnitude. Para Sol Nascente em 2022, a atribuição por endereço real registra incidência de 4,052 por 100 mil habitantes, ao passo que a atribuição original registra incidência de 9,5 por 100 mil habitantes, ou seja, abaixo de qualquer limiar epidemiológico significativo. A diferença é de quatro ordens de magnitude e tem implicações diretas para o desenho da vigilância e para qualquer comparação entre RAs derivadas da fonte original.

A decisão metodológica de adotar a base SVS-DF como referência espacial principal é, portanto, requisito para a validade da análise. A leitura desse achado dialoga com o Problema das Unidades de Áreas Modificáveis (MAUP, Openshaw, 1983; Wong, 2009): a delimitação operacional das áreas afeta os resultados da análise espacial não apenas pela escolha do recorte territorial em si, mas também pela coerência do procedimento de atribuição de eventos ao recorte adotado. A coexistência de RAs criadas em diferentes momentos e a atualização lenta dos sistemas de informação produzem, no plano operacional, uma versão temporalmente instável do problema clássico do MAUP, mitigada pelo uso da base com endereço.

Os três planos convergem. O Distrito Federal opera em transmissão alta recorrente, com 31 das 35 RAs acima do limiar da SES-DF (2022) em pelo menos metade dos anos do recorte 2014-2024, mas a cronicidade é um gradiente, e não um estado uniforme: vai desde a plenitude de São Sebastião e Planaltina, com 11 anos epidêmicos em 11, até a intermitência de Água Quente, com 1 em 3 anos. Sobre esse fundo estrutural, um gradiente espacial organiza o território, com a periferia administrativa concentrando incidência elevada e o centro consolidado concentrando incidência baixa, ainda que “ilhas” como Varjão e Itapoã escapem ao padrão.

O surto de 2024 reorganizou, em parte, essa geografia, com anomalia relativa mais alta

justamente onde a transmissão crônica era menor, o que separa um regime crônico, periférico e estrutural de um regime de surto, mais difuso e com atenuação do gradiente socioespacial. Sob tudo isso, a base SVS-DF com geocodificação por endereço confirma-se como requisito de validade da análise: a atribuição original do SINAN subestima de modo expressivo as RAs criadas depois de 2014, e qualquer leitura apoiada apenas na fonte original herdaria essa distorção. O Quadro 3 sintetiza os achados do plano espacial.

Quadro 3 — Síntese do plano espacial

Achado	Evidência	Leitura para a vigilância
Gradiente espacial acentuado	Amplitude superior a quinze vezes entre RAs: Sol Nascente/Pôr do Sol com 4.904 casos por 100 mil habitantes e Sudoeste/Octogonal com 330	Vigilância diferenciada por RA, e não uniforme no território
Cronicidade concentrada	31 das 35 RAs com alta transmissão em pelo menos metade dos anos de 2014-2024	Controle permanente nas RAs de carga estrutural
Pico de 2024 generalizado e desigual	Incidência acima da média histórica em todas as 35 RAs, com razão de 3,22 (Sobradinho II) a 18,38 vezes (Santa Maria)	O surto alcança inclusive RAs de alto bem-estar urbano
Dois regimes de transmissão	Maior anomalia relativa justamente onde a transmissão crônica era menor	Separar a rotina do regime crônico da resposta ao surto
A atribuição espacial condiciona a leitura	A base SVS-DF por endereço corrige a subestimação das RAs criadas após 2014 no registro original do SINAN	Adotar a geocodificação por endereço como padrão da vigilância espacial

Fonte: Elaboração própria (2026).

4.3 Clima e dengue no Distrito Federal

A relação entre o clima e a dengue no Distrito Federal se lê em dois planos. O primeiro caracteriza as tendências das variáveis climáticas no recorte de 2000 a 2025, com base na série da estação A001 e no teste de Mann-Kendall combinado ao estimador de Sen, nas escalas anual e sazonal. O segundo examina a relação temporal entre as variáveis climáticas e a incidência semanal no recorte 2007-2025, por meio de correlações cruzadas pré-branqueadas pela decomposição STL, com os lags de máxima correlação para cada variável. A leitura integrada confronta os dois planos com a literatura sobre o aquecimento e a dessecação do Cerrado, em particular com Hofmann et al. (2021), e discute as implicações para a vigilância.

A aplicação do teste de Mann-Kendall à série anual da estação A001 produz resultados nítidos no eixo da temperatura e pouco conclusivos nos eixos da precipitação e da umidade no agregado anual. A temperatura máxima apresenta uma forte tendência positiva estatisticamente significativa ($\tau = 0,514$; $p < 0,001$), com inclinação anual estimada pelo método de Sen de $+0,044$ °C por ano, o que corresponde a aproximadamente $1,1$ °C de aquecimento das máximas no recorte de 26 anos. A temperatura média também apresenta uma tendência positiva significativa ($\tau = 0,372$; $p = 0,008$), com uma inclinação de $+0,026$ °C por ano (cerca de $0,7$ °C

no recorte).

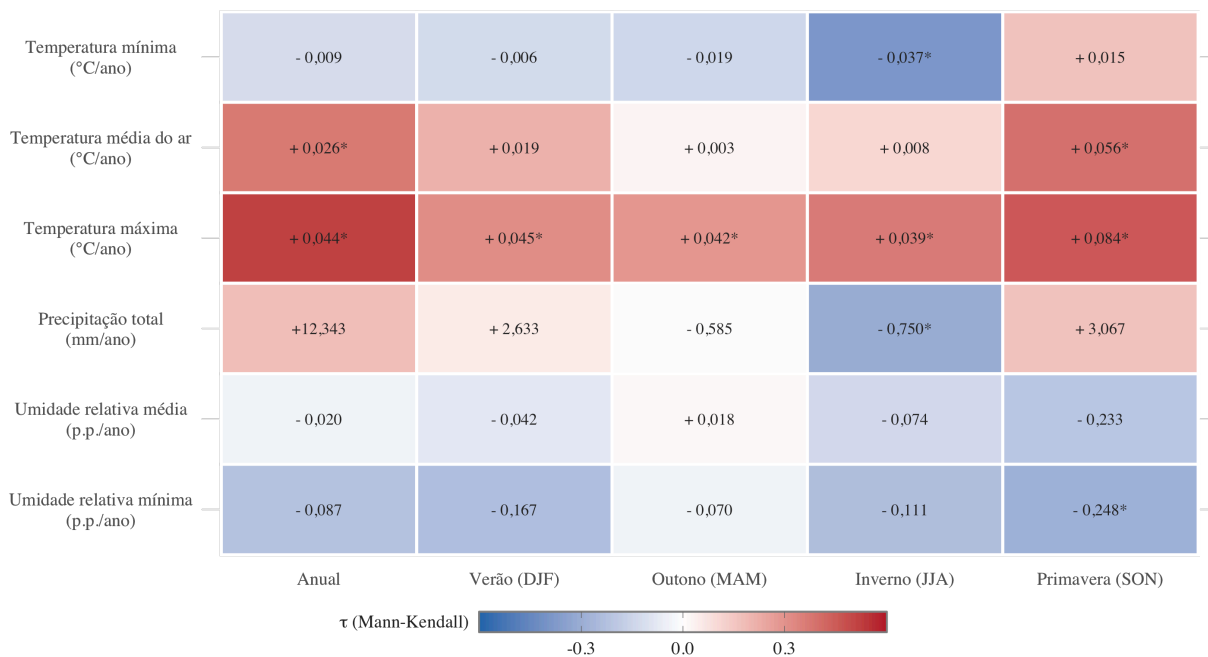
A temperatura mínima, por outro lado, não mostra uma tendência estatisticamente significativa no valor agregado anual ($\tau = -0,126$; $p = 0,378$). A precipitação total apresenta inclinação positiva de aproximadamente +12,3 mm por ano, mas o teste indica $p = 0,201$, o que não é estatisticamente significativo. A umidade relativa média não apresenta tendência ($\tau = -0,040$; $p = 0,791$), enquanto a umidade relativa mínima mostra um leve sinal de queda ($\tau = -0,218$; $p = 0,123$), sem atingir o limite convencional de significância no agregado anual. Esses resultados estão resumidos na Tabela 7 e na coluna anual do painel da Figura 18 (heatmap sazonal).

Tabela 7 — Tendência climática anual, estação A001, 2000-2025

Variável	τ (tau)	p-valor	Sen (por ano)	Signif.
Temperatura mínima	-0,126	0,378	-0,009 °C/ano	não
Temperatura média	0,372	0,008	0,026 °C/ano	sim
Temperatura máxima	0,514	0,000	0,044 °C/ano	sim
Precipitação total	0,182	0,201	12,343 mm/ano	não
Umidade relativa média	-0,040	0,791	-0,020 p.p./ano	não
Umidade relativa mínima	-0,218	0,123	-0,087 p.p./ano	não

Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 18 — Tendências climáticas sazonais e anuais, estação A001, DF, 2000-2025



Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

A análise sazonal expõe uma estrutura mais articulada e oferece uma leitura mais detalhada e rica do que a do agregado anual. A temperatura máxima apresenta tendência positiva significativa em todas as quatro estações do ano: verão ($\tau = 0,320$; $p = 0,027$), outono ($\tau = 0,287$; $p = 0,047$), inverno ($\tau = 0,366$; $p = 0,009$) e primavera ($\tau = 0,458$; $p = 0,001$). A leitura indica aquecimento generalizado das máximas, com magnitude mais elevada na primavera ($\text{Sen} = +0,084$ °C por ano), o que equivale a aproximadamente 2,2 °C no período de 26 anos, no trimestre de setembro a novembro. A primavera também apresenta tendência positiva significativa da temperatura média ($\tau = 0,391$; $p = 0,006$; $\text{Sen} = +0,056$ °C por ano) e tendência negativa significativa da umidade relativa mínima ($\tau = -0,286$; $p = 0,043$; $\text{Sen} = -0,248$ ponto percentual por ano). A combinação dessas três tendências configura, para o trimestre que antecede o pico epidêmico anual da dengue, um padrão de primavera mais quente e mais seca ao longo do período de 2000 a 2025.

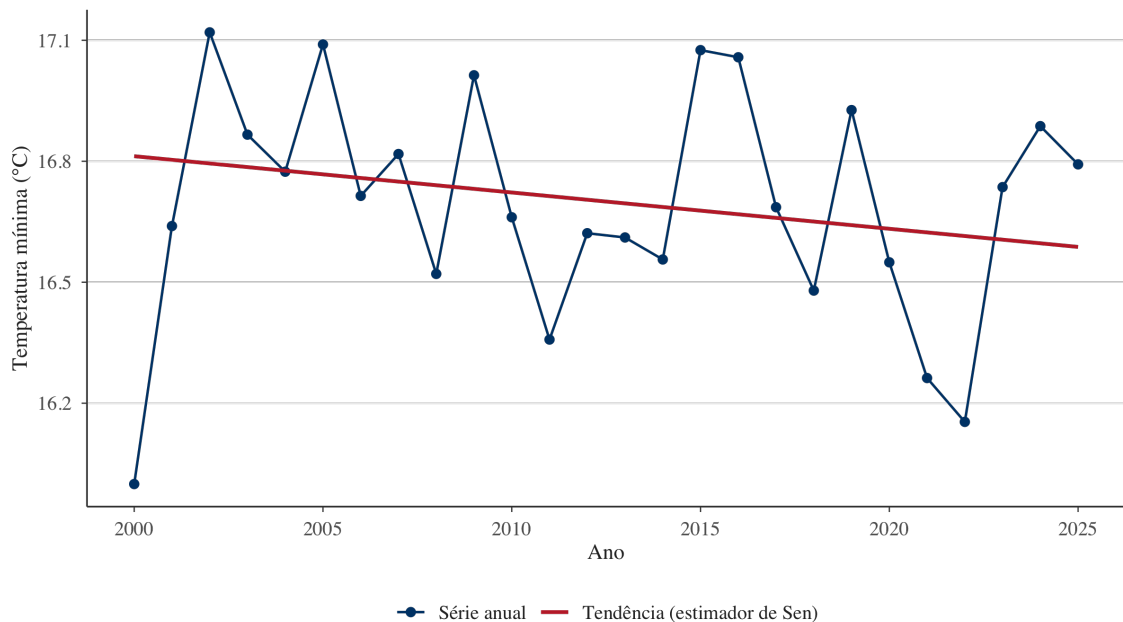
O inverno apresenta um padrão particular que merece registro analítico. A temperatura mínima cai significativamente nessa estação ($\tau = -0,385$; $p = 0,006$; $\text{Sen} = -0,037$ °C por ano), em contraste com a estabilidade das mínimas anuais. A precipitação total do inverno também diminui significativamente ($\tau = -0,303$; $p = 0,038$; $\text{Sen} = -0,750$ mm por ano), o que indica a intensificação da seca, já estruturalmente caracterizada na estação. A combinação entre o aquecimento das máximas e o resfriamento das mínimas no inverno corresponde à ampliação da amplitude térmica diária, padrão coerente com a dessecação atmosférica documentada por Hofmann *et al.* (2021) para o Cerrado brasileiro em séries mais longas: menos vapor d'água na atmosfera reduz o efeito-estufa local e favorece tanto o aquecimento radiativo diurno quanto o resfriamento radiativo noturno. Esse mecanismo físico fornece uma interpretação coerente para o aparente paradoxo de um inverno mais quente nas máximas e mais frio nas mínimas.

O verão e o outono apresentam padrões intermediários, com tendência positiva significativa apenas na temperatura máxima e estabilidade nas demais variáveis. A precipitação não apresenta tendência significativa em nenhuma estação, exceto no inverno, o que sugere que a hipótese de seca generalizada não se confirma no recorte e na estação examinados, restando localizada na estação seca propriamente dita. A leitura aplica-se ao regime em condições normais e não se estende a anos de anomalia climática acentuada, como os de El Niño intenso, cuja atribuição exige um desenho específico.

As séries anuais de cada variável, acompanhadas de suas respectivas retas do estimador de Sen, dão forma visível ao que a Tabela 7 resume em coeficientes. A leitura conjunta das Figuras 19 a 24 reconstitui, na estação A001, a direção do sinal: a temperatura média e a máxima

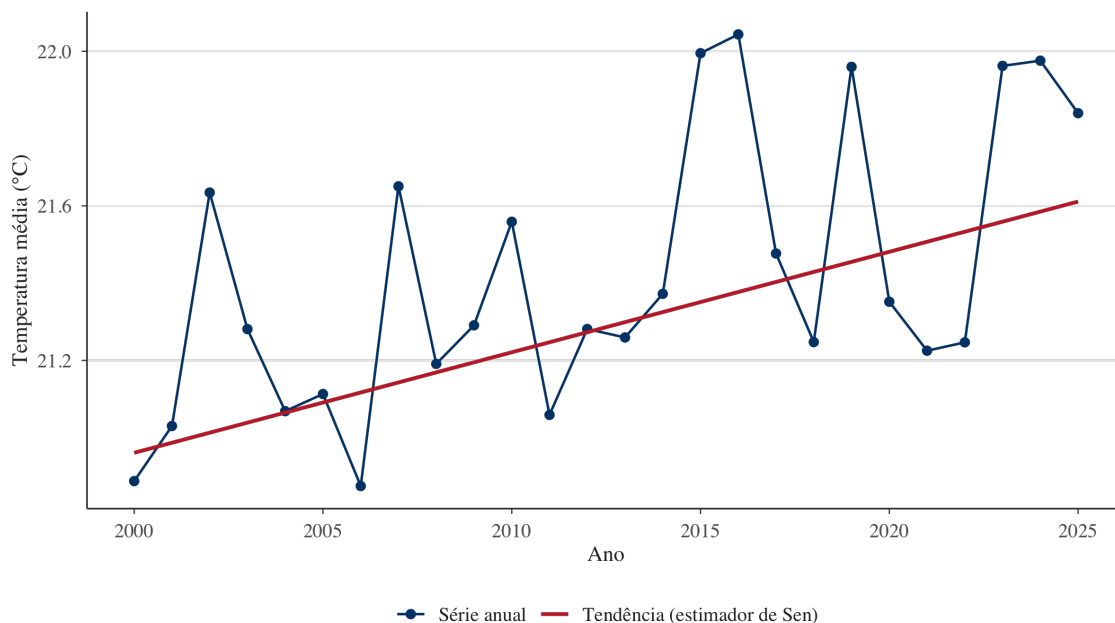
inclinam-se para cima (Figuras 20 e 21), enquanto a umidade relativa média e a mínima cedem ao longo do recorte (Figuras 23 e 24). A temperatura mínima oscila sem rumo anual definido (Figura 19) e a precipitação total sobe de forma irregular, sem alcançar significância (Figura 22). O conjunto retrata uma atmosfera mais quente e mais seca. É a mesma assinatura que Hofmann et al. (2021) descrevem para o Cerrado em escala continental e em série mais longa, aqui legível em um único sítio urbano e em janela mais curta. As figuras cumprem ainda uma função que a tabela não alcança: expõem a forte variabilidade interanual sobre a qual a tendência se impõe e deixam ver que o sentido do aquecimento se concentra no terço final da série.

Figura 19 — Temperatura mínima anual na estação A001 (2000-2025)



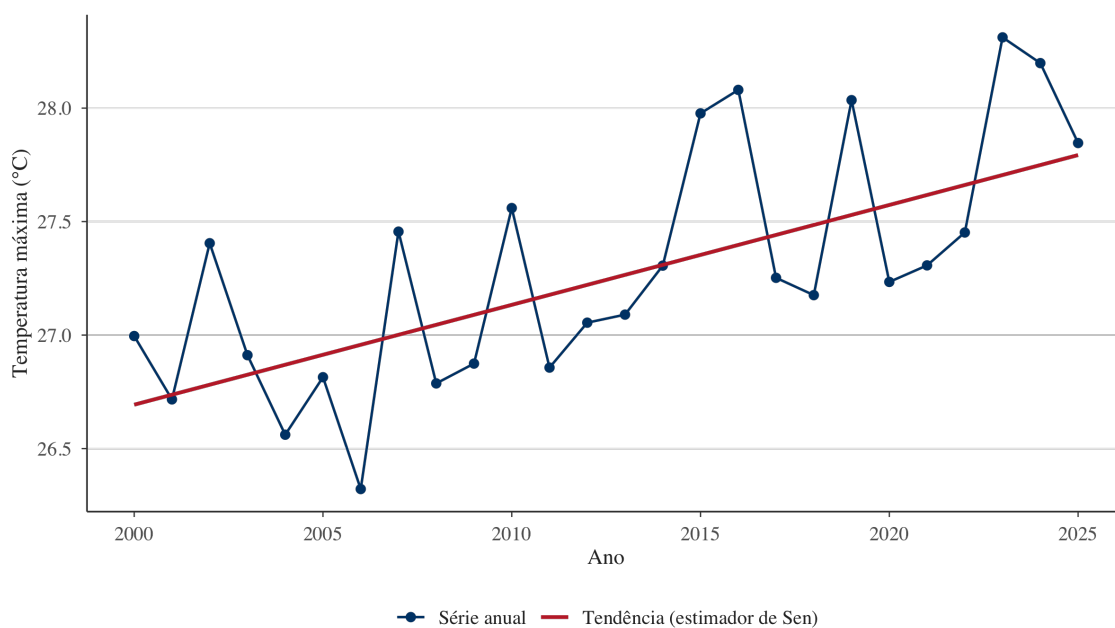
Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 20 — Temperatura média anual na estação A001 (2000-2025)



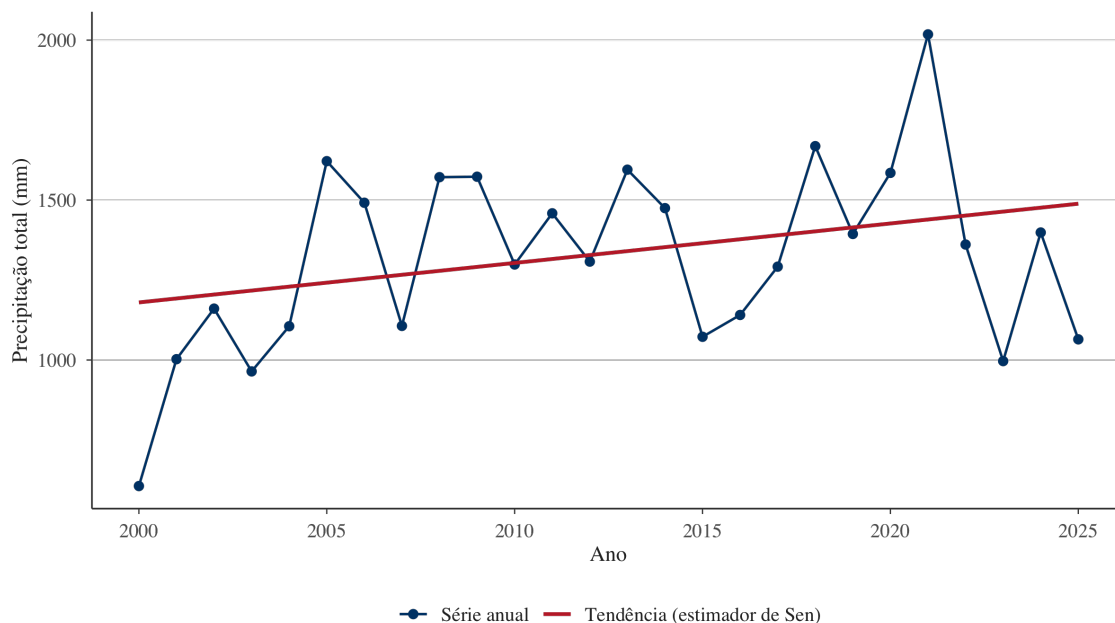
Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 21 — Temperatura máxima anual na estação A001 (2000-2025)



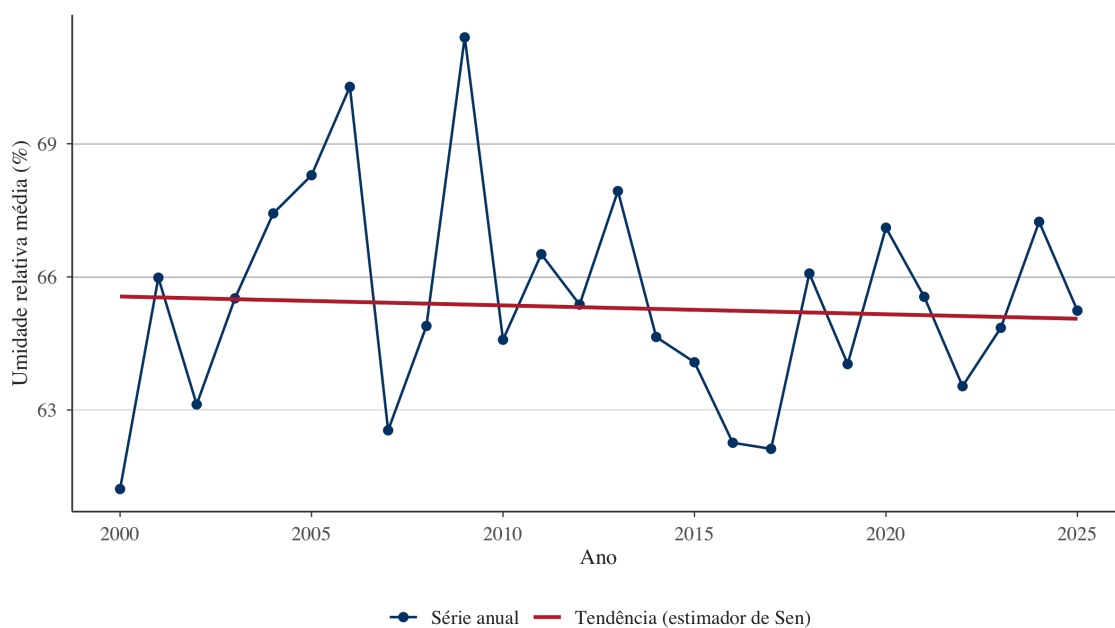
Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 22 — Precipitação total anual na estação A001 (2000-2025)

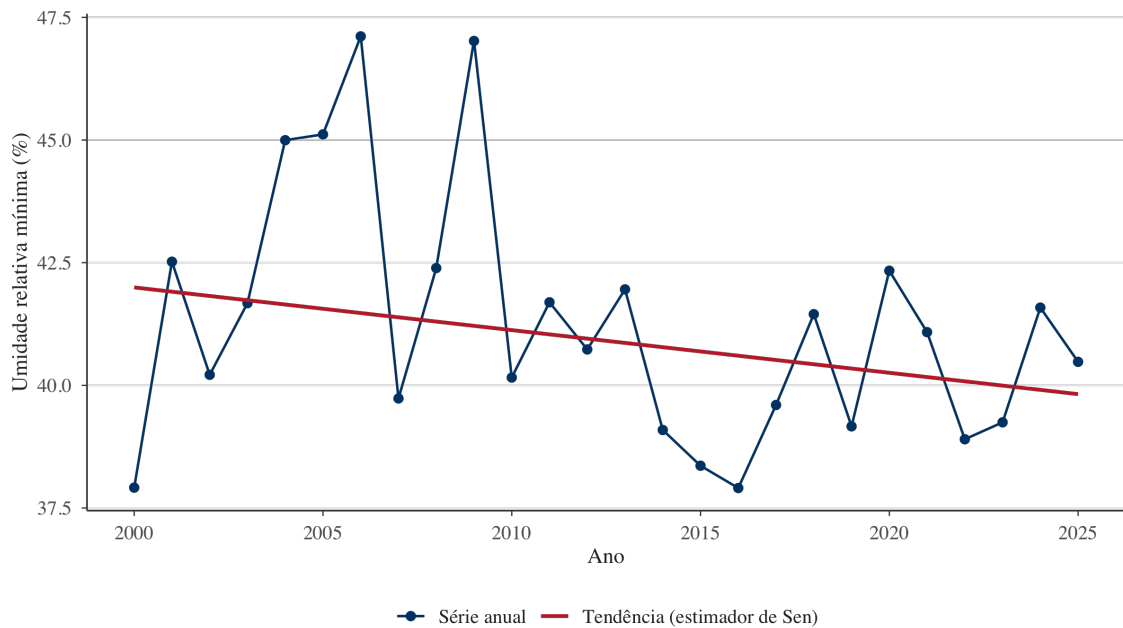


Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 23 — Umidade relativa média anual na estação A001 (2000-2025)



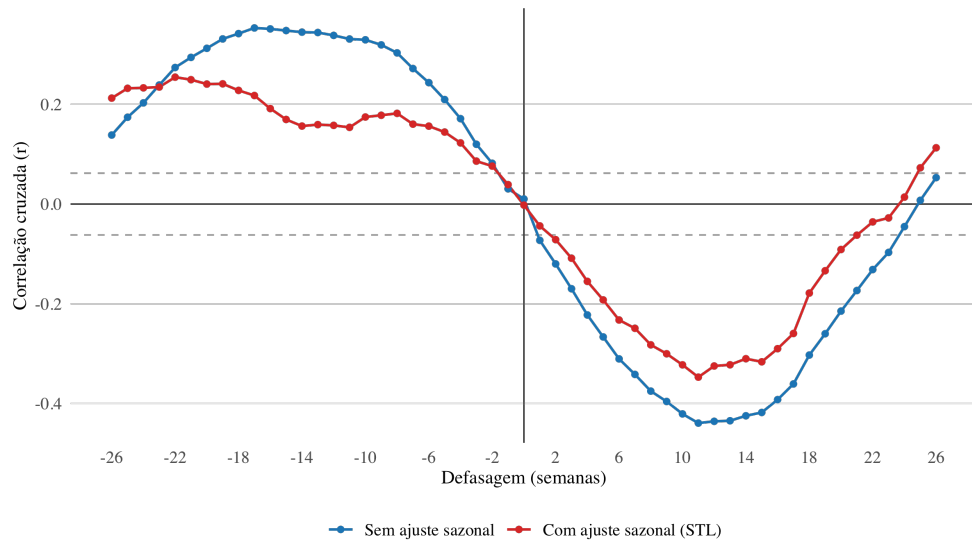
Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

Figura 24 — Umidade relativa mínima anual na estação A001 (2000-2025)

Fonte: Elaboração própria a partir da série INMET A001 (2026).

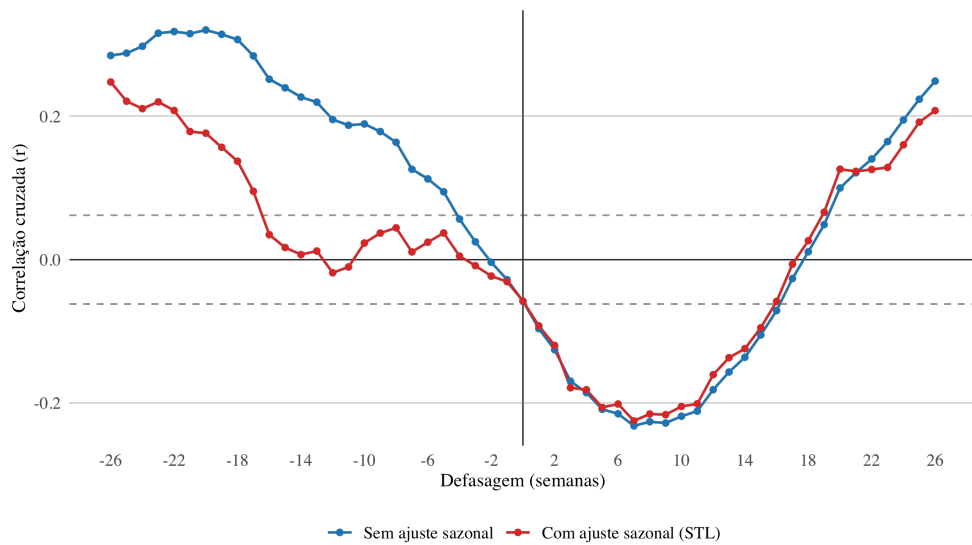
A função de correlação cruzada pré-branqueada, aplicada às séries semanais climáticas e à série semanal de incidência de dengue no recorte 2007-2025 ($n = 1.007$ semanas), identifica o lag de máxima correlação significativa para todas as seis variáveis climáticas examinadas. O intervalo de confiança de 95% para correlação espúria, calculado como 2 sobre a raiz quadrada do tamanho da série, é de aproximadamente 0,062, valor abaixo do qual qualquer correlação é interpretada como indistinguível de ruído. Os resultados estão sintetizados na Tabela 8 e nas Figuras 25 a 30.

Figura 25 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura mínima e incidência de dengue



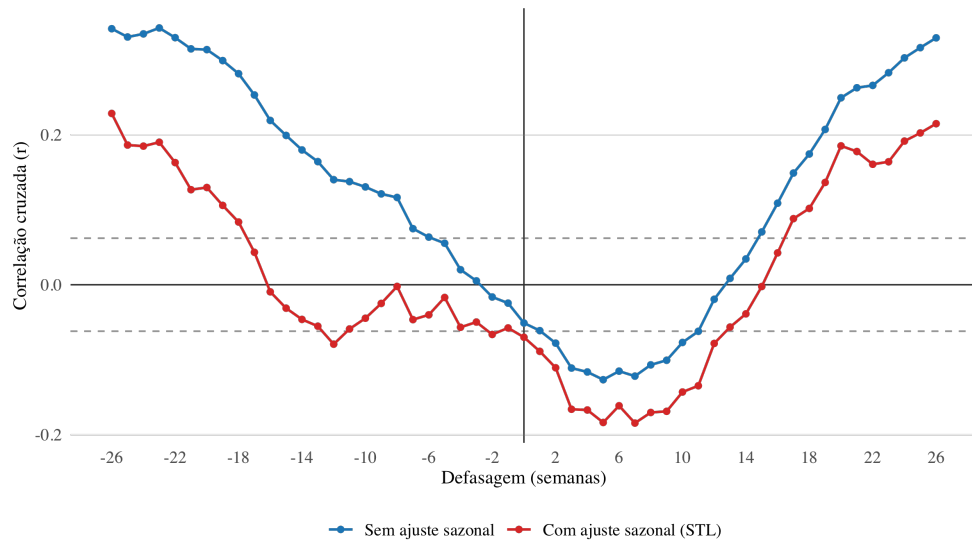
Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Figura 26 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura média e incidência de dengue



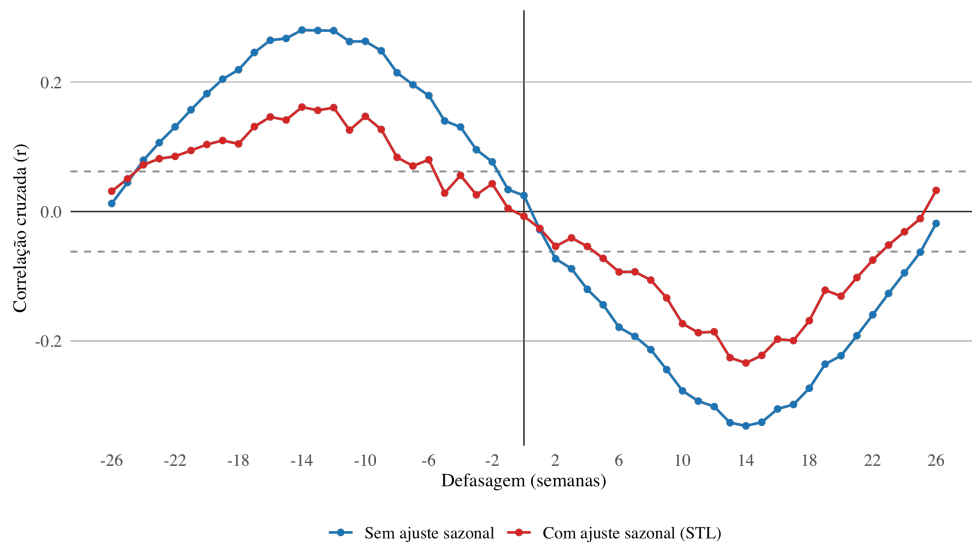
Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Figura 27 — Correlação cruzada pré-branqueada: temperatura máxima e incidência de dengue



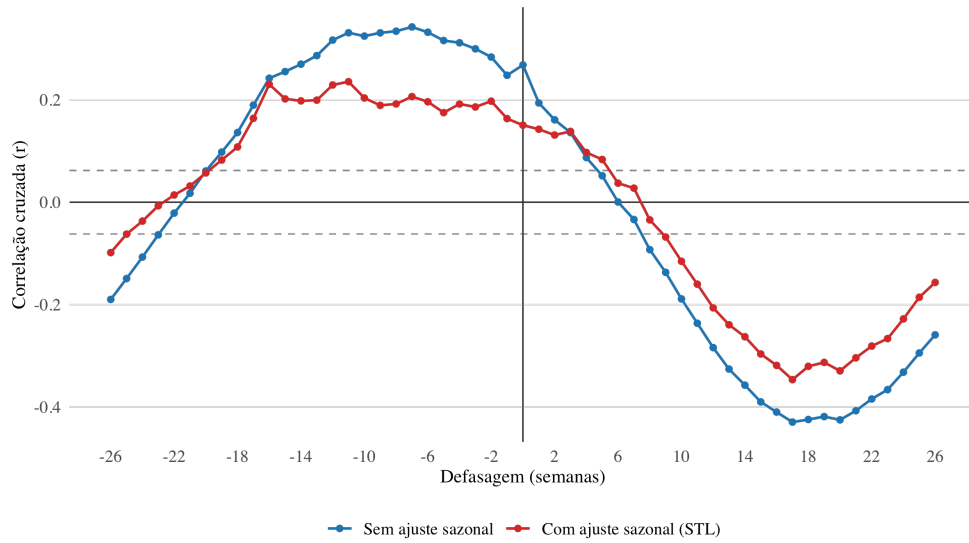
Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Figura 28 — Correlação cruzada pré-branqueada: precipitação e incidência de dengue



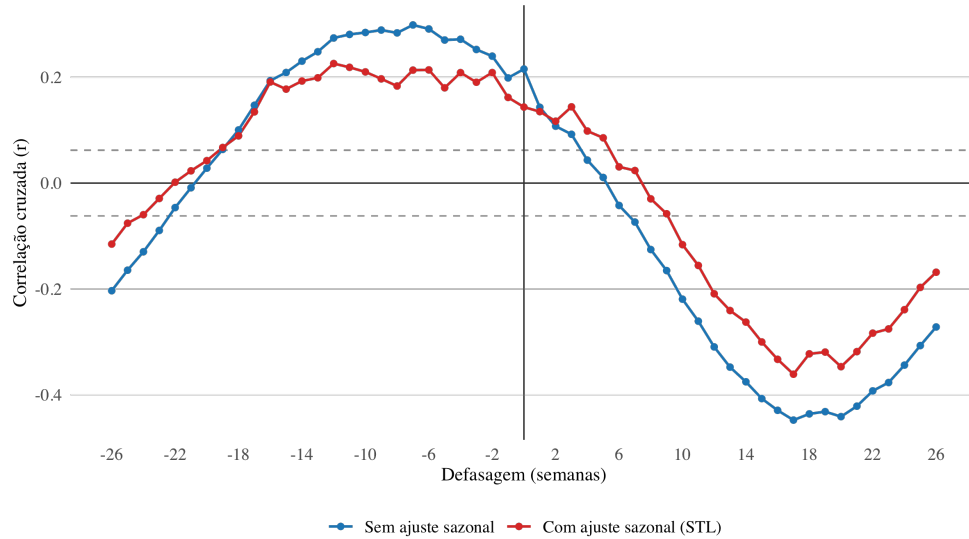
Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Figura 29 — Correlação cruzada pré-branqueada: umidade relativa média e incidência de dengue



Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Figura 30 — Correlação cruzada pré-branqueada: umidade relativa mínima e incidência de dengue



Fonte: Elaboração própria a partir das séries INMET A001 e SINAN/DATASUS (2026).

Tabela 8 — Lags de máxima correlação entre clima e incidência de dengue, DF, 2007-2025

Variável climática	r (pré-branqueado)	Lag (semanas)	IC 95%
Temperatura mínima	0,255	-22	0,062
Temperatura média	0,248	-26	0,062
Umidade relativa média	0,235	-11	0,062
Temperatura máxima	0,228	-26	0,062
Umidade relativa mínima	0,226	-12	0,062
Precipitação	0,162	-14	0,062

Fonte: Elaboração própria (2026).

A temperatura mínima retorna o sinal pré-branqueado mais forte entre as seis variáveis ($r = 0,255$; lag = -22 semanas), seguida pela temperatura média ($r = 0,248$; lag = -26 semanas), umidade relativa média ($r = 0,235$; lag = -11 semanas), temperatura máxima ($r = 0,228$; lag = -26 semanas), umidade relativa mínima ($r = 0,226$; lag = -12 semanas) e precipitação ($r = 0,162$; lag = -14 semanas). Os lags negativos indicam, em todos os casos, que a variável climática antecede a variação da incidência, o que é consistente com a expectativa biológica do ciclo do *Aedes aegypti*.

Três achados pedem interpretação. O lag de -22 semanas da temperatura mínima, perto de cinco meses e meio, é o mais expressivo. O sinal indica que a variação da temperatura mínima cerca de meio ano antes do pico epidêmico tem associação detectável com a incidência subsequente, achado coerente com a interpretação biológica de que o piso térmico do inverno e do início da primavera condiciona a sobrevivência das fêmeas e o sucesso da reprodução do vetor, com efeito que se expressa no início do ciclo seguinte (Beserra *et al.*, 2006; Brady *et al.*, 2013). O lag de -26 semanas nas temperaturas médias e máximas reforça a leitura, situando o ciclo climático que precede o ano epidêmico no semestre anterior, e não apenas no trimestre imediatamente anterior ao pico.

O lag da umidade relativa é mais curto, da ordem de -11 a -12 semanas, o que equivale a cerca de três meses. A leitura coerente é que o regime de umidade opera com efeito mais próximo do pico, atuando na ponta do ciclo por meio da modulação da longevidade do vetor adulto e da disponibilidade local de criadouros, conforme documentado por Costa *et al.* (2010). A combinação entre o lag longo das temperaturas e o lag curto da umidade configura um padrão de empilhamento temporal de gatilhos climáticos: o piso térmico opera no início, a umidade no fim, e o pico epidêmico emerge da convergência dos dois.

O sinal da precipitação total é o mais fraco ($r = 0,162$; lag = -14 semanas), valor apenas marginalmente superior ao limiar de significância ($IC_{95\%} = 0,062$) e o menor entre as seis

variáveis. A leitura plausível é que a precipitação opera, na escala semanal, como condição necessária, mas pouco discriminadora: o regime hidrológico do DF garante a presença de chuva no semestre úmido em praticamente todos os anos do recorte, e a variabilidade interanual da precipitação total não captura adequadamente a estrutura microtemporal da disponibilidade de criadouros, que depende mais da distribuição das chuvas no trimestre do que do total acumulado.

Cabe enfrentar a objeção que naturalmente se coloca: se a precipitação também apresenta forte sazonalidade, por que não produz sinais comparáveis aos da temperatura após o pré-branqueamento? O procedimento remove de ambas as séries a estrutura sazonal e a autocorrelação, e o que resta, em cada caso, é a anomalia interanual. No eixo térmico, essa anomalia é persistente e monotônica: um trimestre mais quente permanece mais quente semana após semana, e o efeito sobre o ciclo do vetor se acumula sempre na mesma direção. No eixo pluviométrico, o resíduo é episódico e não monotônico: a chuva é intermitente por natureza, uma semana chuvosa não implica um mês chuvoso, e o efeito sobre os criadouros muda de sinal conforme a intensidade, já que volumes moderados os formam e eventos extremos os destroem (Coalson et al., 2021). A série residual da precipitação carrega, por isso, menos informação utilizável sobre o pico epidêmico do que a série residual da temperatura, ainda que ambas partam de sazonalidade igualmente marcada. A leitura vale para o regime hidrológico em condições normais e não se estende a anos de anomalias climáticas acentuadas, cuja atribuição demanda desenho específico.

A interpretação dos lags positivos foi mantida para fins de verificação, mas não compõe a leitura aprofundada desta análise, dado que os lags positivos correspondem à situação em que a incidência antecede a variação climática, uma configuração sem mecanismo biológico defensável.

A análise climática fornece subsídio à leitura da configuração interanual da dengue. A série de incidência anual do DF entre 2007 e 2025 (Tabela 9) apresenta alta variabilidade, com oscilações entre 35 casos por 100 mil habitantes (2009) e 8.097 casos por 100 mil habitantes (2024), com amplitude superior a 200 vezes. Pelo critério da SES-DF (2022), classificam-se como anos de alta transmissão (incidência igual ou superior a 300 casos por 100 mil habitantes) os anos de 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 e 2025, totalizando 12 dos 19 anos da série. O ano de 2024 destaca-se por concentrar uma incidência quatro vezes superior à do segundo maior ano (2022, com 2.030 casos por 100 mil habitantes) e cerca de dezoito vezes maior do que o maior valor da década pré-2014. Os anos de 2018,

2017, 2008 a 2012 (com exceção de 2010) compõem o grupo de baixa ou média transmissão.

A leitura conjunta dos quadros climáticos e epidemiológicos, no entanto, precisa observar um importante limite metodológico. A análise por função de correlação cruzada opera sobre a estrutura semanal e isola sinais médios de antecipação ao longo do recorte, sem produzir uma leitura específica de cada ano epidêmico. A atribuição causal de um ano particular ao clima do trimestre anterior, embora intuitivamente atraente, exigiria modelagem prospectiva que escape ao desenho metodológico desta dissertação. O que a FCC entrega é a estrutura média de antecipação, e o que o Mann-Kendall fornece é a tendência de longo prazo. A articulação fina entre as duas escalas, capaz de explicar a magnitude excepcional do surto de 2024, integra a agenda de desdobramentos da pesquisa.

Tabela 9 — Incidência anual de dengue no DF e classificação da SES-DF (2022), 2007-2025

Ano	Casos prováveis	Incidência (/100k)	Classificação
2007	1.169	44,3	Baixa transmissão
2008	3.245	123,0	Média transmissão
2009	925	35,0	Baixa transmissão
2010	15.042	569,9	Alta transmissão (epidemia)
2011	3.223	120,2	Média transmissão
2012	1.495	54,9	Baixa transmissão
2013	12.321	445,8	Alta transmissão (epidemia)
2014	11.801	420,6	Alta transmissão (epidemia)
2015	10.229	359,1	Alta transmissão (epidemia)
2016	17.722	613,2	Alta transmissão (epidemia)
2017	3.974	135,6	Média transmissão
2018	2.520	84,8	Baixa transmissão
2019	38.381	1274,0	Alta transmissão (epidemia)
2020	47.062	1514,4	Alta transmissão (epidemia)
2021	16.035	509,4	Alta transmissão (epidemia)
2022	64.703	2029,6	Alta transmissão (epidemia)
2023	37.554	1163,9	Alta transmissão (epidemia)
2024	264.312	8096,7	Alta transmissão (epidemia)
2025	10.748	325,6	Alta transmissão (epidemia)

Nota: Os casos prováveis excluem os notificados como descartados e são datados pela data dos primeiros sintomas.

Fonte: Elaboração própria a partir do SINAN/DATASUS (2026).

No agregado de 2000 a 2025, captado pela estação A001, o Distrito Federal experimenta o aquecimento das temperaturas máximas em todas as estações, mais forte na primavera, em

convergência com o que Hofmann et al. (2021) documentaram para o Cerrado. A primavera, trimestre que antecede o pico epidêmico, concentra, ao mesmo tempo, aquecimento ($+0,084\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ano) e redução da umidade relativa do ar (queda de 0,248 ponto percentual por ano na umidade mínima), reconfigurando-se como a estação estruturalmente mais quente e mais seca. A relação temporal entre clima e dengue, medida por correlação cruzada pré-branqueada, é robusta, mas de magnitude moderada e com lags longos, da ordem de vinte e duas a vinte e seis semanas, o que faz do clima um condicionante importante e um subsídio para alertas antecipados, sem substituir a vigilância entomológica.

A divergência entre a estabilidade das mínimas no agregado anual e a queda significativa no inverno compõe um quadro coerente com a dessecação atmosférica do bioma (Hofmann et al., 2021; Marengo et al., 2018), e não com uma inconsistência metodológica. A explosão de 2024 surge sobre esse quadro climático já alterado, sem que a atribuição causal de sua magnitude específica caiba no desenho deste estudo. O ano de 2024, no qual o Distrito Federal registrou sua maior epidemia, foi também o mais quente do registro observacional global de 175 anos, com temperatura média da superfície $1,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ acima da média de 1850-1900 (OMM, 2025). Na série da A001, contudo, 2024 figura entre os anos mais quentes do recorte, sem constituir recorde local, o que sustenta a leitura de que o pico epidêmico não se explica por um extremo térmico isolado. O Quadro 4 sintetiza os achados do plano climático.

Quadro 4 — Síntese do plano climático

Achado	Evidência	Leitura para a vigilância
Aquecimento das temperaturas máximas	Tendência positiva significativa em todas as estações do ano, mais forte na primavera ($+0,084\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ano)	Cenário de fundo que amplia a receptividade do território ao vetor
Primavera mais quente e mais seca	Queda de 0,248 ponto percentual por ano na umidade relativa mínima	O trimestre que antecede o pico se reconfigura estruturalmente
O clima antecede a dengue em meses	Correlação cruzada pré-branqueada com a temperatura mínima ($r = 0,255$; lag de 22 semanas) e a média (lag de 26 semanas)	Janela climática pré-epidêmica utilizável em alerta antecipado
Precipitação pouco discriminadora	Sem tendência significativa fora do inverno e sem sinal cruzado expressivo	Não usar o total de chuva como preditor isolado
2024 no quadro global	Ano mais quente do registro observacional de 175 anos, $1,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ acima de 1850-1900 (OMM, 2025), sem constituir recorde na série local	O pico epidêmico não se explica por um extremo térmico isolado

Fonte: Elaboração própria (2026).

4.4 Vulnerabilidade socioambiental e incidência de dengue

A hipótese em exame é a de que a desigualdade intraurbana do Distrito Federal, mensurada pelo Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU), na sua adaptação para o DF em 2021, explica uma parcela importante da variação da incidência de dengue entre as Regiões

Administrativas no período de 2014-2024. A pergunta não é trivial. A produção do risco de dengue em ambiente urbano combina dimensões biológicas, climáticas e socioespaciais, e a vulnerabilidade local emerge da articulação entre o acesso desigual aos serviços, as condições do entorno construído e as práticas cotidianas que viabilizam ou interrompem o ciclo de transmissão (Barcellos et al., 2002; Drumond et al., 2020). O IBEU, ao agregar dezenove indicadores em cinco dimensões, sintetiza essa estrutura no território, que se cruza com a série epidemiológica reconstruída a partir da base SVS-DF.

A base analítica reúne 33 das 35 Regiões Administrativas do Distrito Federal, o que corresponde à totalidade das RAs disponíveis no IBEU-DF 2021. As duas RAs ausentes, Arapoanga e Água Quente, foram criadas pela Lei Complementar nº 1.061/2022 e não fazem parte da publicação do índice. Para cada RA, constam o IBEU geral, as pontuações nas cinco dimensões (D1 Mobilidade, D2 Condições Ambientais, D3 Condições Habitacionais, D4 Atendimento de Serviços Coletivos, D5 Infraestrutura Urbana) e dois indicadores de incidência: a incidência média anual no período de 2014 a 2024 e a incidência específica de 2024, ano de maior carga epidemiológica documentada na série. A escolha dessas duas medidas de incidência permite separar o padrão estrutural, captado pela média, do choque epidêmico recente, captado pelo ano de 2024.

Tabela 10 — Correlação entre o IBEU e a incidência média de dengue por RA, DF, 2014-2024

Dimensão do IBEU	Spearman ρ	p	Pearson r
D2 — Condições Ambientais	-0,829	<0,001	-0,629
D3 — Condições Habitacionais	-0,611	<0,001	-0,545
D1 — Mobilidade	-0,603	<0,001	-0,636
D5 — Infraestrutura Urbana	-0,518	0,002	-0,521
D4 — Atendimento de Serviços	-0,405	0,019	-0,286

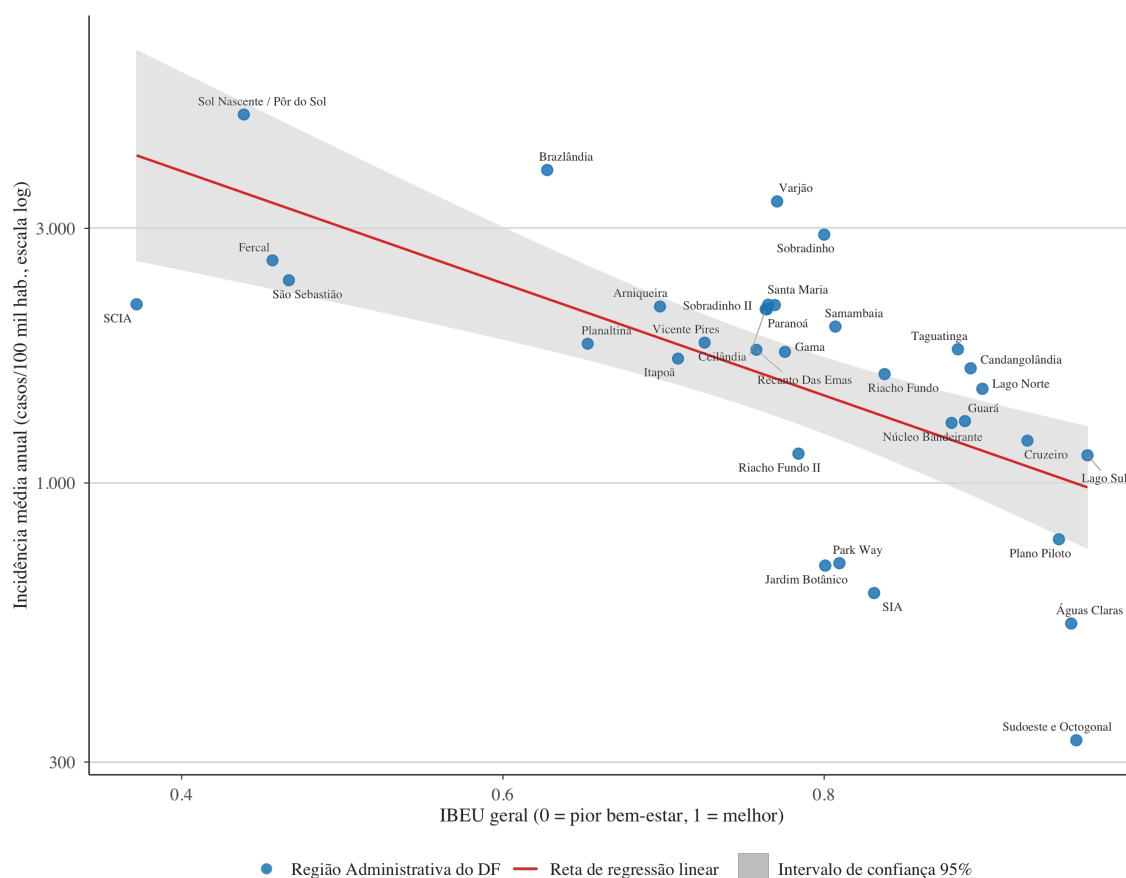
Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

A análise combina dois procedimentos. As correlações bivariadas, de Pearson e de Spearman, entre o IBEU (geral e por dimensão) e cada uma das duas medidas de incidência (Tabela 10); a inclusão simultânea de Pearson e Spearman é deliberada, dado que o teste de normalidade de Shapiro-Wilk rejeitou a hipótese de normalidade tanto para o IBEU geral quanto para a incidência média do período, recomendando a estatística não paramétrica como referência interpretativa principal (Hair *et al.*, 2009). A regressão linear simples entre o IBEU geral e a incidência média quantifica a magnitude esperada da variação da incidência por unidade do índice.

O achado-âncora decorre da correlação entre o índice e a incidência. A correlação de Spearman entre o IBEU geral e a incidência média anual de dengue no período de 2014 a 2024 é de $\rho = -0,772$ ($p < 0,001$), com correlação de Pearson $r = -0,665$ ($p < 0,001$, intervalo de confiança de 95% $[-0,821; -0,417]$). O sinal negativo confirma a hipótese de partida, e a magnitude é elevada em relação aos padrões da literatura em estudos ecológicos sobre dengue, em geral concentrados na faixa entre -0,3 e -0,6 (Drumond *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2021). A discrepância entre Pearson e Spearman indica monotonicidade preservada, mas com não-linearidade local, padrão visível no gráfico de dispersão (Figura 31): a queda na incidência se acentua nas faixas intermediárias do IBEU (entre 0,7 e 0,9) e se satura nas RAs com IBEU próximo de 1, sugerindo que ganhos marginais de bem-estar urbano produzem retornos decrescentes de proteção epidemiológica a partir de um determinado patamar.

A correlação entre o IBEU geral e a incidência específica de 2024 é menor em magnitude (Spearman $\rho = -0,583$; Pearson $r = -0,522$), achado consistente com a literatura de surtos: anos de transmissão explosiva tendem a saturar territórios antes protegidos, atenuando o gradiente social do risco e aproximando a incidência em RAs com diferentes níveis de bem-estar urbano (Reiter, 2001; Lowe *et al.*, 2018). Em outras palavras, o IBEU explica melhor a configuração estrutural da dengue do que o pico recente, o que reforça a interpretação de que a vulnerabilidade socioambiental opera como condicionante de fundo e não como gatilho do surto.

Figura 31 — Dispersão entre o IBEU e incidência média de dengue por RA, DF, 2014-2024



Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

A análise por dimensão revela o achado mais relevante da vulnerabilidade. A correlação de Spearman entre cada uma das cinco dimensões do IBEU e a incidência média do período revela uma hierarquia clara: D2 Condições Ambientais lidera com $\rho = -0,829$ ($p < 0,001$), seguida por D3 Condições Habitacionais ($\rho = -0,611$; $p < 0,001$), D1 Mobilidade ($\rho = -0,603$; $p < 0,001$), D5 Infraestrutura Urbana ($\rho = -0,518$; $p = 0,002$) e, por último, D4 Atendimento de Serviços Coletivos ($\rho = -0,405$; $p = 0,019$).

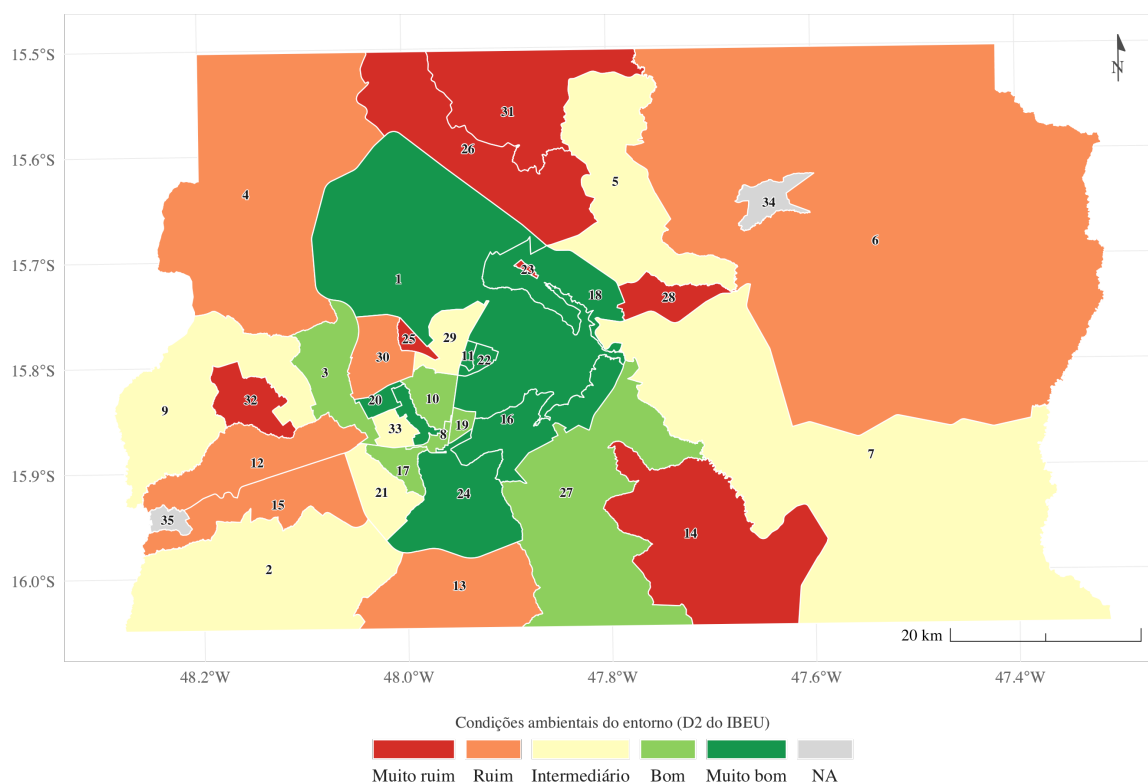
O resultado contraria a expectativa inicial de que a dimensão D4 fosse a mais explicativa, dado que reúne indicadores de cobertura de rede de água, de esgoto e de coleta de lixo, todos com vínculo causal direto e amplamente documentado com a proliferação do *Aedes aegypti*. A leitura plausível para esse comportamento aparentemente paradoxal é a universalização: o DF apresenta cobertura praticamente integral de água tratada e de coleta de lixo em todas as RAs, e a cobertura de esgoto, embora desigual, já não discrimina suficientemente entre os territórios para gerar um gradiente epidemiológico marcante. A pontuação média de D4 entre as 33 RAs é de 0,853, com mediana de 0,950, e distribuição

assimétrica, concentrada no teto da escala, o que reduz a variância disponível para a correlação. Esse é o efeito clássico do indicador saturado: quando quase todos os territórios alcançam um padrão satisfatório em uma dimensão, o indicador perde poder discriminatório, ainda que mantenha relevância causal.

A dimensão D2, Condições Ambientais, ao contrário, mede características do entorno construído e da paisagem urbana imediata, como a presença de arborização, a ausência de esgoto a céu aberto e a ausência de acúmulo de lixo nas vias. Essas variáveis dependem menos da presença de rede pública e mais da manutenção cotidiana do espaço, da gestão de áreas livres e da qualidade do entorno residencial: justamente as condições que determinam a disponibilidade local de criadouros para o vetor. A liderança de D2 na correlação com a incidência tem, portanto, dupla leitura: confirma a centralidade do ambiente próximo na produção do risco e indica que políticas de vigilância e controle precisam operar na escala microterritorial, no entorno imediato dos domicílios, e não apenas na expansão das redes de infraestrutura.

A leitura espacial dessa dimensão líder reforça a interpretação. O mapa da Figura 32 distribui as 33 RAs por classes de D2, agrupadas em quintis, do entorno em pior estado de conservação ao de melhor estado de conservação. Por entorno entende-se, aqui, o espaço imediatamente externo ao domicílio, a rua e a vizinhança próxima, onde se observam a arborização, a presença ou ausência de esgoto a céu aberto e o acúmulo de lixo nas vias. O mapa revela um nítido arranjo concêntrico. As condições mais precárias concentram-se na periferia administrativa e formam o anel avermelhado da figura: SCIA, Sol Nascente/Pôr do Sol, Itapoã, Fercal, São Sebastião e Varjão ocupam o quintil de pior entorno, com pontuações de D2 entre 0,01 e 0,57, todas situadas no grupo de transmissão crônica elevada. As melhores condições, ao contrário, compõem um núcleo verde no centro do território, com Plano Piloto, Lago Sul, Sudoeste/Octogonal, Park Way, Cruzeiro e Águas Claras acima de 0,92 na escala da dimensão, justamente as RAs de menor incidência média da série.

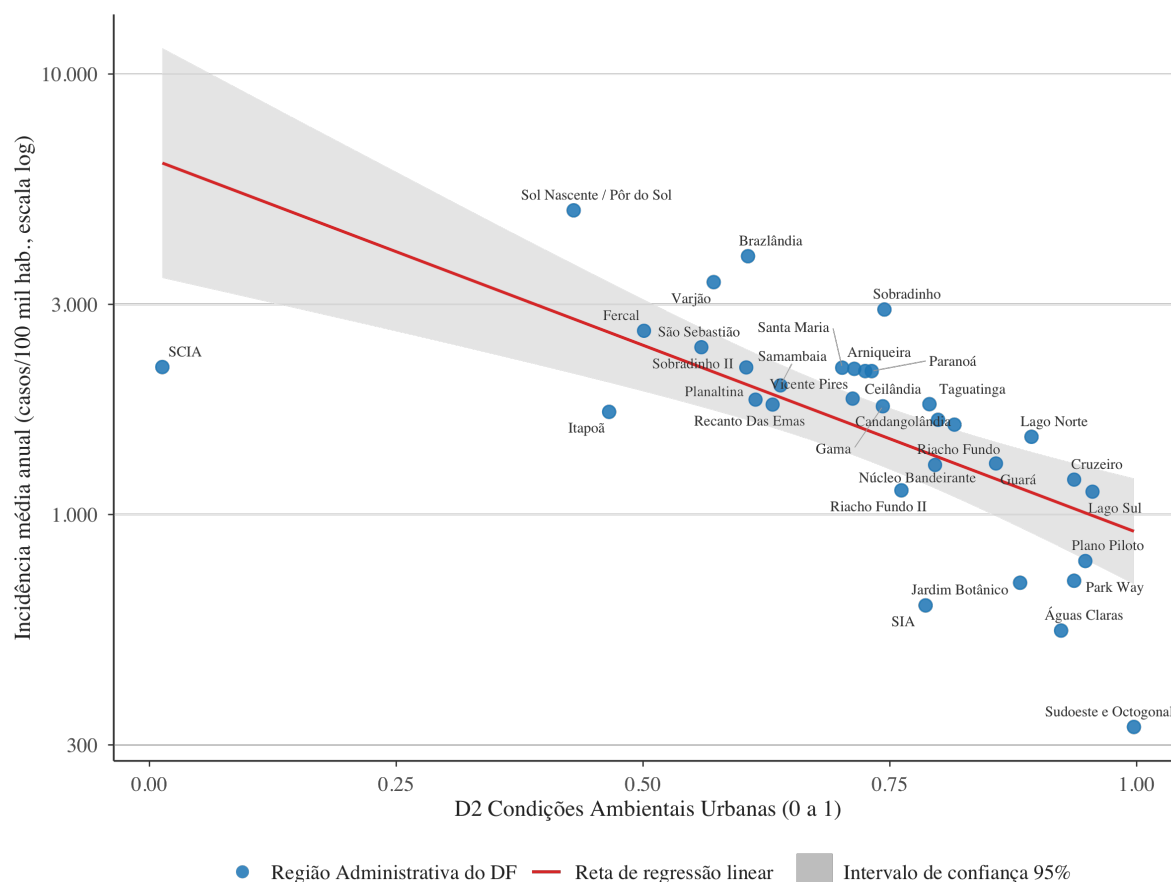
Figura 32 — Dimensão D2 do IBEU por Região Administrativa, em classes de quintis, DF



Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e do shapefile IDE-DF.

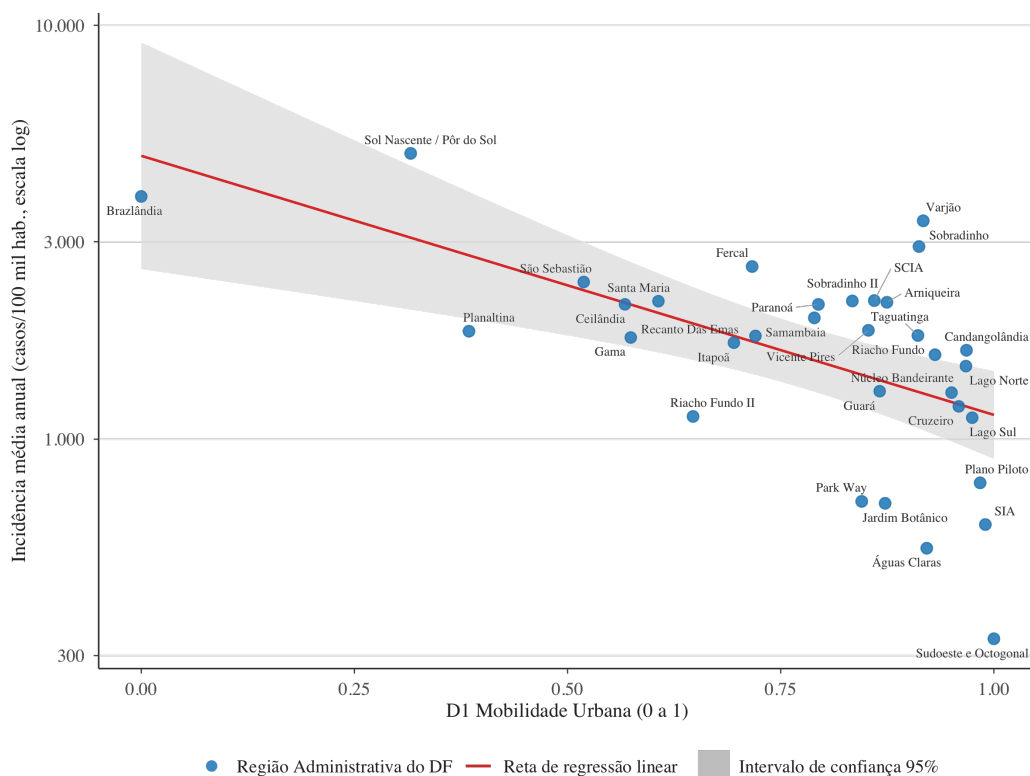
A coincidência entre o anel de entorno precário e o anel de alta transmissão é a expressão cartográfica da correlação $\rho = -0,829$. A correspondência, porém, não é perfeita, e as exceções são informativas. Lago Sul, embora figure entre as RAs de melhor entorno, apresenta incidência média de 1.127 casos por 100 mil habitantes, acima da de outras RAs de pontuação semelhante, e Cruzeiro apresenta padrão semelhante. Essas RAs de bom entorno e de dengue não desprezível, ao lado das RAs de pior entorno e de transmissão elevada, delimitam o campo dos casos que escapam ao padrão geral. A leitura prudente do mapa é a de que a qualidade do entorno construído organiza a maior parte da geografia da dengue no DF sem esgotá-la, e que a associação é estatística, não uma relação causal direta: o IBEU mensura uma configuração de 2021 em corte transversal, e a menor incidência associada a um melhor entorno não autoriza a prever, de forma mecânica, a queda da transmissão como efeito de uma intervenção pontual. A dispersão de cada dimensão do IBEU em função da incidência aparece nas Figuras 33 a 37.

Figura 33 — Dispersão entre a dimensão D2 e a incidência média de dengue por RA

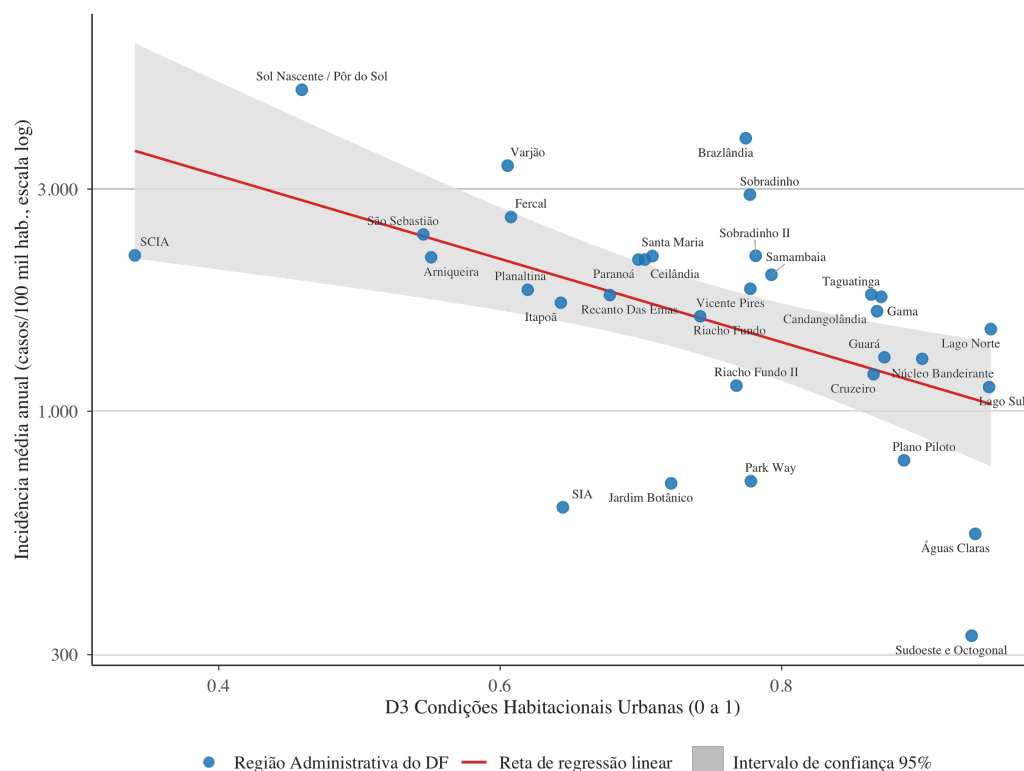


Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

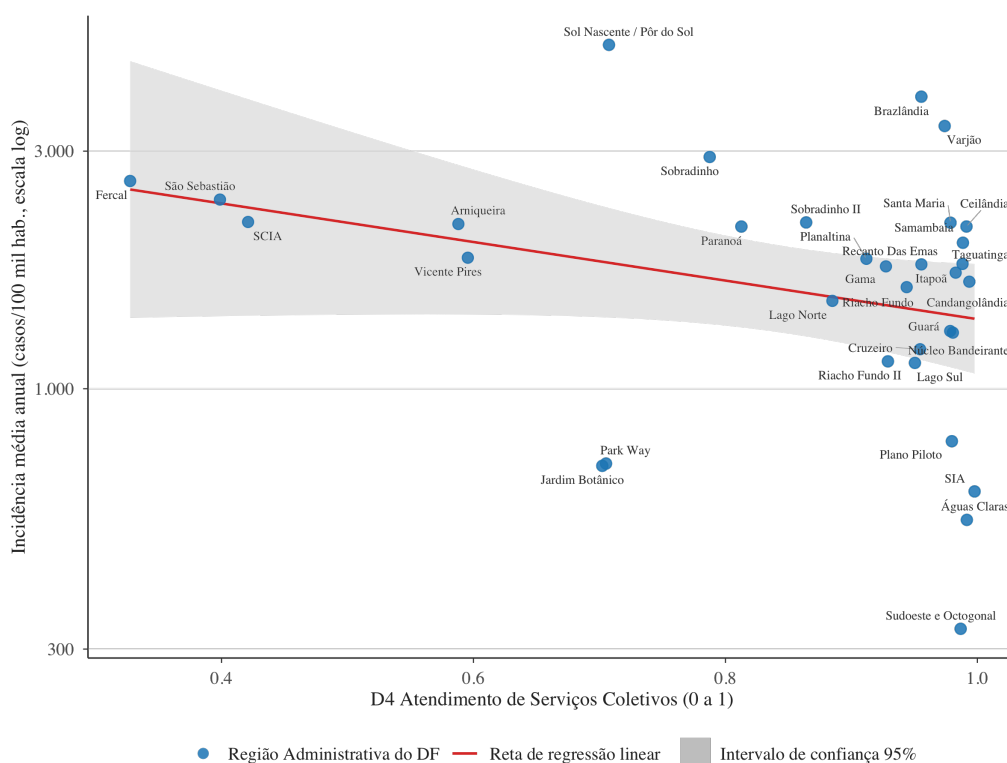
A dimensão D3, Condições Habitacionais, a segunda mais correlacionada, agrega a densidade domiciliar e a qualidade construtiva das edificações, ambas relacionadas ao contato vetor-humano no ambiente intradomiciliar. A dimensão D1 Mobilidade, terceira na hierarquia, captura o tempo de deslocamento e apresenta correlação significativa com a articulação entre a periferização funcional e a exposição. A dimensão D5, que mede pavimentação, iluminação, calçada e meio-fio, fica em quarta posição, possivelmente porque parte do efeito do entorno construído já é captada pela D2.

Figura 34 — Dispersão D1 e incidência média de dengue por RA

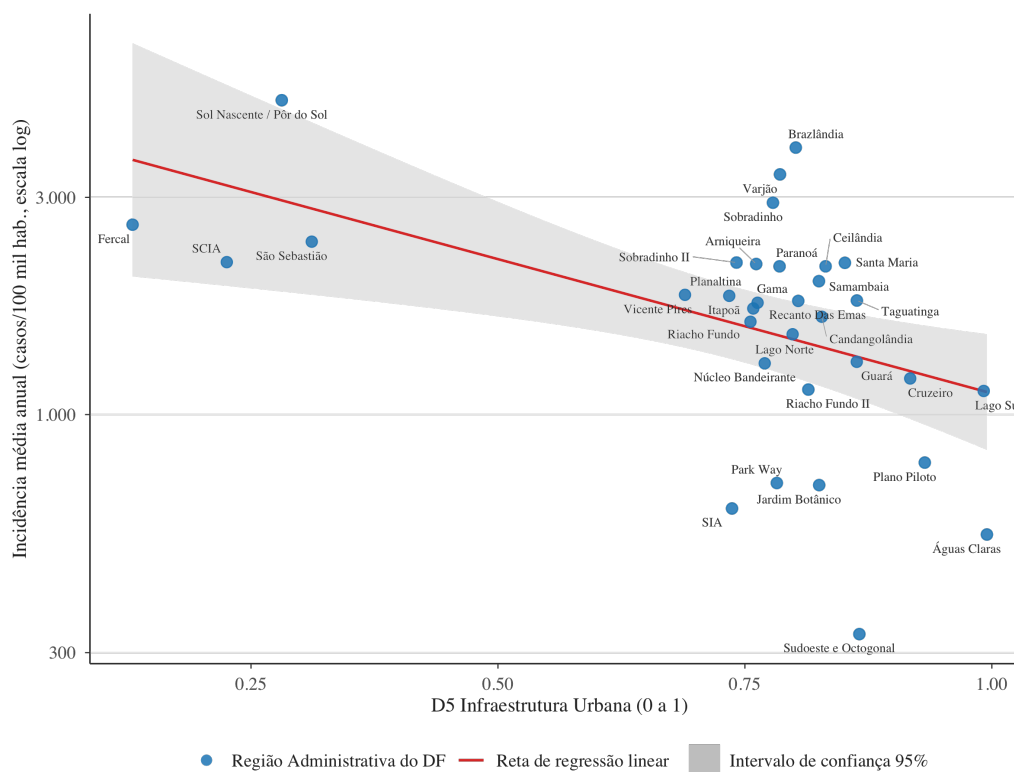
Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

Figura 35 — Dispersão D3 e incidência média de dengue por RA

Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

Figura 36 — Dispersão D4 e incidência média de dengue por RA

Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

Figura 37 — Dispersão D5 e incidência média de dengue por RA

Fonte: Elaboração própria a partir do IBEU-DF 2021 e da base SVS-DF (2026).

A regressão linear simples entre o IBEU geral e a incidência média anual produz um coeficiente de determinação ajustado (R^2) de 0,425 ($F = 24,63$; $p < 0,001$), indicando que aproximadamente 42% da variação da incidência média entre as RAs é explicada pelo IBEU geral. O coeficiente angular estimado é de $\beta = -4.199,2$ casos por 100 mil habitantes para cada unidade do índice, ou aproximadamente -420 casos por 100 mil habitantes para cada décimo do IBEU. O intercepto é de 5.048,3 casos por 100 mil habitantes na situação hipotética de IBEU igual a zero, valor sem correspondência direta nos dados, mas útil para calibrar a leitura da reta. O teste de Shapiro-Wilk sobre os resíduos retornou $p = 0,060$, próximo do limiar convencional de 0,05, indicando que a hipótese de normalidade dos resíduos não pode ser rejeitada com confiança e que a interpretação dos parâmetros da regressão linear é defensável, ainda que com cautela.

A magnitude do coeficiente é expressiva. Em termos práticos, uma melhoria de um décimo no IBEU geral de uma RA, da ordem da variação observada entre Sol Nascente/Pôr do Sol (0,44) e Itapoã (0,71), está associada à redução esperada de cerca de 400 casos por 100 mil habitantes na incidência média do período. Trata-se, evidentemente, de associação estatística e não de relação causal direta, dado que o IBEU agrega dimensões correlacionadas entre si e com outros condicionantes do risco, mas a leitura é clara: a desigualdade intraurbana explicitada pelo índice tem expressão epidemiológica mensurável e robusta no DF.

A inspeção do gráfico de dispersão revela três grupos de RAs que merecem uma leitura geográfica específica. Um primeiro grupo reúne as RAs com incidência acima do esperado no respectivo IBEU. Sol Nascente/Pôr do Sol lidera o ranking de incidência média do período (4.904 casos por 100 mil habitantes) e apresenta IBEU baixo (0,44), padrão coerente com o modelo. Brazlândia, segunda colocada em incidência média (3.859 casos por 100 mil habitantes), apresenta IBEU médio (0,63) e configura um *outlier* positivo: sofre em relação ao esperado para o seu bem-estar urbano agregado. A leitura plausível combina simultaneamente a condição periférica da RA, sua matriz produtiva ainda parcialmente rural e sua posição relativamente isolada, que pode dificultar o acesso oportuno a serviços de vigilância. Varjão, terceira colocada (3.370 casos por 100 mil habitantes), tem IBEU intermediário (0,77) e também se sobrepõe, em padrão consistente com sua pequena extensão territorial e alta densidade demográfica, a um recorte de vulnerabilidade.

Um segundo grupo reúne as RAs com incidência abaixo do esperado para o seu IBEU, as que subexpressam. Sudoeste e Octogonal são o caso extremo: maior IBEU da série (0,957) e menor incidência média (330 casos por 100 mil habitantes). Águas Claras (IBEU 0,954;

incidência 545), Lago Sul (IBEU 0,964; incidência 1.127) e Plano Piloto (IBEU 0,946; incidência 784) configuram um cluster de RAs do quadrante de alta renda e baixa exposição estrutural. A subexpressão, no entanto, pode envolver dois mecanismos distintos, não excludentes: a primeira hipótese é a proteção real, com menos criadouros, menos contato vetor-humano em ambiente externo e cobertura mais completa de manutenção urbana; a segunda hipótese é o subdiagnóstico, dado que a notificação ao SINAN depende da rede pública, e a busca por atendimento na rede privada, mais frequente em RAs de alta renda, tende a não alimentar o sistema com a mesma intensidade, padrão documentado entre os fatores de subnotificação do sistema (Melo *et al.*, 2018).

O grupo intermediário e majoritário, enfim, ocupa a faixa central do gráfico e segue de perto a reta de regressão. Compõem esse grupo as RAs de classe média urbana consolidada (Taguatinga, Guará, Núcleo Bandeirante, Cruzeiro) e as RAs periféricas em processo de adensamento (Itapoã, Recanto das Emas, Samambaia, Riacho Fundo II), cujo comportamento se aproxima do previsto pelo modelo linear.

A vulnerabilidade socioambiental, medida pelo IBEU, explica uma fração robusta da geografia da dengue no DF, com correlação não paramétrica forte ($\rho = -0,772$) e determinação expressiva (R^2 ajustado = 0,425). No índice, as Condições Ambientais (D2) pesam mais do que o Atendimento de Serviços (D4), deslocando o eixo do controle da infraestrutura coletiva para o entorno construído imediato. O efeito é estrutural e se atenua nos anos de transmissão explosiva, como 2024, quando o surto satura territórios antes protegidos. Existem RAs que fogem ao padrão em ambas as direções, incluindo aquelas que são excessivamente expressivas e as que subexprimem, demandando uma análise geográfica específica antes de qualquer generalização.

Para a vigilância, três desdobramentos. A focalização do controle vetorial precisa incorporar medidas do entorno construído imediato, e não apenas a cobertura de serviços, como a D2 capta. A articulação entre vigilância e gestão urbana deve operar na escala da RA e abaixo dela, com atenção a Sol Nascente/Pôr do Sol, Brazlândia, Varjão, Itapoã e Fercal, que sustentam uma carga elevada de forma estruturada. E as RAs de alto IBEU e baixa incidência requerem investigação adicional para separar a proteção real do subdiagnóstico, distinção que altera a alocação de recursos e o desenho da vigilância sentinela. O Quadro 5 sintetiza os achados do plano socioambiental.

Quadro 5 — Síntese do plano socioambiental

Achado	Evidência	Leitura para a vigilância
A vulnerabilidade explica a incidência	Spearman entre o IBEU geral e a incidência média de 2014-2024: $\rho = -0,772$ ($p < 0,001$)	A desigualdade intraurbana tem expressão epidemiológica mensurável
Magnitude do efeito	Regressão linear simples com R^2 ajustado de 0,425	Cerca de 42% da variação entre RAs explicada apenas pelo IBEU
O entorno lidera sobre os serviços	Dimensão D2, Condições Ambientais, com $\rho = -0,829$, à frente de D3, D1 e D5	Focalizar o controle no entorno construído imediato
Núcleo de carga estrutural	Sol Nascente/Pôr do Sol, Brazlândia, Varjão, Itapoã e Fercal	Ação continuada nessas RAs, na escala da RA e abaixo dela
RAs de alto IBEU e baixa incidência	Padrão de subexpressão frente ao esperado pelo modelo	Distinguir proteção real de subdiagnóstico antes de alocar recursos

Fonte: Elaboração própria (2026).

4.5 Conhecimento, atitudes e práticas sobre a dengue no Distrito Federal

A pesquisa KAP (Conhecimento, Atitudes e Práticas), aplicada entre dezembro de 2025 e maio de 2026 a residentes do Distrito Federal, reuniu 137 respostas válidas, distribuídas entre 24 das 35 Regiões Administrativas. A pergunta central é captar como a população percebe o risco da dengue, qual é o nível de conhecimento sobre transmissão e prevenção, e quais práticas preventivas são efetivamente adotadas, em diálogo com a configuração socioambiental. A interpretação opera dentro das ressalvas de representatividade, com atenção ao viés amostral em direção à alta escolaridade e à alta renda, característicos de amostragens por conveniência via meio digital.

O perfil demográfico da amostra (Tabela 11) confirma o viés esperado da estratégia de coleta. A distribuição por faixa etária concentra-se nos respondentes jovens, com 53 indivíduos na faixa de 18 a 29 anos (39%) e 30 na faixa de 30 a 39 anos (22%), totalizando 61% da amostra com menos de 40 anos. A distribuição por gênero é praticamente equilibrada, com 68 mulheres, 65 homens, 3 respondentes que se identificam como outros e 1 que preferiu não informar. A escolaridade apresenta viés acentuado em direção à alta escolaridade: 64 respondentes têm pós-graduação (47%) e 35 têm ensino superior incompleto ou completo (26%), totalizando 73% com nível superior ou acima; apenas 5 respondentes têm ensino fundamental incompleto ou completo (4%), e nenhum se declarou não alfabetizado. A renda familiar mensal segue o padrão: 60 respondentes (44%) declaram renda acima de 5 salários mínimos, e apenas 13 (9%) declaram renda de até 1 salário mínimo.

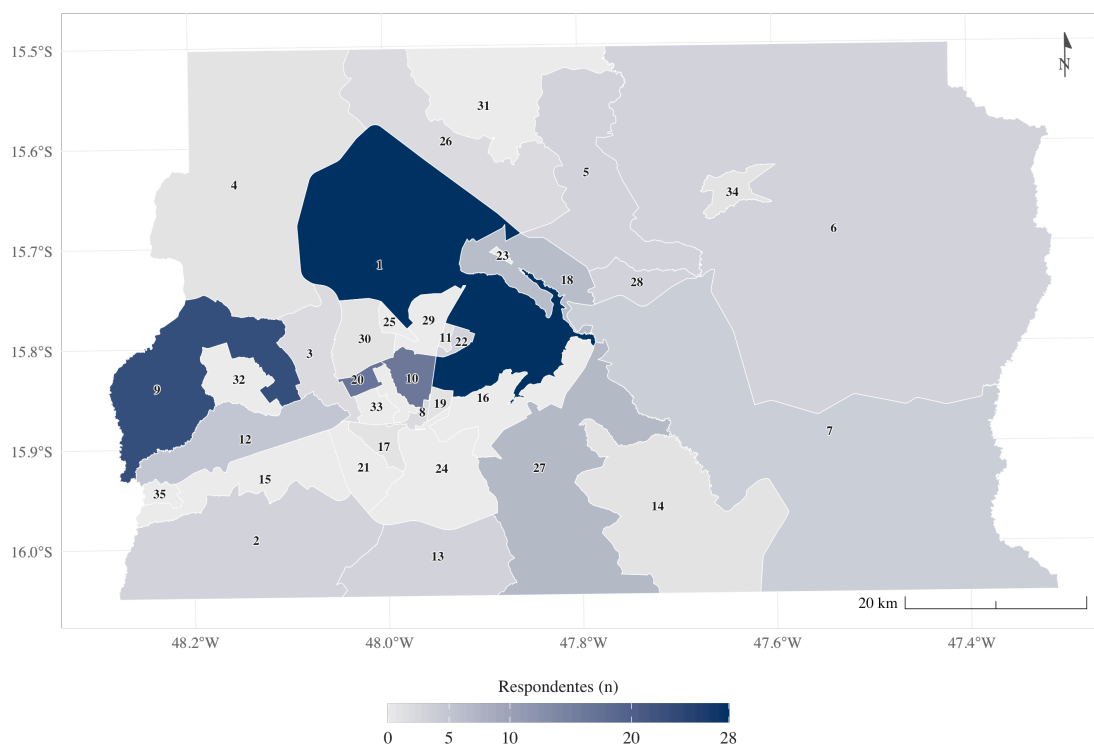
Tabela 11 — Perfil demográfico da amostra da pesquisa KAP, DF, 2025-2026

Variável	Categoria	n	%
Faixa etária	18-29 anos	53	39
	30-39 anos	30	22
	40 anos ou mais	54	39
Gênero	Feminino	68	50
	Masculino	65	47
	Outro / não informado	4	3
Escolaridade	Pós-graduação	64	47
	Superior	35	26
	Médio	33	24
	Fundamental	5	4
Renda familiar	Acima de 5 SM	60	44
	3 a 5 SM	30	22
	1 a 3 SM	34	25
	Até 1 SM	13	9

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

A distribuição espacial dos respondentes por Região Administrativa, apresentada na Figura 38, revela concentração nas RAs do centro consolidado: Plano Piloto (28 respondentes), Ceilândia (23), Águas Claras (17) e Guará (16), que compõem 60% da amostra. As 11 RAs sem respondentes são, em geral, as de menor população ou de criação mais recente. A cobertura de 24 das 35 RAs indica que a amostra capta uma diversidade espacial significativa, ainda que insuficiente para inferência estatística por território. A leitura por RA é, portanto, sustentada apenas em caráter descritivo, e o cruzamento entre os escores do KAP e a configuração espacial da dengue opera no plano agregado da amostra, não no plano da unidade territorial.

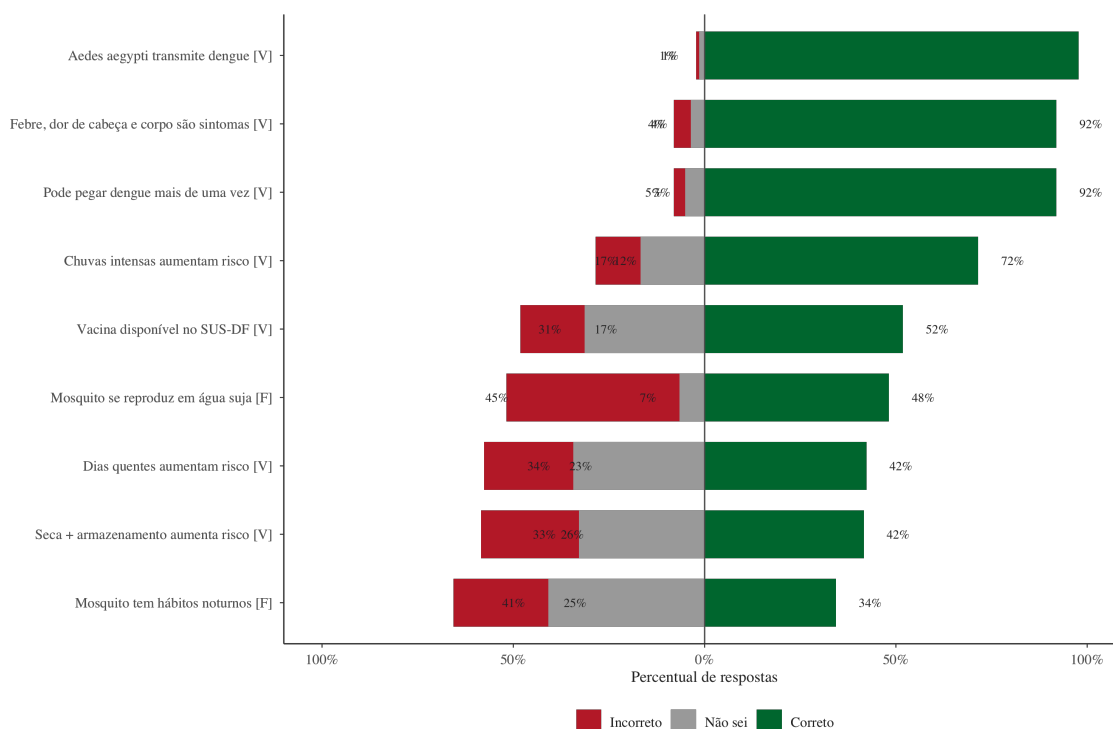
Figura 38 — Distribuição espacial dos respondentes do KAP por RA



Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

A interpretação dos resultados a seguir deve considerar duas implicações desse perfil. A primeira é que as estimativas reportadas refletem o padrão de conhecimento e de práticas de uma população escolarizada, com renda intermediária a alta, e não devem ser extrapoladas para o universo populacional do DF. A segunda é que esse mesmo perfil torna o achado ainda mais forte: se respondentes com escolaridade elevada apresentam conhecimento médio de aproximadamente dois terços do máximo possível e práticas declaradas próximas da média do escore, é razoável supor que, em subgrupos populacionais de menor escolaridade, essas medidas estejam ainda mais distantes do que seria desejável.

A Figura 39 apresenta a distribuição das respostas ao bloco de conhecimento, organizada em ordem crescente de percentual de acerto. O escore médio do bloco é de 5,72 acertos em 9 possíveis, o que corresponde a aproximadamente 64% de acerto. A análise por item revela um padrão heterogêneo, com três grupos distintos: itens de domínio elementar amplamente conhecidos, itens de domínio intermediário com acerto moderado e itens de cunho corretivo ou específico que concentram desconhecimento expressivo.

Figura 39 — Distribuição das respostas ao bloco de conhecimento sobre dengue

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

Os itens biológicos elementares são os mais conhecidos. A identificação do *Aedes aegypti* como vetor da dengue é reconhecida por praticamente toda a amostra (acerto próximo de 99%, com apenas 1% de respostas incorretas). A identificação dos sintomas característicos (febre alta, dor de cabeça e dor no corpo) e a possibilidade de reinfecção pela dengue alcançam 92% de acerto cada. Esses três itens compõem o núcleo do conhecimento popular consolidado sobre a doença e refletem o trabalho histórico de comunicação científica das décadas de 1990 e 2000 (Donalisio *et al.*, 2017).

A afirmação sobre chuvas intensas como condicionante do risco alcança 72% de acerto, mas as afirmações sobre dias quentes e a contradição da seca (em que o armazenamento doméstico de água amplia os criadouros) caem para 42% de acerto cada uma. A distribuição entre acerto, erro e "não sei" para os dois últimos itens é praticamente equilibrada, com 34% e 33% de erro e 23% e 26% de "não sei", respectivamente, o que indica que a relação entre clima e dengue não é compreendida com a mesma firmeza que a relação entre chuva e mosquito. Essa lacuna é particularmente relevante para esta dissertação, dado que a análise climática documentou tendência de aquecimento generalizado e de redução da umidade relativa do ar na primavera, com função de correlação cruzada que confirma o papel antecedente das condições climáticas sobre a incidência. A leitura popular sobre o clima opera com um modelo

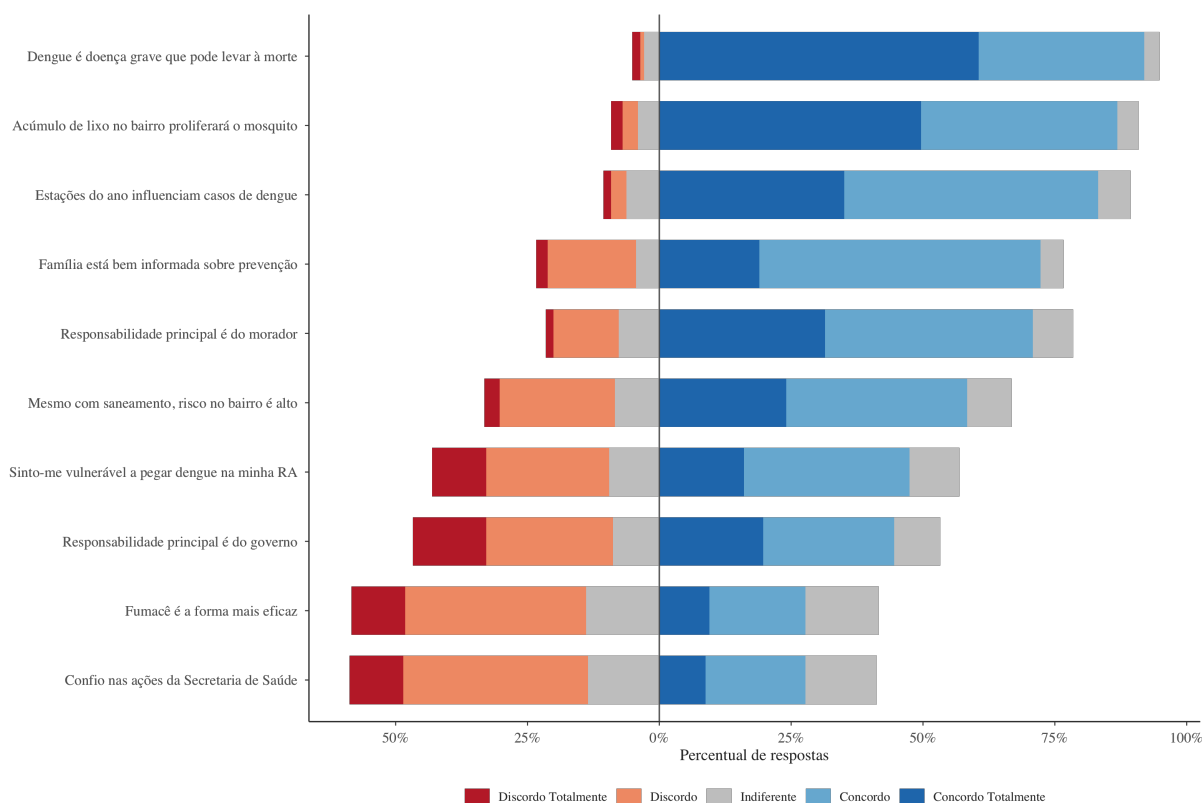
simplificado que privilegia a chuva como único gatilho e perde de vista os mecanismos mais complexos da relação entre o regime climático e o ciclo do vetor.

Um último conjunto de itens merece uma leitura mais cuidadosa. Apenas 52% da amostra sabe que existe vacina contra a dengue disponível no SUS-DF (resposta correta: verdadeiro), com 31% de respostas incorretas e 17% de "não sei". O achado precisa ser interpretado no contexto vigente em 2026: o Brasil dispõe de duas vacinas aprovadas e distribuídas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), a Qdenga (Takeda, aprovada em 2023 e em distribuição via SUS desde 2024) e a Butantan-DV (vacina nacional de dose única, aprovada e com distribuição iniciada em 2025). A vacinação no DF opera com critérios específicos de elegibilidade que incluem faixa etária e território de residência, o que pode explicar parcialmente o desconhecimento, mas também sinaliza a necessidade de aprimorar a comunicação institucional sobre a disponibilidade do imunizante e suas regras de acesso.

A afirmação sobre o tipo de água em que o vetor se reproduz (resposta correta: falso, dado que o *Aedes* prefere água limpa) tem apenas 48% de acerto. Mais grave, 45% dos respondentes acreditam que o mosquito se reproduz principalmente em água suja, perpetuando o mito clássico que persiste há décadas na cultura popular e que tem implicação direta na prática preventiva: quem acredita que o mosquito vive em água suja tende a focar atenção em esgoto a céu aberto e lixo orgânico, e desatende à água limpa armazenada em reservatórios domésticos, que é a principal fonte de criadouros no contexto urbano (Beserra *et al.*, 2006; Brady *et al.*, 2013).

O último item, sobre os hábitos noturnos do mosquito (resposta correta: falso, dado que o *Aedes* tem hábito diurno com picos no início da manhã e no fim da tarde), apresenta o pior desempenho da amostra: apenas 34% de acerto, com 41% de respostas incorretas e 25% de "não sei". A consequência prática dessa lacuna é direta: estratégias de proteção individual concentradas nas horas noturnas (uso de repelente ao jantar, mosquiteiros ao dormir) não cobrem o período de maior risco, e a presença de telas em janelas e portas, embora útil, opera contra um vetor cujo principal momento de atividade ocorre quando essas barreiras estão habitualmente abertas.

A Figura 40 apresenta a distribuição das respostas ao bloco de atitudes, organizada em ordem decrescente do percentual de concordância. O escore médio do bloco é de 36,08 em 50 possíveis, o que corresponde a aproximadamente 72%. A análise por item revela três padrões nítidos que orientam a interpretação.

Figura 40 — Distribuição das respostas ao bloco de atitudes

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

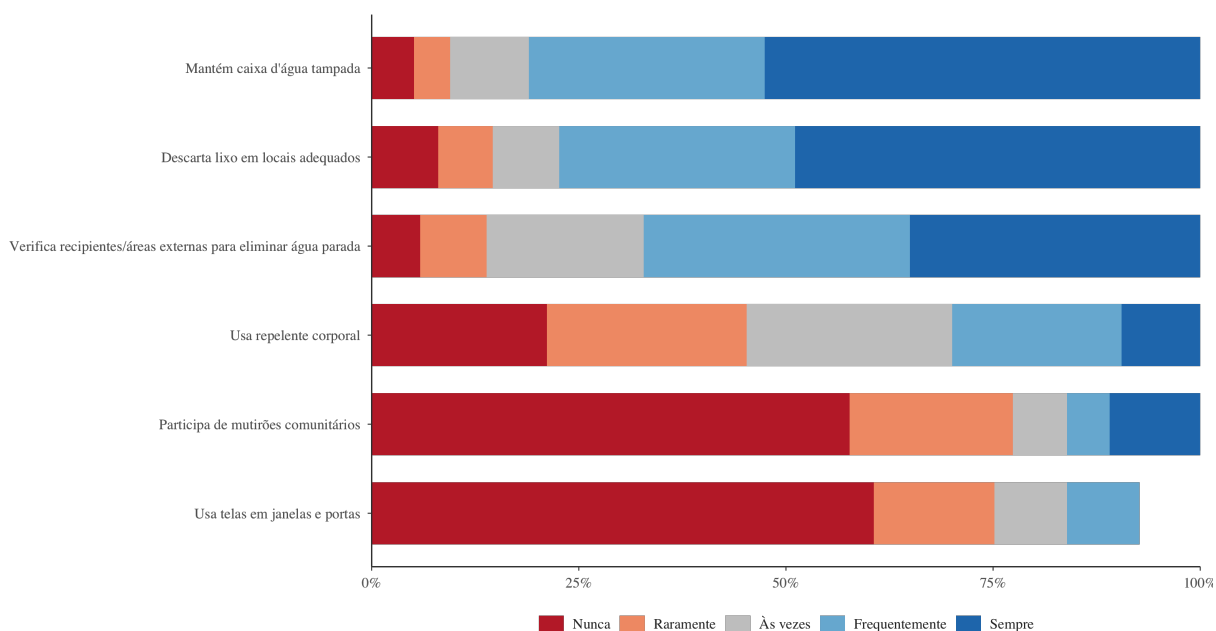
O consenso é forte quanto à gravidade da doença e ao papel ambiental do entorno. A afirmação "dengue é uma doença grave que pode levar à morte" tem concordância de aproximadamente 95% (concordo + concordo totalmente), com praticamente nenhuma discordância. A afirmação "o acúmulo de lixo e entulho no bairro contribui muito para a proliferação do mosquito" alcança 90% de concordância. A afirmação "as estações do ano em Brasília têm grande influência no aumento de casos" alcança 85% de concordância. Esses três itens configuram uma base atitudinal compartilhada sobre a centralidade do risco e a dimensão socioambiental de sua produção.

Há convergência quanto à responsabilidade compartilhada entre o morador e o poder público. A afirmação "a responsabilidade principal é de cada morador" concentra 75% de concordância, enquanto a afirmação simétrica "a responsabilidade principal é do governo" concentra 50% de concordância. A leitura conjunta não é contraditória: a amostra atribui responsabilidade prioritária ao morador sem absolver o poder público, em um padrão que dialoga com a literatura sobre vulnerabilidade subjetiva e captura a complexidade real do problema, no qual ambas as esferas operam de modo articulado (Barcellos *et al.*, 2002).

O descrédito institucional e o ceticismo quanto à efetividade das estratégias convencionais de controle constituem o traço mais delicado. A afirmação "confio nas ações da Secretaria de Saúde para controlar a dengue no DF" reúne apenas 30% de concordância, com mais de 50% de discordância (discordo + discordo totalmente). A afirmação "o fumacê é a forma mais eficaz de acabar com a dengue" apresenta um comportamento semelhante, com aproximadamente 30% de concordância e cerca de 50% de discordância. O achado é substancial por dois motivos. Primeiro, indica que a estratégia historicamente mais visível de controle vetorial no Brasil (a nebulização de inseticidas em espaço aberto) é vista pela maioria dos respondentes como pouco eficaz.

Esse ceticismo encontra respaldo na literatura científica, que documenta limitações estruturais do fumacê: a aplicação atinge somente mosquitos adultos em voo no momento da nebulização, sem efeito residual sobre formas imaturas em criadouros (Reiter; Gubler, 1997; Esu *et al.*, 2010); a resistência do *Aedes aegypti* a piretroides vem sendo documentada em diversas regiões brasileiras (Achee *et al.*, 2015); e a Organização Mundial da Saúde recomenda o fumacê como medida complementar emergencial, não como pilar do controle integrado (OMS, 2020). A desconfiança em relação à Secretaria de Saúde indica um gargalo de legitimidade institucional que precisa ser endereçado por qualquer estratégia de vigilância sustentável, dado que a colaboração do morador, central no controle do *Aedes*, depende de confiança mínima nas instituições que organizam o esforço coletivo.

A Figura 41 apresenta a distribuição das respostas ao bloco de práticas, organizada em ordem decrescente do percentual de adoção frequente. O escore médio do bloco é de 18,58 em 30 possíveis, o que corresponde a aproximadamente 62%. A análise por item revela uma divisão nítida entre práticas domésticas estruturais, amplamente declaradas, e práticas individuais ou comunitárias específicas, com adoção muito baixa.

Figura 41 — Distribuição das respostas ao bloco de práticas de prevenção

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

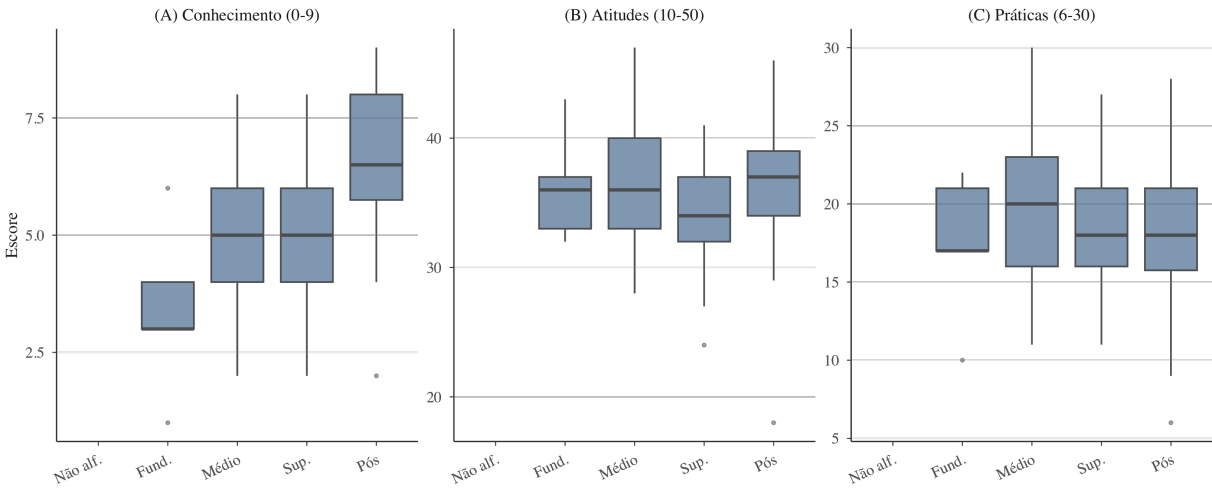
As três práticas mais adotadas são as que se incorporaram ao cotidiano doméstico como rotina de manutenção do espaço residencial: manter a caixa d'água tampada (aproximadamente 75% de adoção frequente ou sempre), descartar lixo em locais adequados (aproximadamente 75%) e verificar recipientes e áreas externas para eliminar água parada (aproximadamente 60%). Essas três práticas correspondem ao núcleo das campanhas educativas históricas no Brasil, e sua adoção elevada na amostra indica que a mensagem chegou e foi parcialmente apropriada como hábito.

As três práticas menos adotadas, em contraste, são aquelas que demandam compromisso adicional ou recursos materiais específicos. O uso de repelente corporal alcança apenas cerca de 25% de adoção frequente, com mais de 40% de resposta "nunca" ou "raramente". O uso de telas em janelas e portas é a prática menos adotada, com aproximadamente 10% de adoção frequente e mais de 60% de "nunca". A participação em mutirões comunitários ou ações coletivas de combate à dengue no bairro apresenta padrão semelhante, com aproximadamente 15% de adoção frequente e mais de 55% de "nunca". Os três itens compartilham uma característica comum: representam compromissos que escapam à rotina doméstica imediata. Repelente envolve custo recorrente; telas envolvem instalação e custo inicial significativo; mutirões envolvem disponibilidade de tempo e a efetiva existência da iniciativa no bairro de residência.

As Figuras 42, 43 e 44 apresentam a distribuição dos três escores síntese (conhecimento,

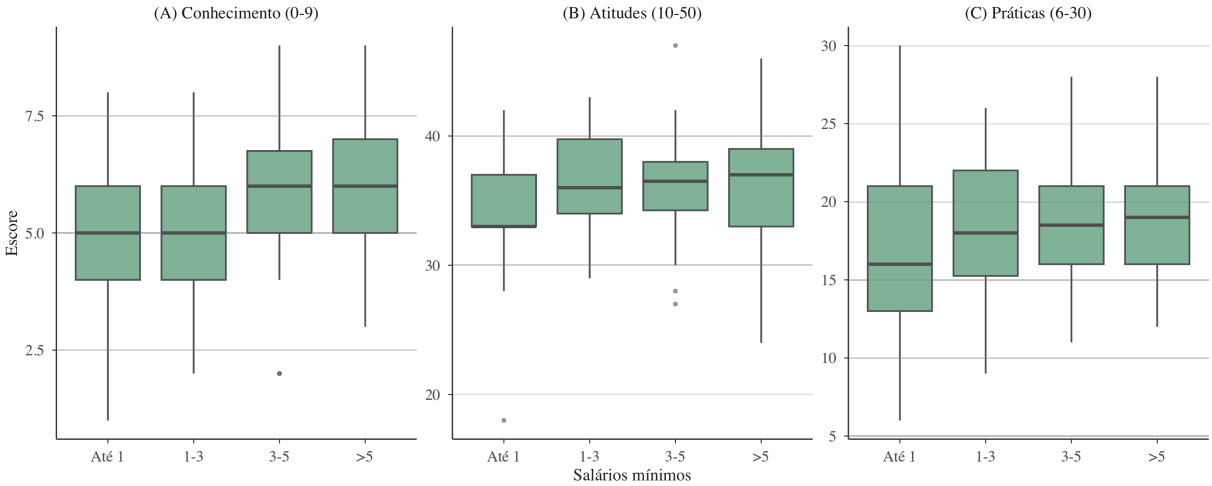
atitudes e práticas) estratificada por escolaridade, renda e faixa etária. A leitura dos boxplots indica gradiente nítido apenas para uma combinação específica de variável e escore, e ausência de gradiente claro nas demais combinações.

Figura 42 — Escores por escolaridade

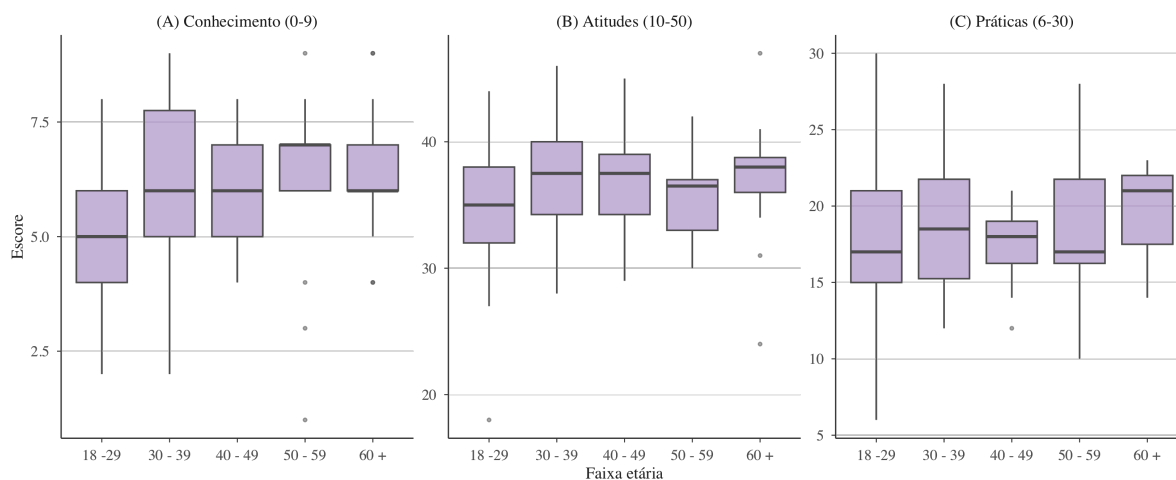


Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

Figura 43 — Escores por renda



Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

Figura 44 — Escores por faixa etária

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

O gradiente nítido é o do escore de conhecimento por escolaridade (Figura 42). A mediana sobe de aproximadamente 3 acertos para respondentes com fundamental incompleto/completo, para 5 acertos nas categorias intermediárias (médio e superior) e atinge 6,5 acertos entre pós-graduados. O teste de Kruskal-Wallis aplicado ao escore de conhecimento por escolaridade apresenta $p < 0,01$, indicando diferença estatisticamente significativa entre os grupos. A leitura é direta: maior escolaridade associa-se a maior conhecimento sobre a transmissão da dengue, padrão esperado e documentado na literatura nacional (Chiaravalloti-Neto *et al.*, 2003).

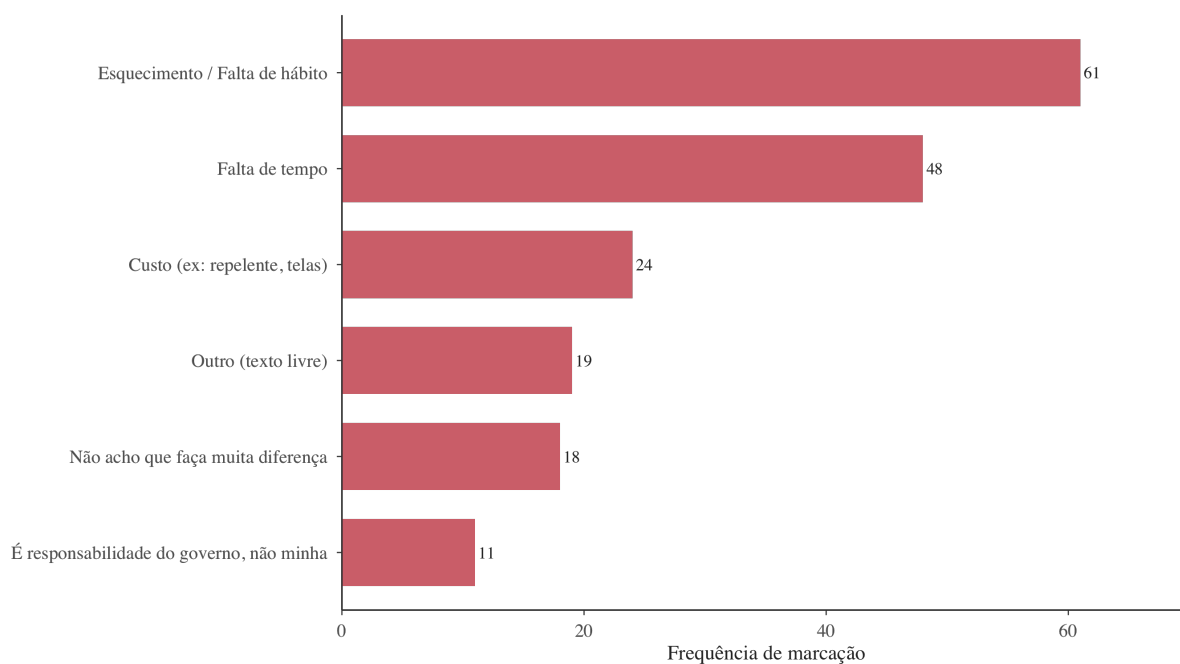
O resultado contrastante é a ausência de um gradiente significativo no escore de práticas por escolaridade. As medianas dos cinco grupos de escolaridade situam-se entre 18 e 20 pontos no escore de práticas (de 30 possíveis), sem padrão monotônico. O teste de Kruskal-Wallis não indica diferença estatisticamente significativa. A leitura é a de que a escolaridade discrimina o conhecimento, mas não a prática. Essa observação prepara o terreno analítico para o achado central.

O escore de atitudes apresenta distribuição relativamente estável entre os grupos de escolaridade, renda e faixa etária. A faixa etária mais jovem (18-29 anos) apresenta escore de atitudes levemente menor do que as faixas etárias superiores, mas a diferença não alcança significância estatística no recorte amostral disponível. As distribuições por renda (Figura 43) seguem um padrão semelhante ao de escolaridade, com leve aumento do escore de conhecimento à medida que a renda aumenta, sem alterações relevantes nos escores de atitudes e práticas.

A análise dos motivos para a não adoção de práticas preventivas (Figura 45), respondida por 117 dos 137 respondentes, indica que as duas principais barreiras declaradas são de natureza comportamental: esquecimento ou falta de hábito (61 marcações) e falta de tempo (48 marcações). A terceira barreira mais frequente é o custo (24 marcações), especialmente mencionado para itens como repelente e telas. A categoria "outro (texto livre)" reúne 19 respostas, e a inspeção qualitativa dessas respostas revela duas vertentes principais. A primeira é a inadequação do item à realidade do respondente, com afirmações como: "moro em apartamento", "não tenho acesso à caixa d'água do meu prédio" e "sobre telas, não me sinto vulnerável".

A segunda é a ausência efetiva de iniciativa comunitária no bairro, com afirmações como "não existe essa iniciativa na RA", "não tem mutirões de limpeza no bairro", "desconheço grupos como esse no meu bairro". O segundo tipo de resposta merece destaque porque expõe o limite estrutural da estratégia de utilização comunitária: a participação em mutirões não depende apenas do interesse individual, mas também da oferta institucional e da organização comunitária local. A baixa adoção dessa prática não decorre necessariamente de falta de disposição da amostra, mas da ausência de espaço de prática nas RAs onde ela vive.

Figura 45 — Motivos declarados para a não adoção de práticas preventivas



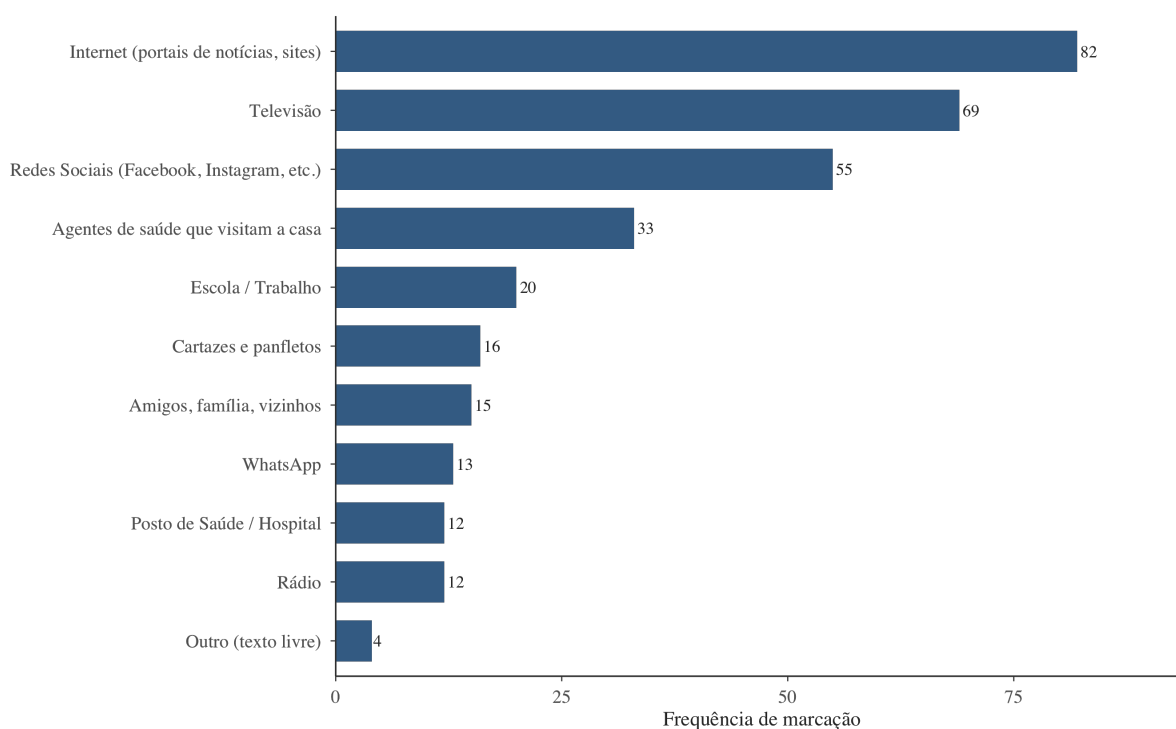
Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

As marcações nas categorias "não acho que faça muita diferença" (18 marcações) e "é responsabilidade do governo, não minha" (11 marcações) representam, juntas,

aproximadamente 25% das justificativas para a não adoção. Trata-se de uma fração minoritária, mas relevante, que dialoga diretamente com a discussão sobre a confiança institucional e a responsabilização.

A análise das fontes de informação (Figura 46) revela que a internet (portais de notícias e sites) é a mais frequente, com 82 marcações, seguida pela televisão (69), pelas redes sociais (55) e pelos agentes de saúde em visita domiciliar (33). Três aspectos se destacam. Os canais digitais e os meios de comunicação de massa são as principais fontes de informação sobre dengue para a amostra, o que é consistente com o perfil demográfico da amostra. A presença dos agentes comunitários de saúde como quarta fonte mais marcante, ainda que distante das primeiras, indica que a estratégia da Atenção Primária preserva relevância informativa, mesmo em amostra com alta escolaridade. E fontes tradicionais, como cartazes, panfletos e rádio, mantêm presença residual, e a categoria "amigos, família e vizinhos" reúne 15 marcações, indicando que a comunicação interpessoal opera como complemento, não como fonte principal.

Figura 46 — Fontes de informação sobre dengue mais utilizadas pelos respondentes

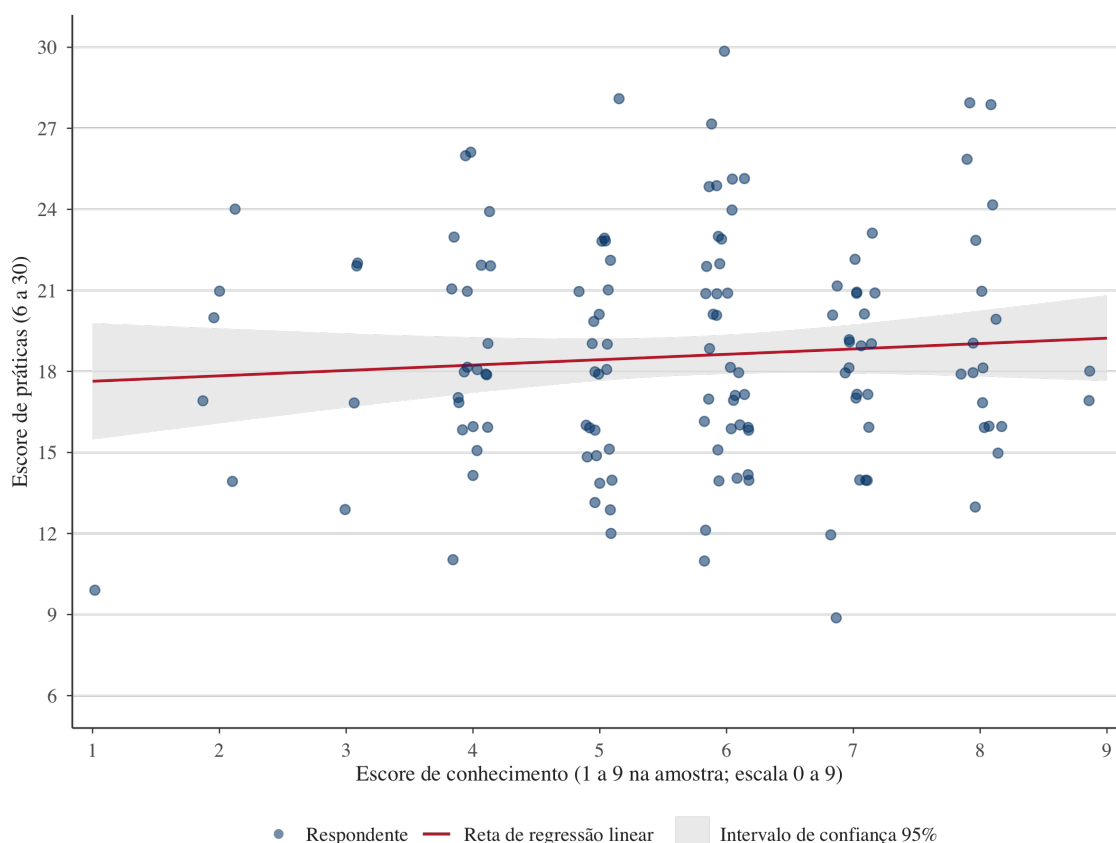


Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

A Figura 47 apresenta o cruzamento entre os escores de conhecimento e de práticas declaradas, com a linha de regressão e o respectivo intervalo de confiança. O coeficiente de Spearman é $\rho = 0,046$, com $p = 0,596$, indicando ausência de associação estatística entre os dois

escores. A interpretação é direta: na amostra deste estudo, o nível de conhecimento sobre dengue não apresenta associação detectável com a frequência de adoção de práticas preventivas. Quem sabe mais sobre o vetor, os sintomas, a vacinação e a relação clima-dengue não faz mais para se prevenir.

Figura 47 — Dispersão entre escore de conhecimento e escore de práticas



Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa KAP (2026).

O achado é convergente com a literatura clássica de KAP em doenças vetoriais, que documenta consistentemente a defasagem entre o que as pessoas sabem e o que efetivamente praticam. Chiaravalloti-Neto *et al.* (2003) registraram um padrão semelhante em um estudo no interior de São Paulo, com correlação fraca entre conhecimento e prática, mesmo após intervenção educativa. A literatura internacional documenta achados equivalentes em diversos contextos urbanos, e a interpretação consolidada é a de que a tradução do conhecimento em prática depende de condições contextuais (custo, tempo, suporte institucional, hábito) que escapam ao plano cognitivo individual (OMS, 2008; Donalisio *et al.*, 2017).

A robustez do achado neste estudo merece destaque por dois motivos. Primeiro, a amostra é fortemente enviesada para alta escolaridade (73% com nível superior ou pós-

graduação), o que torna previsível a expectativa de uma associação positiva entre conhecimento e prática, que não se confirma. Segundo, a magnitude da correlação observada ($\rho = 0,046$) é tão próxima de zero que descarta qualquer efeito, mesmo marginal. Em outras palavras, o resultado não é de associação fraca não significativa; é de ausência de associação propriamente dita.

A implicação para a vigilância em saúde é direta. Estratégias de controle da dengue ancoradas exclusivamente na comunicação científica e na educação em saúde, no pressuposto de que a informação se traduzirá em mudança comportamental, operam contra a evidência acumulada há décadas. A população-alvo dessas campanhas pode aprender o conteúdo veiculado e, ainda assim, não modificar suas práticas, por razões que escapam ao plano da informação e operam no plano da estrutura material da vida cotidiana e da configuração institucional do espaço urbano.

Em conjunto, os resultados do KAP revelam um conhecimento desigual, com domínio elementar consolidado e lacunas em três pontos que escapam às campanhas históricas: a vacina disponível no SUS-DF (52% de acerto), a reprodução do vetor em água limpa (48%) e o hábito diurno do mosquito (34%). As atitudes combinam consenso quanto à gravidade e ao papel do entorno com descrédito nas ações institucionais, um ceticismo que, no caso do fumacê, encontra respaldo na literatura, mas que, diante da baixa confiança na SES-DF, expõe um gargalo de legitimidade a enfrentar. O achado mais consequente é a ausência completa de associação entre conhecimento e prática (Spearman $\rho = 0,046$; $p = 0,596$): estratégias ancoradas apenas em educação em saúde, no pressuposto de que informação vira comportamento, operam contra a evidência, e a intervenção efetiva precisa endereçar as barreiras estruturais apontadas pela própria amostra. Esse resultado reforça, no plano subjetivo, a centralidade do entorno construído, já revelada pela dimensão D2 do IBEU no plano agregado. O Quadro 6 sintetiza os achados do plano qualitativo.

Quadro 6 — Síntese do plano qualitativo

Achado	Evidência	Leitura para a vigilância
Amostra exploratória e enviesada	137 respostas válidas em 24 das 35 RAs, com 73% de respondentes com nível superior ou acima	Resultados indicativos, e não representativos da população do DF
Conhecimento elementar consolidado, com lacunas	Vacina disponível no SUS-DF com 52% de acerto, reprodução do vetor em água limpa com 48% e hábito diurno com 34%	Campanhas precisam atualizar o conteúdo que veiculam
Descrédito institucional	Ceticismo quanto ao fumacê e baixa confiança na SES-DF	Gargalo de legitimidade a enfrentar junto com o controle
Conhecer não leva a prevenir	Spearman entre os escores de conhecimento e de práticas: $\rho = 0,046$ ($p = 0,596$)	Educação em saúde isolada opera contra a evidência
Barreiras estruturais	Motivos declarados para a não adoção de práticas preventivas	A intervenção precisa remover obstáculos materiais, e não só informar

Fonte: Elaboração própria (2026).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pergunta que orientou este estudo foi a de como o clima local, a configuração socioambiental do território e o conhecimento, as atitudes e as práticas da população condicionam a dinâmica espaço-temporal da dengue no Distrito Federal. A resposta se construiu em quatro planos analíticos complementares, com escalas e recortes distintos: a caracterização epidemiológica agregada de 2007 a 2025, a distribuição espacial por Região Administrativa de 2014 a 2024, a relação clima-dengue na escala urbana, o cruzamento entre vulnerabilidade socioambiental e incidência com base no IBEU 2021, e a pesquisa qualitativa KAP. Esta seção não traz achado novo. Recupera os resultados, identifica as convergências entre eles e propõe uma síntese geográfica que articula os quatro planos.

O primeiro achado de fundo é que o Distrito Federal opera, no recorte recente, em condição estrutural de alta transmissão recorrente; 31 das 35 RAs tiveram alta transmissão em pelo menos metade dos anos. A leitura por gradiente afina o argumento sem contradizê-lo: a cronicidade não é homogênea, e a hierarquia entre RAs combina a frequência epidêmica e a magnitude da incidência, da cronicidade plena de São Sebastião e Planaltina à transmissão intermitente de Sudoeste/Octogonal. A noção de endemia em relação à epidemia, herdada de quadros em que a doença alterna entre presença e ausência, não se aplica ao caso distrital. O território opera em exposição estrutural, e a vigilância precisa ser pensada em base permanente, modulada por um gradiente entre RAs, e não por uma classificação binária.

Sobre esse fundo estrutural, 2024 se destaca como um ponto fora da curva. A incidência de 8.097 casos por 100 mil habitantes foi quatro vezes maior do que a do segundo maior ano da série, e os 460 óbitos, quase sete vezes o segundo maior valor. A análise climática na estação A001 documentou tendências que dialogam com o pico: aquecimento das temperaturas máximas em todas as estações, mais forte na primavera, e redução da umidade relativa do ar no trimestre pré-epidêmico. A correlação cruzada pré-branqueada identificou a temperatura mínima como a variável mais associada à incidência, com uma antecipação da ordem de cinco a seis meses entre o clima do semestre anterior e o pico do ano seguinte. A primavera de 2023, trimestre que antecedeu o surto, ocorreu sob um clima estruturalmente mais quente e mais seco. A leitura prudente é de articulação, e não de causa: 2024 emerge sobre um quadro climático e socioambiental reconfigurado, sem se reduzir a nenhum condicionante isolado.

O achado mais robusto provém do plano socioespacial. A correlação entre o IBEU e a incidência média de 2014 a 2024 foi forte e negativa ($\rho = -0,77$), e a vulnerabilidade

socioambiental explica sozinha cerca de 42% da variação da incidência entre as RAs, magnitude elevada para os padrões da literatura ecológica sobre dengue no Brasil. O exame por dimensão revela o desdobramento mais forte: a dimensão das condições ambientais do entorno (D2) lidera a associação, à frente da cobertura de serviços coletivos (D4). O resultado contraria a hipótese inicial de que a rede de água, esgoto e lixo seria a mais explicativa, e a razão está na estrutura do próprio DF, em que essa cobertura opera perto do teto em quase todas as RAs e perde poder de discriminação.

O eixo do controle vetorial desloca-se, assim, da infraestrutura coletiva para a manutenção cotidiana do entorno construído imediato, o que, com base nos dados, confirma a formulação do Sistema Ambiental Urbano (Mendonça, 2004). Em ordem de grandeza, a regressão sugere que percorrer a faixa de bem-estar urbano observada entre as RAs corresponderia a uma diferença de cerca de 2 mil notificações por 100 mil habitantes na incidência média do período. Em 2024, esse gradiente social do risco se atenuou, sem se desfazer, num padrão em que o surto explosivo satura territórios antes relativamente protegidos.

A pesquisa qualitativa acrescenta a dimensão subjetiva. As 137 respostas do KAP, enviadas para alta escolaridade e renda, revelam três achados. Existem lacunas de conhecimento em pontos que escapam às campanhas históricas, como o hábito diurno do vetor e a reprodução em água limpa. Há um padrão de atitudes que combina forte reconhecimento da gravidade e do papel do entorno com descrédito acentuado nas ações institucionais e no fumacê, ceticismo que, no caso do fumacê, encontra respaldo na própria literatura científica. E há, sobretudo, a desconexão completa entre conhecimento e prática ($p = 0,046$), numa amostra de alta escolaridade em que se esperaria o contrário. A ausência de associação, e não a sua fraqueza, reproduz, no plano individual, o que o plano agregado já mostrara: a configuração do risco depende menos do que cada pessoa sabe e mais das condições materiais e institucionais em que cada pessoa pode agir. O Quadro 7 reúne os achados dos quatro planos.

A articulação entre os quatro planos permite organizar as RAs numa tipologia operacional para a vigilância, cruzando a frequência epidêmica, a magnitude da incidência e a configuração socioambiental. Quatro tipos se desenharam. O primeiro, de cronicidade estrutural de alta magnitude, reúne RAs periféricas de alta frequência e alta incidência, como Sol Nascente/Pôr do Sol, Brazlândia e Itapoã, e requer vigilância contínua, com ações estruturais de saneamento e de manutenção do entorno. O segundo, de cronicidade com magnitude moderada, reúne RAs de alta frequência, mas incidência mais baixa, como Lago Sul e Guará, e exige investigar tanto a presença real do vetor em territórios de alta renda quanto a hipótese de subdiagnóstico pela rede privada.

O terceiro, de transmissão recorrente em magnitude variável, reúne RAs de frequência intermediária, como Taguatinga, Gama e Ceilândia, e combina ações de fundo com sistemas de alerta, apoiados na janela de antecipação de cerca de seis meses. O quarto, de transmissão intermitente com surto explosivo, reúne RAs de alto bem-estar urbano e baixa transmissão habitual, como Sudoeste/Octogonal e Águas Claras, que registram anos explosivos com anomalia expressiva e requerem vigilância sentinela em janelas de alerta climático. A tipologia é a base de partida para a leitura geográfica do território e não é substituta da inteligência epidemiológica local que opera a vigilância no cotidiano da SES-DF.

Quadro 7 — Síntese geral dos achados por plano analítico

Plano	Achado principal	Evidência	Implicação para a vigilância
Climático	O clima antecede a dengue em meses, e a primavera registrou aquecimento e redução da umidade relativa do ar	Lag de 22 semanas da temperatura mínima; +0,084 °C por ano na máxima da primavera	Janela pré-epidêmica utilizável em alerta antecipado
Espacial	Transmissão alta recorrente, com gradiente acentuado entre RAs	Amplitude superior a quinze vezes; 31 das 35 RAs em alta transmissão; 2024 acima da média em todas	Vigilância permanente e diferenciada por RA, com base geocodificada por endereço
Socioambiental	A vulnerabilidade decide quem adoece, e o entorno lidera	$\rho = -0,772$ com o IBEU geral e R^2 de 0,425; dimensão D2 com $\rho = -0,829$	Controle focado no entorno construído imediato, e não só na cobertura de serviços
Qualitativo	Conhecer não leva a prevenir	$\rho = 0,046$ entre os escores de conhecimento e de práticas	Intervenção sobre as barreiras estruturais, e não apenas sobre a informação

Fonte: Elaboração própria (2026).

O conjunto acrescenta cinco contribuições à literatura sobre dengue no DF e nos centros urbanos brasileiros. A primeira é a demonstração, com dados, de que a atribuição das notificações ao território é instável no tempo: parte expressiva dos casos lançados em RAs antigas pertencia, na verdade, a RAs criadas depois, numa versão temporal do Problema das Unidades de Áreas Modificáveis, com implicações diretas para estudos espaciais futuros sobre a dengue no DF. A segunda é a inversão da hipótese sobre o IBEU, com a dimensão do entorno construído superando a dos serviços coletivos. A terceira é a documentação do lag estrutural entre o clima e a dengue em escala metropolitana, que serve de base para sistemas de alerta epidemiológico. A quarta é o registro da desconexão entre o conhecimento e a prática em uma amostra de alto nível de escolaridade. E a quinta é a própria articulação dos quatro planos num recorte único ao nível da Região Administrativa, com as fontes disponíveis no DF, como contribuição metodológica.

As limitações do desenho estão reunidas no Cap. 3.8 e, delas, decorre uma agenda de desdobramentos. Na relação clima-dengue, séries mais longas e modelagem hierárquica por RA, somadas a dados entomológicos e sorotípicos, permitiriam discriminar gatilhos climáticos

entre territórios e avançar para a modelagem prospectiva de surtos. Na análise espacial, descer ao nível do setor censitário revelaria microterritórios de risco nas RAs extensas. No plano socioespacial, uma edição longitudinal do IBEU habilitaria a leitura no tempo. Na pesquisa qualitativa, um instrumento mais curto, com equipe de campo e estratificação por RA, daria robustez amostral. E a comparação com outras capitais sustentaria a discussão sobre a validade externa e a tese da centralidade do entorno construído em uma escala mais ampla.

A dinâmica socioambiental e a vulnerabilidade à dengue no Distrito Federal não são dois eixos paralelos, mas duas dimensões articuladas de um mesmo fenômeno geográfico. A dengue, tal como documentada nos quatro planos, opera no DF como expressão epidemiológica de uma produção desigual do território, atravessada pelo clima regional em reconfiguração, pela estrutura intraurbana herdada da urbanização periférica, pela qualidade variável do entorno construído em cada RA e pelas práticas cotidianas que sustentam ou interrompem a transmissão.

O Distrito Federal não enfrenta a dengue como entidade autônoma em sua organização territorial. A doença responde aos mesmos condicionantes estruturais que organizam a desigualdade urbana e ambiental do espaço da cidade. A consequência é que a vigilância em saúde efetiva opera, necessariamente, em articulação com a gestão urbana, o saneamento, a regulação do entorno construído e o fortalecimento da Atenção Primária como interface cotidiana entre o sistema de saúde e o território. Estratégias verticais de controle vetorial, ancoradas em campanhas e na aplicação periódica de inseticidas, operam dentro de limites estruturais que este estudo documentou nos quatro planos articulados.

A pesquisa que aqui se encerra não pretende ter respondido à pergunta sobre a dengue no Distrito Federal. Pretende tê-la formulado com as ferramentas que a Geografia da Saúde, em diálogo com a Climatologia Urbana e a Saúde Coletiva, oferece para a leitura de um fenômeno epidemiológico inseparável do território.

REFERÊNCIAS

- ACHEE, N. L. et al. A critical assessment of vector control for dengue prevention. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 5, e0003655, 2015.
- ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.
- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal**: subproduto 1.D, instrumentos de gestão. Brasília: ADASA, 2024.
- ANDRADE, H. O Clima Urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, v. 40, n. 80, 2005.
- AQUINO JUNIOR, J.; MENDONÇA, F. A. A PROBLEMÁTICA DA DENGUE EM MARINGÁ-PR: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL A PARTIR DA EPIDEMIA DE 2007. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 8, n. 15, p. 157-176, 2012.
- BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, 2009.
- BARCELLOS, C. et al. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 129-138, 2002.
- BARCELLOS, C.; LOWE, R. Expansion of the dengue transmission area in Brazil: the role of climate and cities. **Tropical Medicine & International Health**, v. 19, n. 2, p. 159-168, 2014.
- BARCELLOS, C.; MATOS, V.; LANA, R. M.; LOWE, R. Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. **Scientific Reports**, v. 14, 5948, 2024.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.
- BENITO, L. A. O. et al. Dengue: apontamentos históricos, epidemia no Distrito Federal (DF) em 2024 e imunização com a vacina Qdenga®. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, p. 376-386, 2024.
- BERTALANFFY, L. von. **Teoria geral dos sistemas**: fundamentos, desenvolvimento e aplicações. Tradução de Francisco M. Guimarães. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.
- BESERRA, E. B. et al. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: *Culicidae*) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 853-860, 2006.
- BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013.
- BIRKMAN, J. (ed.). **Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies**. 2. ed. Tokyo: United Nations University Press, 2013.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. Revised ed. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- BRADY, O. J. et al. Modelling adult *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* survival at different temperatures in laboratory and field settings. **Parasites & Vectors**, v. 6, n. 351, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011.** Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. Brasília: Presidência da República, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016.** Brasília: Conselho Nacional de Saúde, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dicionário de dados SINAN Online:** versão 3.0. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. **Monitoramento de Arboviroses.** Brasília: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>. Acesso em: 21 abr. 2026.

BUSS, P. M.; PELLEGRINI FILHO, A. A saúde e seus determinantes sociais. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 17, n. 1, p. 77–93, 2007.

CAIKOSKI, P. S.; MATICOLLI, G. S.; SILVA, L. J. e; SUPERCHINSKI, L. F.; SOEK, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F.; FONTÃO, P. A. B. O Sistema Integrado de Alertas Socioambientais (SISAM): uma concepção baseada no Sistema de Alerta SACDengue. **ES Engineering and Science**, v. 13, n. 4, 2024. Edição Especial.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica, Boa Vista**, v. 8, n. 16, p. 40-55, jan./mar. 2014.

CHIARAVALLLOTI-NETO, F. et al. Avaliação dos resultados de atividades de incentivo à participação da comunidade no controle da dengue em um bairro periférico do município de São José do Rio Preto, São Paulo, e da relação entre conhecimentos e práticas desta população. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 6, p. 1739-1749, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CLEVELAND, R. B.; CLEVELAND, W. S.; MCRAE, J. E.; TERPENNING, I. STL: a seasonal-trend decomposition procedure based on Loess. **Journal of Official Statistics**, v. 6, n. 1, p. 3-73, 1990.

COALSON, J. et al. The Complex Epidemiological Relationship between Flooding Events and Human Outbreaks of Mosquito-Borne Diseases: A Scoping Review. **Environmental Health Perspectives**, v. 129, n. 9, p. 096002, 2021.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal 2020.** Organização: Kássia Batista de Castro e Larissa Ane de Sousa Lima. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2020. ISBN 978-65-00-06473-5.

CODEPLAN. **Índice de Bem-Estar Urbano do Distrito Federal (IBEU-DF).** Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2020.

CODEPLAN. **Projeções populacionais para as Regiões Administrativas do Distrito Federal 2010-2030.** Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2018.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios: PDAD 2021 — Distrito Federal.** Brasília: Codeplan, 2022.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais Mosquitos De Importancia Sanitaria No Brasil.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano.** 4. ed. São Paulo: Ática, 2004. (Série Princípios).

- COSTA, E. A. P. A.; SANTOS, E. M. M.; CORREIA, J. C.; ALBUQUERQUE, C. M. R. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, *Culicidae*). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 488-493, 2010.
- COSTA, S. S. B. et al. Fatores socioambientais e ocorrência de dengue: revisão integrativa. **Saúde em Debate**, v. 45, n. 130, p. 803-818, 2021.
- COUPER, L. I. et al. Evolutionary adaptation under climate change: *Aedes* sp. demonstrates potential to adapt to warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 2, p. e2418199122, 2025.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.
- DESJARDINS, M. R.; CASAS, I.; VICTORIA, A. M.; CARBONELL, D.; DÁVALOS, D. M.; DELMELLE, E. M. Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue, chikungunya, and Zika in Cali, Colombia. **Health & Place**, v. 63, 102339, 2020.
- DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 45.448, de 25 de janeiro de 2024**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, Edição Extra n. 7-A, 2024. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/b76fac8219fb4ee3a08ee00a94fbf9c9/Decreto_45448_25_01_2024.html.
- DISTRITO FEDERAL. **Lei Complementar nº 1.061, de 17 de fevereiro de 2022**. Cria a Região Administrativa Arapoanga — RA XXXIV e a Região Administrativa Água Quente — RA XXXV no Distrito Federal. Brasília: Câmara Legislativa do Distrito Federal, 2022.
- DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R.; ZUBEN, A. P. B. von. Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, n. 30, 2017.
- DOWLE, M.; SRINIVASAN, A. **data.table: extension of 'data.frame'**. R package version 1.18.0, 2025.
- DRUMOND, B. S. M. et al. Dinâmica espaço-temporal da dengue no Distrito Federal, Brasil: ocorrência e permanência de epidemias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 5, p. 1641-1652, 2020.
- DUNNINGTON, D. **ggspatial: spatial data framework for ggplot2**. R package version 1.1.9, 2023.
- ESU, E. et al. Effectiveness of peridomestic space spraying with insecticide on dengue transmission: systematic review. **Tropical Medicine and International Health**, v. 15, n. 5, p. 619-631, 2010.
- FARIA, C. E.; KARAM, R.; SANTOS, A. Agentes-atores na produção de Políticas Públicas Espaciais. In: STEINBERGER, Marília (org.). **Território, agentes-atores e políticas públicas espaciais**. Brasília: Ler Editora, 2017. p. 93-128.
- FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, 2022.
- FERREIRA, H. V. L.; UGEDA JÚNIOR, J. C. O conceito de estrutura térmica espacial urbana no Sistema Clima Urbano de Monteiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 715-729, 2022.
- FERREIRA, M. U. Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 7, n. 3, p. 301-309, 1991.

- FRANCA, R. R.; STEINKE, E. T.; STEINKE, V. A. Eventos pluviiais extremos em Brasília-DF no período 1963-2019. **Revista de Geografia**, v. 12, n. 2, p. 304-319, 2022.
- FREITAS, A. V. Uma política de ordenamento territorial para o Brasil? In: STEINBERGER, Marília (org.). **Território, Estado e políticas públicas espaciais**. Brasília: Ler Editora, 2013. p. 141-162.
- GALESIC, M.; BOSNJAK, M. Effects of questionnaire length on participation and indicators of response quality in a web survey. **Public Opinion Quarterly**, v. 73, n. 2, p. 349-360, 2009.
- GEIGER, R. **Das Klima der bodennahen Luftschicht: ein Lehrbuch der Mikroklimatologie**. Braunschweig: F. Vieweg, 1961.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, L. M. **Dengue no Distrito Federal: uma análise sobre o planejamento das ações de enfrentamento na SES-DF entre os anos de 2017 e 2018**. 2022. Dissertação (Mestrado) — Escola Fiocruz de Governo, Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2022.
- GONÇALVES, G. R.; OLIVEIRA, W. K.; CRODA, J. The greatest Dengue epidemic in Brazil: Surveillance, Prevention, and Control. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 57, p. e00203–2024, 2024.
- GUBLER, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 11, n. 3, p. 480-496, 1998.
- HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HALES, S. et al. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. **The Lancet**, v. 360, n. 9336, p. 830-834, 2002.
- HALSTEAD, S. B. Dengue in the Americas and Southeast Asia: do they differ? **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 20, n. 6, p. 407-415, 2006.
- HALSTEAD, S. B. Dengue. **The Lancet**, v. 370, n. 9599, p. 1644-1652, 2007.
- HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. **Water Resources Research**, v. 18, n. 1, p. 107-121, 1982.
- HOFMANN, G. S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022: Favelas e Comunidades Urbanas — resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
- IPEDF. **Índice de Bem-Estar Urbano do Distrito Federal (IBEU-DF): atualização 2023**. Brasília: Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal, 2023.
- IPEDF. **PDAD 2024 — Distrito Federal: resultados gerais (moradores e domicílios)**. Brasília: Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal, 2024.
- JOHANSSON, M. A.; CUMMINGS, D. A. T.; GLASS, G. Multiyear Climate Variability and Dengue—El Niño Southern Oscillation, Weather, and Dengue Incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: A Longitudinal Data Analysis. **PLOS Medicine**, v. 6, n. 11, p. e1000168, 2009.
- KENDALL, M.; GIBBONS, J. D. **Rank correlation methods**. 5. ed. New York: Oxford University Press, 1990.
- LAGUARDIA, J. et al. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN): desafios no desenvolvimento de um sistema de informação em saúde. **Epidemiologia e Serviços de**

Saúde, v. 13, n. 3, p. 135-146, 2004.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.

LEVORATO, C. D. et al. Fatores associados à procura por serviços de saúde numa perspectiva relacional de gênero. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4, p. 1263-1274, 2014.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932.

LIU-HELMERSSON, J. et al. Vectorial Capacity of *Aedes aegypti*: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, p. e89783, 2014.

LOWE, R. et al. Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: a modelling study. **PLOS Medicine**, v. 15, n. 7, e1002613, 2018.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 4, p. 21-33, 2000.

MELO, M. A. de S.; SILVA, L. L. M. da; MELO, A. L. de S.; CASTRO, A. M. de. Subnotificação no Sinan e fatores gerenciais e operacionais associados: revisão sistemática da literatura. **RAU/UEG — Revista de Administração da UEG**, v. 9, n. 1, p. 25-43, 2018.

MENDONÇA, F. (org.). **A dengue no Brasil: uma perspectiva geográfica**. Curitiba, Brasil: Editora CRV, 2021.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, 2009.

MENDONÇA, F. GEOGRAFIA, GEOGRAFÍA FÍSICA E MEIO AMBIENTE: uma reflexão à partir da problemática socioambiental urbana. **Revista da Anpege**, v. 05, n. 05, p. 123-134, 2009.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, p. 111-118, 2011.

MENDONÇA, F. S. A. U. - **Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade**. In: Impactos socioambientais urbanos. UFPR, 2004. p. 185 - 208.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. 1975. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 1975.

MORIN, C. W.; COMRIE, A. C.; ERNST, K. Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. **Environmental Health Perspectives**, v. 121, n. 11-12, p. 1264-1272, 2013.

NOVAES PINTO, M. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. **Geografia**, v. 11, n. 21, p. 97-109, 1986.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987.

OOI, E. E.; GUBLER, D. J. Dengue in Southeast Asia: epidemiological characteristics and strategic challenges in disease prevention. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. S115-S124, 2009. Suplemento 1.

OPENSHAW, S. **The Modifiable Areal Unit Problem**. Norwich: Geo Books, 1983. (Concepts and Techniques in Modern Geography, 38).

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **State of the Global Climate 2024**. Genebra: OMM, 2025. (WMO-No. 1368).

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Advocacy, communication and social utilization for TB control: a guide to developing knowledge, attitude and practice surveys**. Geneva: World Health Organization, 2008.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **CID-10: classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde**. Versão 1.6c. Brasília: DATASUS, 2012. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/cid10/download.htm>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control**. New edition. Geneva: World Health Organization, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Vector-borne diseases: framework for integrated vector management**. Geneva: World Health Organization, 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Atualização epidemiológica: aumento de casos de dengue na Região das Américas**. Washington, D.C.: OPAS, 18 jun. 2024.

PAVIANI, A. **Brasília: Moradia E Exclusão**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996.

PAZ-BAILEY, G.; ADAMS, L. E.; DEEN, J.; ANDERSON, K. B.; KATZELNICK, L. C. Dengue. **The Lancet**, v. 403, n. 10427, p. 667-682, 2024.

PEBESMA, E. Simple features for R: standardized support for spatial vector data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439-446, 2018.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: Société d'éd. d'enseignement supérieur, 1983.

PNUD; UNOPS. **Guía metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe**. Nova York: PNUD/UNOPS, 1997.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1972.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026.

RAHMAN, M. M. et al. Knowledge, Attitude and Practices Towards Dengue Fever Among Slum Dwellers: A Case Study in Dhaka City, Bangladesh. **International Journal of Public Health**, v. 68, 1605364, 2023.

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. **Mapa pedológico digital: SIG atualizado do Distrito Federal, escala 1:100.000, e uma síntese do texto explicativo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. (Documentos, 120).

REITER, P. Climate change and mosquito-borne disease. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, suppl. 1, p. 141-161, 2001.

REITER, P.; GUBLER, D. J. Surveillance and control of urban dengue vectors. In: GUBLER, D. J.; KUNO, G. (org.). **Dengue and dengue hemorrhagic fever**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 425-462.

- RIBEIRO, L. C. Q.; RIBEIRO, M. G. (org.). **Índice de Bem-Estar Urbano**. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrópoles, 2013.
- RIBEIRO, L. C. Q.; VAZ, L. F. (org.). **Atlas do Bem-Estar Urbano nas Metrópoles Brasileiras**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2017.
- ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil**. 2013. Tese (Doutorado) — UFPR, 2013.
- RYAN, S. J. et al. Global expansion and redistribution of *Aedes*-borne virus transmission risk with climate change. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 3, p. e0007213, 2019.
- SALDANHA, R. F.; BASTOS, R. R.; BARCELLOS, C. Microdatasus: pacote para download e pré-processamento de microdados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 9, e00032419, 2019.
- SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo**. Razão e Emoção. São Paulo, SP: Edusp, 2006.
- SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim Epidemiológico de Dengue: semanas epidemiológicas 01 a 17**. Brasília: GVDT/DIVEP/SVS/SES-DF, Ano 17, n. 17, maio 2022.
- SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim Epidemiológico de Arboviroses**. Brasília: GVDT/DIVEP/SVS/SES-DF, Ano 19, n. 52, dez. 2024.
- SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968.
- SIQUEIRA, R. et al. RELAÇÕES ENTRE A DINÂMICA AMBIENTAL E A DENGUE NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 226-243, 2017.
- SORRE, M. Complexes pathogènes et géographie médicale. **Annales de Géographie**, v. 42, n. 235, p. 1-18, 1933.
- SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Tome I: Les Fondements Biologiques — Essai d'une écologie de l'homme. 3. éd. rev. augm. Paris: Librairie Armand Colin, 1951.
- SOUZA, W. M.; WEAVER, S. C. Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases. **Nature Reviews Microbiology**, v. 22, n. 8, p. 476-491, 2024.
- STEINBERGER, M (org.). **Território, Estado e políticas públicas espaciais**. Brasília: Ler Editora, 2013.
- STEINBERGER, M. et al. (org.). **Território, ambiente e políticas públicas espaciais**. Brasília: Paralelo 15; LGE Editora, 2006.
- STEINKE, V. A. A Dengue no Distrito Federal. In: MENDONÇA, F. (org.). **A dengue no Brasil: uma perspectiva geográfica**. Curitiba: Editora CRV, 2021.
- TAUIL, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. suppl, p. S99-S102, 2001.
- TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. **Informe Epidemiológico do Sus**, v. 8, p. 5-33, 1999.
- THOMSON, M. C.; STANBERRY, L. R. Climate Change and Vectorborne Diseases. **New**

England Journal of Medicine, v. 387, n. 21, p. 1969-1978, 2022.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. **Dengue: teorias e práticas**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2015.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. 2. ed. New York: Springer, 2016.

WONG, D. The Modifiable Areal Unit Problem (MAUP). In: FOTHERINGHAM, A. S.; ROGERSON, P. A. (org.). **The SAGE Handbook of Spatial Analysis**. London: SAGE, 2009. p. 105-123.

APÊNDICE A — INSTRUMENTO DA PESQUISA KAP

Conhecimento, Atitudes e Práticas sobre o Ambiente Urbano e a Prevenção da Dengue no Distrito Federal

Questionário autoaplicado, formulado pelo autor, aplicado em formato digital via Microsoft Forms entre dezembro de 2025 e maio de 2026. Distribuição mista por abordagem presencial (rodoviária do Plano Piloto) e divulgação remota (redes sociais, grupos institucionais da UnB, colaboração de terceiros). Total de respostas válidas obtidas: 137, distribuídas por 24 das 35 Regiões Administrativas do DF.

Apresentação ao respondente e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Meu nome é Cristian Ribeiro e sou pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília (UnB). Gostaria de convidá-lo(a) a participar da pesquisa acadêmica intitulada "Dinâmica Socioambiental e Vulnerabilidade à Dengue no Distrito Federal".

Considerando a emergência de saúde pública decretada no DF devido à dengue em 2024, este estudo busca analisar de forma integrada como o seu conhecimento sobre o clima local, as condições do ambiente em que vivemos e as condições sociais influenciam a ocorrência da dengue nas diferentes Regiões Administrativas do DF.

O objetivo final é fornecer informações que possam fortalecer as estratégias locais de prevenção e controle da doença. Este formulário faz parte da etapa da pesquisa que busca avaliar o Conhecimento, as Atitudes e as Práticas (KAP) da população sobre os riscos da dengue e sua relação com o ambiente urbano e o clima.

Suas respostas anônimas nos ajudarão a compreender como a sociedade percebe o impacto do clima na proliferação do mosquito e quais ações preventivas são adotadas no dia a dia.

Informações Importantes:

- **Participação Voluntária:** Sua colaboração é totalmente voluntária. Você tem o direito de não responder ou interromper o preenchimento a qualquer momento, sem qualquer tipo de prejuízo.
- **Anonimato e Confidencialidade:** As informações coletadas são estritamente confidenciais e anônimas. Nenhum dado que possa identificar você será solicitado ou divulgado. Os resultados serão analisados e utilizados apenas para os fins acadêmicos deste trabalho.
- **Tempo de Duração:** O preenchimento do questionário levará menos de 10 minutos.

Termo de Aceite: Ao prosseguir com o preenchimento deste formulário, você declara que leu

e compreendeu as informações acima, que tem 18 anos ou mais, e que concorda em participar voluntariamente desta dissertação.

Agradeço imensamente sua valiosa contribuição.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, entre em contato:

Cristian Ribeiro da Costa

cristian.costa@aluno.unb.br

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de Brasília (UnB)

Bloco I — Perfil Sociodemográfico e de Moradia

1. Idade (obrigatória)

- ☐ 18 29
- ☐ 30 39
- ☐ 40 49
- ☐ 50 59
- ☐ 60 ou mais

2. Gênero (obrigatória)

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Outro
- ☐ Prefiro não informar

3. Região Administrativa (RA) onde mora (obrigatória)

Lista completa das 35 RAs vigentes em 2024, apresentadas em ordem alfabética: Água Quente, Águas Claras, Arapoanga, Arniqueira, Brazlândia, Candangolândia, Ceilândia, Cruzeiro, Fercal, Gama, Guará, Itapoã, Jardim Botânico, Lago Norte, Lago Sul, Núcleo Bandeirante, Paranoá, Park Way, Planaltina, Plano Piloto, Recanto das Emas, Riacho Fundo, Riacho Fundo II, Samambaia, Santa Maria, São Sebastião, SCIA, SIA, Sobradinho, Sobradinho II, Sol Nascente/Pôr do Sol, Sudoeste/Octogonal, Taguatinga, Varjão, Vicente Pires.

4. Há quanto tempo mora nesta RA? (obrigatória)

Lista de opções de menos de 1 ano a 65 anos, em incrementos anuais.

5. Qual seu nível de escolaridade? (obrigatória)

- ☐ Não alfabetizado
- ☐ Ensino Fundamental incompleto/completo
- ☐ Ensino Médio incompleto/completo
- ☐ Ensino Superior incompleto/completo
- ☐ Pós-graduação

6. Qual a renda mensal aproximada da sua família? (obrigatória)

- ☐ Até 1 salário mínimo
- ☐ De 1 a 3 salários
- ☐ De 3 a 5 salários
- ☐ Acima de 5 salários

7. Tipo de moradia (obrigatória)

- ☐ Casa
- ☐ Apartamento
- ☐ Outro

8. Sua residência possui quintal ou área externa? (obrigatória)

- ☐ Sim
- ☐ Não

9. Como é o abastecimento de água em sua casa? (obrigatória)

- ☐ Rede geral (CAESB), sem interrupções
- ☐ Rede geral (CAESB), com interrupções/acionamento
- ☐ Poço/cisterna
- ☐ Outro

10. Você costuma armazenar água em casa? (Ex: em baldes, tonéis, caixas d'água destampadas) (obrigatória)

- ☐ Sim, frequentemente
- ☐ Sim, às vezes
- ☐ Não

11. Como o lixo da sua casa é descartado? (obrigatória)

- ☐ Coleta pública regular
- ☐ Jogado em terreno baldio
- ☐ Queimado
- ☐ Outro

Bloco II — Conhecimento sobre Dengue e Clima

Para as perguntas 12 a 20, responda com Verdadeiro, Falso ou Não Sei.

12. *A dengue é transmitida pela picada do mosquito Aedes aegypti. (Resposta correta: Verdadeiro)**

13. **O mosquito da dengue se reproduz principalmente em água suja e poluída.** *(Resposta correta: Falso)*

14. **O mosquito da dengue tem hábitos principalmente noturnos?** *(Resposta correta: Falso)*

15. **Uma pessoa pode pegar dengue mais de uma vez.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

16. **Febre alta, dor de cabeça e dor no corpo são sintomas de dengue.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

17. **Já existe vacina contra a dengue disponível no SUS do DF.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

18. **Dias mais quentes e com muito sol aumentam o risco de dengue.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

19. **Períodos de chuvas frequentes e intensas aumentam o risco de dengue.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

20. **Períodos de seca podem aumentar o número de mosquitos da dengue, pois as pessoas armazenam mais água.** *(Resposta correta: Verdadeiro)*

Para cada item, as opções de resposta foram: ☐ Verdadeiro ☐ Falso ☐ Não Sei.

Bloco III — Atitudes diante do Risco

21. Para cada uma das afirmações abaixo, indique seu grau de concordância.

Escala Likert de cinco pontos, com as seguintes opções: () Discordo Totalmente () Discordo () Indiferente () Concordo () Concordo Totalmente.

21.1 Eu me sinto muito vulnerável a pegar dengue na minha RA.

21.2 A dengue é uma doença grave que pode levar à morte.

21.3 Acredito que as estações do ano em Brasília (período seco e período chuvoso) têm grande influência no aumento de casos de dengue.

21.4 A responsabilidade principal de combater a dengue é do governo (ex: fumacê, visitas de agentes).

21.5 A responsabilidade principal de combater a dengue é de cada morador, cuidando da sua própria casa.

21.6 O acúmulo de lixo e entulho nas ruas do meu bairro contribui muito para a proliferação do mosquito.

21.7 Eu confio nas ações da Secretaria de Saúde para controlar a dengue no DF.

21.8 O "fumacê" (aplicação de inseticida) é a forma mais eficaz de acabar com a dengue.

21.9 Acredito que minha família e eu estamos bem informados sobre como prevenir a dengue.

21.10 Mesmo com rede de esgoto e coleta de lixo, o risco de dengue no meu bairro ainda é alto.

Bloco IV — Práticas de Prevenção

22. Com que frequência você ou alguém da sua casa adota as seguintes práticas? (obrigatória)

Escala de cinco pontos, com as seguintes opções: () Nunca () Raramente () Às vezes () Frequentemente () Sempre.

22.1 Verifica as dependências da sua residência (incluindo áreas internas e externas, como vasos de planta, ralos e recipientes) para eliminar água parada.

22.2 Mantém a caixa d'água ou outros recipientes de armazenamento de água bem tampados.

22.3 Usa repelente corporal para se proteger de picadas de mosquito.

22.4 Usa telas em janelas e portas.

22.5 Descarta lixo e objetos que possam acumular água em locais adequados.

22.6 Participa de mutirões de limpeza ou ações comunitárias de combate à dengue no seu bairro.

23. Se você NÃO realiza algumas dessas práticas com frequência, qual o principal motivo?

(Pode marcar mais de uma ou nenhuma)

- ☐ Falta de tempo
- ☐ Custo (ex: repelente, telas)
- ☐ Esquecimento / Falta de hábito
- ☐ Não acho que faça muita diferença
- ☐ É responsabilidade do governo, não minha
- ☐ Outro

Bloco V — Fontes de Informação

24. Por quais meios você mais recebe informações sobre a dengue e como se prevenir?

(obrigatória)

(Pode marcar até 3 opções)

- ☐ Televisão
- ☐ Rádio
- ☐ Internet (portais de notícias, sites)
- ☐ Redes Sociais (Facebook, Instagram, etc.)
- ☐ WhatsApp
- ☐ Agentes de saúde que visitam a casa
- ☐ Posto de Saúde / Hospital
- ☐ Escola / Trabalho
- ☐ Amigos, família, vizinhos
- ☐ Cartazes e panfletos
- ☐ Outro