
Time lag: impacto das condições climáticas e prevalência dos casos de dengue em Ribeirão Preto/SP

Time lag: impact of weather conditions and prevalence of dengue cases in Ribeirão Preto/SP

Luiza Burger da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6796-4380>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: luizaburger@gmail.com

César Augusto Antônio

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7801-4381>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: cesarptg@outlook.com

Jacquelyne Célly Oliveira Mazão

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0137-7269>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: jacquelynemazao@gmail.com

Paula Márcia Pereira Guerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9916-4539>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: paulampg2015@gmail.com

Beatriz Cristina Barcellos Covre

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1710-2448>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: beatrizbarcelloscovre@gmail.com

Carla Duque Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0702-5043>

Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Brasil

E-mail: carla.duque@estacio.br

RESUMO

A dengue, doença emergente e reemergente, de padrão sazonal e transmissão multifatorial, ocorre em regiões de condições climáticas favoráveis. Um dos principais impactos econômicos da dengue é o custo do tratamento e a perda de produtividade acarretada. O presente trabalho teve por objetivo correlacionar o lapso temporal entre condições climáticas favoráveis e o pico de contaminação por dengue no município de Ribeirão Preto - SP. Foram analisados os dados epidemiológicos e os dados meteorológicos referentes aos anos de 2017-2022. Os resultados mostraram a existência de um lapso temporal entre o período de condições climáticas favoráveis à propagação do vetor. Verificamos que o time lag existente equivale a um período de defasagem de até quatro meses subsequentes, sendo os efeitos mais notórios nos dois primeiros meses. A partir disso, é possível concluir que há um tempo hábil para a criação de um sistema de alerta precoce por parte das autoridades de saúde pública poderia gerar redução no número de contaminações, menor alocação de recursos para o enfrentamento da doença e resultar em melhora na produtividade.

Palavras-chave: Dengue; Endemia; *Aedes aegypti*.

ABSTRACT

Dengue, an emerging and re-emerging disease, with a seasonal pattern and multifactorial transmission, occurs in regions with favorable climatic conditions. One of the main economic impacts of dengue is the cost of treatment and the loss of productivity it entails. The present work aimed to correlate the time lag between favorable weather conditions and the peak of dengue contamination in the municipality of Ribeirão Preto - SP. Epidemiological data and meteorological data for the years 2017-2022 were analyzed. The results showed the existence of a time lag between the period of climatic conditions favorable to the propagation of the vector. We found that the existing time lag is equivalent to a lag period of up to four subsequent months, with the effects being most noticeable in the first two months. From this, it is possible to conclude that there is enough time for the creation of an early warning system by public health authorities that could generate a reduction in the number of contaminations, less allocation of resources to combat the disease and result in an improvement in the productivity.

Keywords: Dengue; Endemic; *Aedes aegypti*.

INTRODUÇÃO

Acometendo de 100 a 400 milhões de pessoas por ano, a dengue é uma doença emergente e reemergente, de padrão sazonal e transmissão multifatorial, sendo a arbovirose que mais afeta o homem na atualidade (FIGUEIREDO *et al.*, 2014). Sua ocorrência mundial se dá, preponderantemente, em regiões de clima tropical e subtropical, devido às condições favoráveis presentes nesses países, tais como: alteração e variação climática, perfil pluviométrico, crescimento populacional, processo de urbanização, ineficiências de programas que visam o controle do vetor, entre outras (SOUZA *et al.*, 2021; VIANA; IGNOTTI, 2013).

No Brasil, país tropical de grande extensão territorial, com temperaturas elevadas e chuvas abundantes na maior parte do território, a doença está presente em todos os Estados e em grande número de municípios, registrando maior concentração de casos na região abrangida pelo Clima Tropical Brasil Central (VIANA; IGNOTTI, 2013), o qual se localiza no espaço territorial das regiões sudeste e centro-oeste e em grande parte da região nordeste. No ano de 2022, o Brasil registrou o maior número de casos absolutos da doença na América Latina, 2.383.002 de registros, enquanto a Nicarágua; o segundo colocado, registrou 97.541 mil casos (OPAS/OMS, 2023). Quando consideramos os dados ajustado para 100.000 habitantes, a Nicarágua registrou 1.463 casos por 100.000 habitantes, enquanto o Brasil notificou 1.117 casos por 100.000 habitantes (OPAS/OMS, 2023).

Sendo endêmica no Brasil, essa arbovirose impacta socioeconomicamente o país, servindo de base para a elaboração de políticas públicas e medidas sanitárias destinadas ao combate da doença. De acordo com Martelli *et al.* (2015), o custo estimado do tratamento da dengue no Brasil aproxima-se de US\$ 468 milhões/ano. Neste valor estão incluídas apenas despesas ambulatoriais e de hospitalização, no âmbito público e no privado, excluídos custos indiretos e não sendo considerados os casos não notificados.

No Estado de São Paulo, os primeiros casos da doença foram registrados em 1987, se tornando endêmica nos anos subsequentes devido à sua presença e recorrência contínuas. A maior incidência registrada no Estado foi no ano de 2015, totalizando um número de 1.597 casos, ou seja, 16 casos a cada 100 mil habitantes (SÃO PAULO, 2022). Em uma visão micro, o município de Ribeirão Preto, localizado no nordeste do Estado de São Paulo, apresenta histórico de epidemias de dengue que datam da década de 90 e,

desde o ano de 2006, a incidência da doença vem apresentando um padrão crescente (GABRIEL *et al.*, 2018). Segundo este mesmo estudo, foram registrados 123.078 casos de infecção em Ribeirão Preto, correspondendo a 6% do número total registrados no Estado, entre os anos 2000 e 2016. No município paulista, assim como no restante do país, a doença apresentou um padrão cíclico, variando entre períodos de latência e de picos de contaminação (GABRIEL *et al.*, 2018).

No contexto fisiopatológico, a dengue possui quatro subtipos da doença que são capazes de evoluir de forma patogênica: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (MARTINA; KORAKA; OSTERHAUS, 2009). A maioria dos doentes apresentam sintomas leves, como febre, náusea, erupções cutâneas, dores musculares e de cabeça, ou até mesmo assintomáticos. Entretanto, cerca de 5% dos infectados evoluem com a forma grave da doença, ou seja, a dengue hemorrágica e a síndrome do choque associada à doença, que podem se manifestar por meio de extravasamento capilar e alteração na coagulação sanguínea levando a morte dos pacientes infectados (KHANAM *et al.*, 2022).

Quando consideramos o vetor da dengue, o mosquito *Aedes aegypti*, de origem africana, pertence à família Culicidae, facilmente diferenciado dos demais mosquitos por meio de sua coloração preta com manchas brancas no tórax e abdome. Apresentam ciclo de vida duplo, no qual as larvas e pupas se desenvolvem em ambientes aquáticos, sendo os indivíduos adultos terrestres. São organismos que se adaptaram bem aos ambientes antropizados nos quais as fêmeas da espécie, hematófagas, encontram todos os recursos necessários para procriação da espécie no clima tropical brasileiro. Ávidas por sangue, se alimentam para o desenvolvimento e deposição dos ovos, que, em ambientes urbanos, ocorre na superfície de frascos plásticos, garrafas ou qualquer material que possa acumular água. Assim, períodos chuvosos são facilitadores para a formação de logradouros propícios a se tornarem um criadouro ideal (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Em relação ao ciclo reprodutivo do mosquito, Mohamed e Chadee (2011) realizaram um estudo que mostrou que o tempo de desenvolvimento do primeiro estágio larval ao adulto pode variar de 7 a 10 dias em temperaturas amenas, porém é reduzido para 6 a 7 dias em ambientes mais quentes. Ou seja, o tempo de desenvolvimento do mosquito até a fase adulta pode ser reduzido pelo calor, pois seu metabolismo fica mais acelerado. Dessa forma, a temperatura é apontada como um fator crucial para o desenvolvimento das larvas do mosquito, bem como interfere diretamente no tamanho

dos adultos emergidos (BAR-ZEEV, 1958; TUN-LIN *et al.*, 2000). Em temperaturas entre 24° C e 25° C é registrado o maior índice de eclosão dos ovos do mosquito vetor, correspondendo a 98% das registradas após um período de 48 horas. O valor decresce significativamente, conforme as temperaturas se elevam, apresentando brusca redução em temperaturas de 30°C (20% de eclosão no mesmo período) e praticamente inexistente em temperaturas de 35°C (1,6% de eclosão) (MOHAMED; CHADEE, 2011).

Tanto a conexão do aumento da incidência da doença com os fatores climáticos, quanto a existência desse *time lag*, que seria o lapso temporal existente entre a ocorrência de condições meteorológicas ideais e o aumento no número de casos, já foram tema de estudos. Por exemplo, Viana e Ignotti (2013) reforçam “o fator abiótico da chuva” como “importante para a produção de larvas, pupas e ocorrência da dengue”. Segundo os autores, há três aspectos que influenciam na sazonalidade do *Aedes Aegypti* e, por conseguinte, no aumento de infectados, sendo eles: elevação nas temperaturas terrestres e oscilações relacionadas à umidade relativa do ar e dos níveis de chuva (KARIM *et al.*, 2012). Isso ocorre devido a esses fatores impactarem na disponibilidade de locais para os vetores depositarem seus ovos (criadouros), influenciando, assim, no desenvolvimento dos mosquitos e em epidemias da doença (VIANA; IGNOTTI, 2013; HORTA *et al.*, 2014; RAMADONA *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2018).

No município de Ribeirão Preto/SP, a dengue apresenta padrão endêmico, o que pode estar atrelado ao clima tropical, com verões quentes e úmidos e invernos secos e suaves (RIBEIRÃO PRETO, 2019). A doença se evidencia nos meses em que há um maior volume de chuvas, reforçando a importância da vigilância e de atividades educativas com a população, em especial nestes períodos.

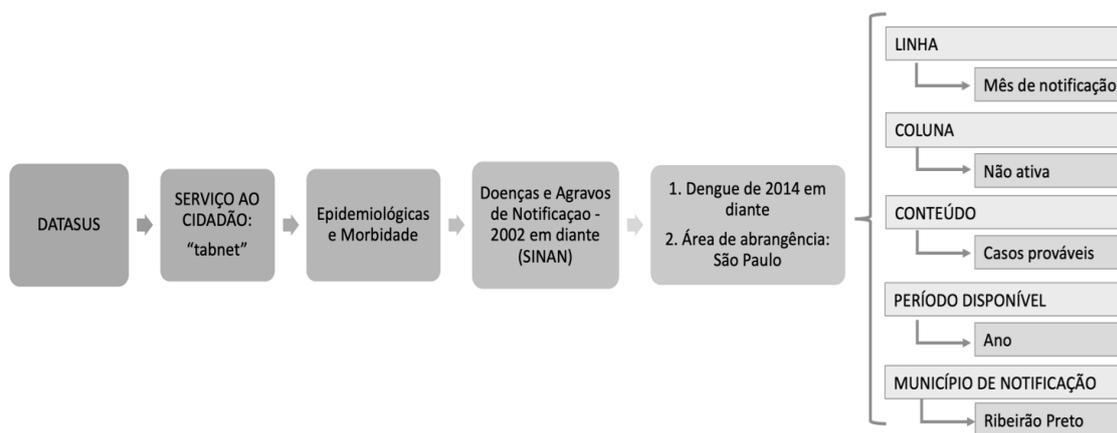
Compreender a janela entre a multiplicação dos mosquitos e a incidência da transmissão do vírus se torna vital como uma poderosa ferramenta de prevenção/redução dos números de casos de dengue na região, somando às demais medidas preventivas preconizadas, como: participação ativa da população, eliminação dos criadouros, descarte de lixo em terrenos baldios, mantendo garrafas com a boca virada para baixo, minimizando assim o risco de proliferação do mosquito (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

METODOLOGIA

A pesquisa tem um caráter quantitativo, descritivo, exploratório, retrospectivo para determinar e correlacionar o lapso temporal climático e a ocorrência das endemias por dengue na cidade. Para tal, foram coletados dados epidemiológicos referentes a notificações dos casos de dengue no município de Ribeirão Preto/SP (delimitação geográfica) entre os anos de 2017-2022 (delimitação temporal) e os dados climatológicos (temperaturas mínimas, máximas e médias; precipitações) do município para o mesmo período.

Os dados epidemiológicos foram fornecidos pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do Governo Federal, sendo coletados por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), no serviço ao cidadão “tabnet”. Dentro da plataforma do “tabnet”, selecionar área “Epidemiológicas e Morbidade” e sub-área “Doenças e Agravos de Notificação – 2007 em diante (SINAN)”, selecionando a opção “Dengue de 2014 em diante” na área de abrangência do Estado de São Paulo. Seguindo, serão selecionados os seguintes filtros para gerar os dados: linha – mês de notificação; coluna – não ativa; conteúdo – casos prováveis; período disponível – selecionar o ano a ser buscado; município de notificação – Ribeirão Preto. Após todos os filtros selecionados, foi gerada a tabela com dados (Figura 1).

Figura 1 – Coleta de Dados



Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

Os dados climatológicos foram disponibilizados pelo Instituto Agrônomo (IAC) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, com sede em Campinas/SP, via correio eletrônico.

RESULTADOS

Foram analisados os dados de notificação de dengue no município de Ribeirão Preto dos anos de 2017 a 2022. Neste período, foram registrados 43.203 casos da doença. Foi possível identificar a influência das condições climáticas (temperatura e precipitação) no número de casos da doença. O aumento da incidência ocorre, em especial, no período compreendido entre os meses de janeiro e maio. Entretanto, é importante notar que o aumento ocorre subsequente aos meses de elevada precipitação, podendo variar de ano para ano (Tabela 1).

Tabela 1 – Casos prováveis de Dengue em Ribeirão Preto/SP

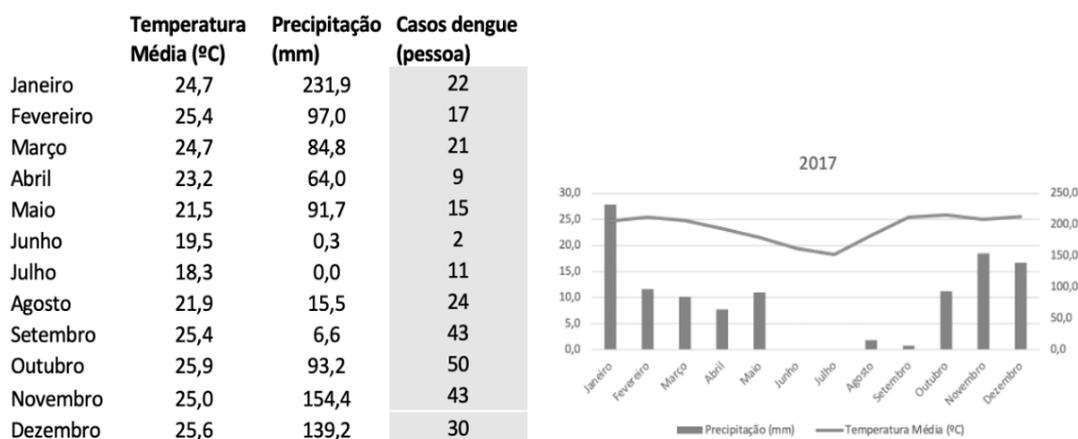
Mês de Notificação	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Janeiro	22	37	216	2604	22	49
Fevereiro	17	33	901	6527	65	166
Março	21	43	1741	5517	63	955
Abril	9	38	4261	2202	93	2311
Mai	15	42	5077	1006	94	2492
Junho	2	25	1910	222	31	1141
Julho	11	10	567	107	22	458
Agosto	24	10	93	43	10	270
Setembro	43	2	67	30	10	140
Outubro	50	8	67	12	15	101
Novembro	43	10	117	17	19	80
Dezembro	30	27	295	71	37	317
Total:	287	285	15312	18358	481	8480

Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

Para compreendermos o padrão cíclico da doença, analisamos cada ano relacionando os índices pluviométricos, a diferença de temperatura e o número de casos notificados. Podemos perceber que, em 2017, os meses de maiores precipitações foram os meses de verão, em evidência, os meses de janeiro e dezembro (231,9 mm e 139,2 mm,

respectivamente). Além disso, percebe-se que em maio de 2017 o volume de chuva foi maior do que a média registrada, quando comparado aos outros anos analisados nesse estudo. A temperatura média se manteve próxima aos 25°C pela maior parte do ano (janeiro – março e setembro – dezembro), sendo propícia à proliferação dos mosquitos. Quando analisamos em conjunto com as notificações de casos de dengue, nota-se uma diminuição significativa dos casos durante o inverno, quando as temperaturas caem para uma média de 18-19°C nos meses de junho e julho. O ano de 2017 apresenta um dado interessante: o aumento do registro de casos em agosto e setembro. As notificações, que eram de 11 casos em junho, passam para 24 em agosto e 43 em setembro. Uma explicação para este fato está justamente nas chuvas prolongadas até o mês de maio (Figura 2).

Figura 2 – Temperatura média, precipitação e notificação de casos de dengue em 2017

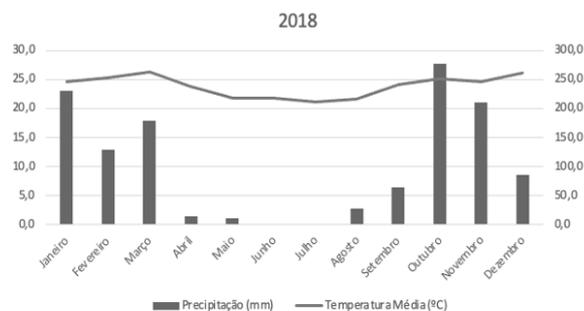


Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

No ano de 2018, a maior concentração de chuvas também foi nos meses iniciais e finais do ano, entretanto, algumas diferenças podem ser notadas. A quantidade de chuva foi alta entre os meses de janeiro, fevereiro e março, com uma diminuição significativa em abril. O mês de abril de 2018, diferente de 2017, que registou 97,7 mm de chuva, alcançou apenas 15,5 mm. O índice de precipitações volta a subir a partir do mês de setembro, atingindo os maiores níveis em outubro e novembro (277,6 mm e 212,1 mm). As temperaturas no ano de 2018 foram mais amenas, sendo que a menor média (21,2°C) foi no mês de julho. Já os casos registrados foram de maior incidência no início do ano, entre os meses de janeiro (37 casos) e maio (42 casos). Em geral, nos anos de 2017 e 2018, observa-se um número de notificações de casos de dengue relativamente baixo, mesmo nos meses de verão (Figura 3).

Figura 3 – Temperatura média, precipitação e notificação de casos de dengue em 2018

	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)	Casos dengue (pessoa)
Janeiro	25,6	210,8	37
Fevereiro	25,3	130,0	33
Março	26,4	179,6	43
Abril	23,9	15,5	38
Maio	21,8	11,7	42
Junho	21,8	0,0	25
Julho	21,2	2,0	10
Agosto	21,6	28,4	10
Setembro	24,2	64,2	2
Outubro	25,2	277,6	8
Novembro	24,6	212,1	10
Dezembro	26,2	86,6	27

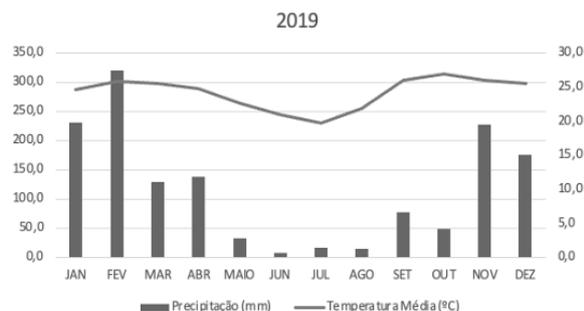


Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

Em 2019, é possível notar uma grande diferença no número de casos de dengue notificados. O menor índice de 2 casos por mês, registrado tanto em 2017 quanto em 2018, subiu para 67 casos/mês, um aumento de mais de 30 vezes. Já os maiores registros foram de 4.261 e 5.077 casos em abril e maio, respectivamente. Por outro lado, o nível de precipitação e a média de temperatura seguiram o mesmo padrão dos outros anos. As chuvas se concentraram nos meses iniciais e finais do ano, sendo que fevereiro registrou 320,8 mm. O índice de precipitação começou a cair em maio, totalizando 34,3 mm, e registrou apenas 7,6 mm em junho. Em novembro, a precipitação volta a atingir 3 dígitos, alcançando 227,6 mm. O verão do ano de 2019 registrou maiores temperaturas entre os meses de setembro e novembro, marcando a média de 26,5°C (Figura 4).

Figura 4 – Temperatura média, precipitação e notificação de casos de dengue em 2019

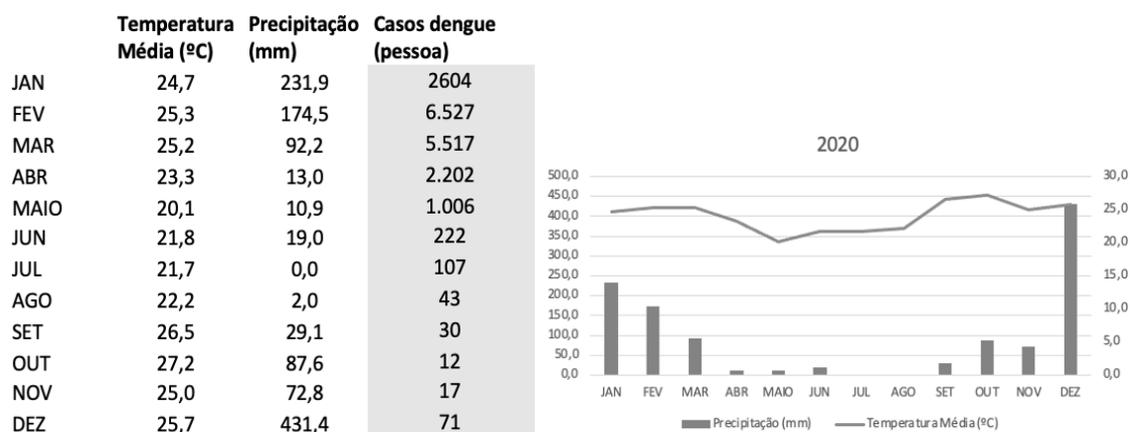
	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)	Casos dengue (pessoa)
JAN	24,7	231,9	216
FEV	25,9	320,8	901
MAR	25,5	129,3	1741
ABR	24,8	138,9	4261
MAIO	22,7	34,3	5077
JUN	20,9	7,6	1910
JUL	19,8	17,8	567
AGO	22,0	14,7	93
SET	26,0	78,7	67
OUT	27,0	49,8	67
NOV	26,0	227,6	117
DEZ	25,6	177,0	295



Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

No ano de 2020, os três primeiros meses do ano registraram índices de chuva superiores aos demais meses, com exceção de dezembro, quando o nível de chuva atingiu mais de duas vezes os registros dos meses de dezembro analisados, chegando a 431,4 mm. Já no período de menor pluviosidade destacam-se os meses de julho e agosto, quando foram registrados 2 mm em cada. Os meses de setembro e outubro foram os mais quentes, quando o termômetro alcançou uma média de 26,5 °C e 27 °C. Já no inverno, as temperaturas médias foram em torno de 21°C. Seguindo a tendência ascendente nos casos de dengue encontrada em 2019, as notificações de 2020 foram altas no início do ano, entre os meses de janeiro a maio. Em especial, fevereiro notificou 6.225 casos e março 5.517. Os casos diminuíram a partir de junho e se mantiveram relativamente baixos até janeiro de 2021. É importante ressaltar que o ano de 2020 foi marcado pela primeira onda da COVID-19 (PINTO, 2023) no Brasil, por isso, os números reportados podem estar subnotificados (Figura 5).

Figura 5 – Temperatura média, precipitação e notificação de casos de dengue em 2020

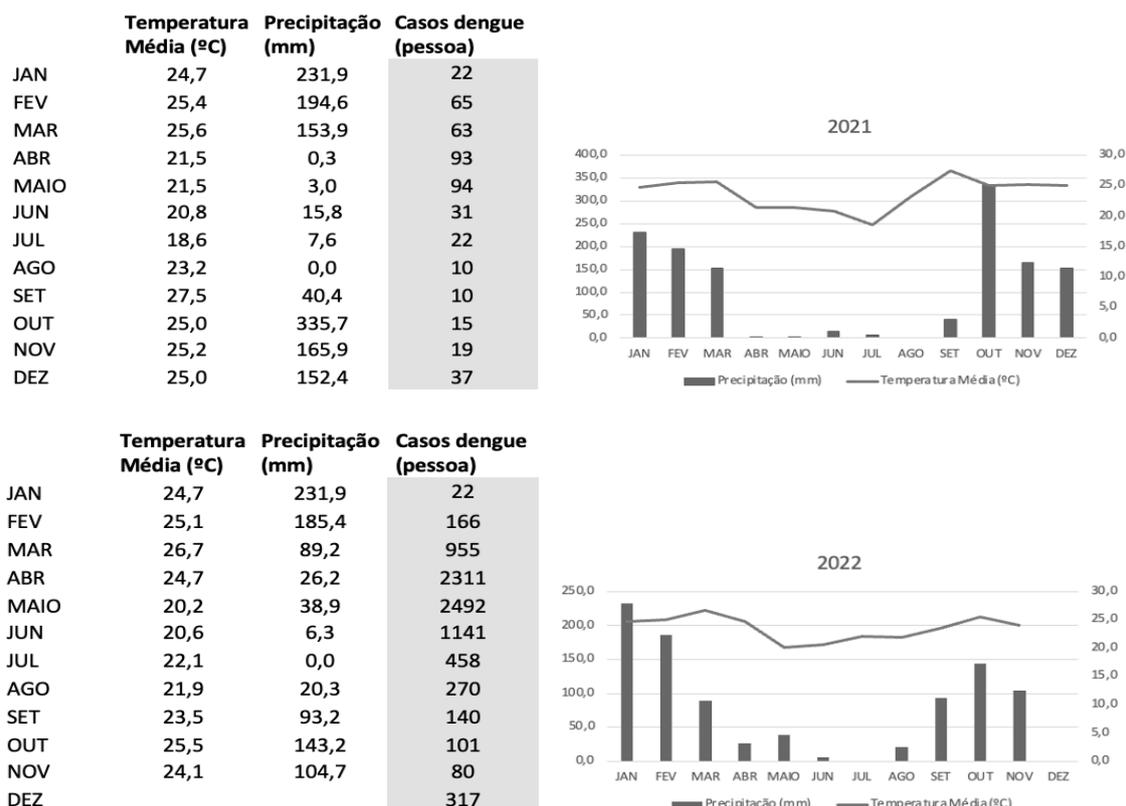


Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

No ano de 2021 há uma grande carência nos índices de precipitação, sendo que o período de 06 de abril até 07 de maio não possui registro no IAC. Entretanto, o mesmo padrão é observado quando comparado aos anos anteriores, com verões chuvosos e invernos mais secos. Em relação aos meses finais do ano, outubro destaca-se por ter apresentado volume muito maior do que nos outros anos, totalizando 335,7 mm. Levando em consideração a temperatura média, setembro foi o mês mais quente, quando os termômetros registraram 27°C. Já o mês de julho foi o mais frio, com uma média de 18,6°C. Os outros meses seguiram o padrão dos demais anos analisados, sendo que a

temperatura no verão permaneceu por volta de 25°C. Os casos de dengue foram relativamente baixos, até para os meses iniciais do ano, quando há maior número notificações. Uma possível explicação pode estar conectada à subnotificação causada pelas segunda e terceira onda do COVID-19 (PINTO, 2023) (Figura 6).

Figura 6 – Temperatura média, precipitação e notificação de casos de dengue em 2021 e 2022

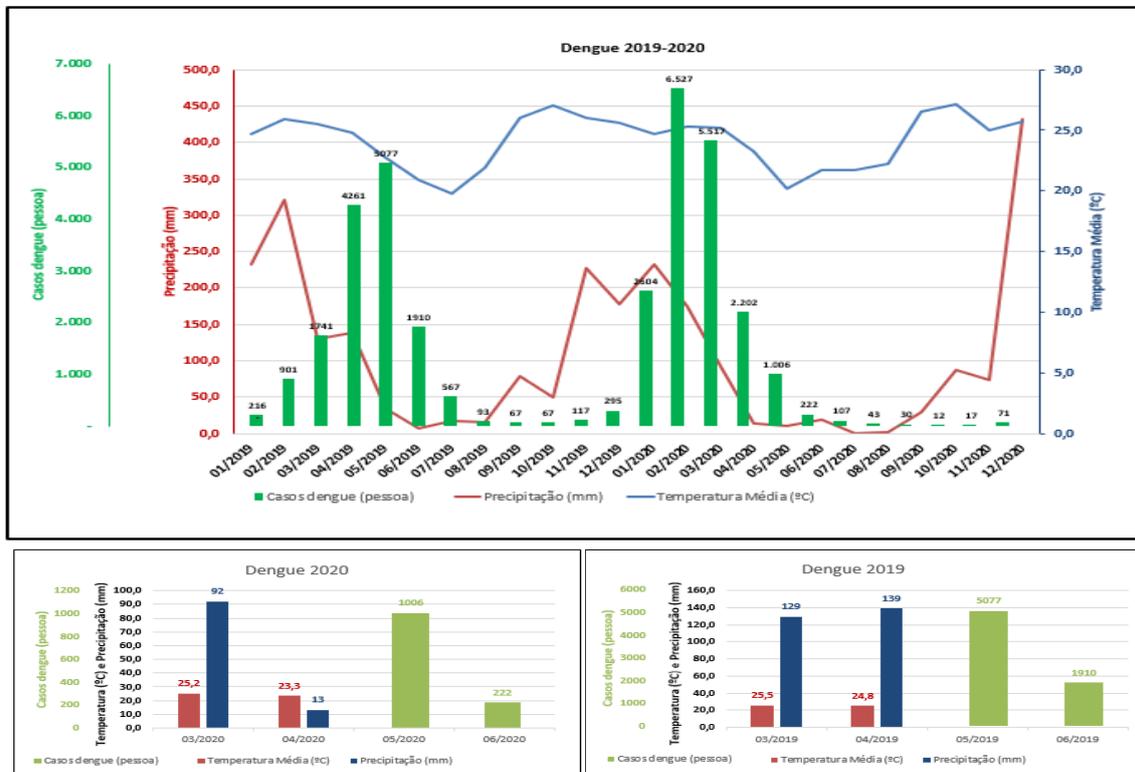


Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

Por último, o ano de 2022 registrou índices pluviométricos e climáticos dentro do padrão já encontrado. Os períodos de chuva se estenderam de janeiro a março e de outubro a novembro. Salienta-se que, quando da coleta de dados, ainda não estavam disponíveis os registros de dezembro. As temperaturas se mantiveram em torno de 25°C no verão e 21°C no inverno. Os casos de dengue, entretanto, diferente do ano de 2021, registram altos índices a partir de março, atingindo um total de 2.492 casos em maio. As notificações começaram a diminuir gradativamente de julho até novembro, voltando a subir em dezembro (Figura 6).

No geral, é importante notar que os períodos de maior precipitação são os meses iniciais (janeiro a abril) e finais do ano (novembro e dezembro). Durante esses períodos, a média de janeiro a abril ficou acima de 110 mm em todos os anos analisados, sendo 2019 o ano de maior média, totalizando 205,22 mm. Semelhantemente, novembro e dezembro também apresentam elevados valores de pluviosidade média. O ano de 2020 registrou a maior média de novembro/dezembro, marcando 252,1 mm. Nesse período chuvoso, conseguimos identificar as maiores incidências da doença. Já os meses de menor precipitação, entre maio e agosto, são aqueles com menor registro de casos novos (Figura 7).

Figura 7 – Precipitação média comparativa entre os anos de 2019-2020



Fonte: Silva, Antônio, Mazão, Guerra, Covre, Lopes (2023)

Ao realizar uma comparação entre os anos de 2019 e de 2020, é possível verificar de forma bastante clara o lapso temporal existente entre a ocorrência do binômio temperatura favorável-precipitações e o número aumentado de casos da doença de dois a quatro meses subsequentes. Em 2019, os índices de precipitação permaneceram em patamar elevado ainda nos meses de março e de abril, registrando 129,3 mm e 138,9 mm respectivamente. A ocorrência desse período chuvoso tardio propiciou um incremento no

número de casos ainda nos meses de maio (5.077 casos) e junho (1.910 casos), apesar de terem registrado temperaturas mais amenas e baixa precipitação.

No ano de 2020, o mês de março registrou índice de precipitação de 92,2 mm e o mês de abril apenas 13 mm, o que representa um decréscimo de 28,69% e de 90,64%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Apesar das temperaturas terem se mantido bastante equivalentes às de 2019 para os meses em destaque, os baixos índices pluviométricos impactaram de forma importante nos números de casos registrados, apresentando uma redução de 80,18% de casos no mês de maio e de 88,37% no mês de junho, os quais registraram, 1.066 casos (maio) e 222 casos (junho) de dengue.

Em suma, a diferença pluviométrica de 125,9 mm de chuva dos meses de abril dos anos de 2019 e 2020 resultou em uma diferença de 8,60 vezes no número de casos registrados da doença no mês de junho de cada um dos anos. Assim, considerando o período detalhado, é possível concluir que, ao ultrapassar o limiar de 50 mm de chuva, em temperaturas propícias à procriação do mosquito vetor, já se espera um incremento no número de casos, demonstrando ser o primeiro sinal de alarme para uma alta nos atendimentos de dengue após dois meses. Se o índice de precipitação ultrapassar os 100 mm, dentro do mesmo padrão de temperatura, as autoridades sanitárias devem se preparar para um grande impacto no número de atendimentos, representando um aumento de mais de 8 vezes, conforme detalhado.

DISCUSSÃO

Diversos estudos corroboram com os nossos resultados constatando que a ocorrência de períodos chuvosos combinados com a temperatura está fortemente associada ao aumento no número de notificações da doença, impactando nos quatro meses subsequentes, sendo os efeitos mais notáveis nos dois primeiros meses (RIBEIRO *et al.*, 2006; KARIM *et al.*, 2012; BANU *et al.*, 2013; RAMADONA *et al.*, 2016; AMELINDA *et al.*, 2022). Estudos realizados em outros municípios do país (DIBO, 2008; DRUMOND, 2020; RIBEIRO, 2006) observaram resultados semelhantes e consistentes com os por nós obtidos.

Os fatores abióticos temperatura e umidade são cruciais à proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, o que inclui a depositura de ovos e seu ciclo até a fase adulta, sendo, portanto, potenciais desencadeadores de novos surtos por dengue. A temperatura

é fator fundamental no ciclo reprodutivo do mosquito, influenciando no índice de eclosão de ovos, na sobrevivência larval e no ciclo reprodutivo (BAR-ZEEV, 1958; TUN-LIN *et al.*, 2000).

As temperaturas de desenvolvimento ótimo do mosquito, nas quais ocorre o maior índice de eclosão dos ovos, é entre 24° C e 25° C (MOHAMED; CHADEE, 2011). Dentre os anos estudados, Ribeirão Preto apresentou temperaturas médias que variam de 23° C a 26° C entre os meses de novembro e abril, situando-se dentro do patamar em que melhor eclodem os ovos do vetor. O fator temperatura atrelado ao aumento das precipitações no período cria o cenário ideal à proliferação do *Aedes aegypti* até sua fase de transmissão ativa da doença, o que ocorre num período de defasagem de até 4 meses (KARIM *et al.*, 2012; BANU *et al.*, 2013). Esses dados são condizentes com os resultados encontrados, os quais trazem que a partir do mês de maio os números de notificações da doença começam a reduzir, havendo, de modo geral, queda significativa no mês de agosto em comparação aos quatro meses anteriores.

Entre os meses de maio e agosto, as temperaturas se mostram reduzidas, sendo as médias registradas entre 18° C e 23° C, assim como o volume das precipitações que sofre queda significativa, caracterizando o inverno seco e suave. Esse quadro de temperaturas amenas e baixa precipitação é desfavorável ao ciclo reprodutivo do vetor que depende desses fatores abióticos para o surgimento de locais propícios ao seu desenvolvimento. Com isso, temos como resultados baixos números de notificações de contaminação por dengue de julho a outubro no município de Ribeirão Preto, em conformidade com outros estudos já realizados (GABRIEL *et al.*, 2018), mais uma vez demonstrando a relação entre as condições favoráveis e o surgimento de casos, com um período de defasagem de dois a quatro meses (KARIM *et al.*, 2012; BANU *et al.*, 2013).

A eclosão tem seu índice gradativamente decrescido conforme as temperaturas se elevam, assim, com 30° C há uma brusca redução e praticamente inexistente em temperaturas de 35° C (MOHAMED; CHADEE, 2011). Historicamente, os meses de setembro e de outubro são os meses mais quentes do ano no município de Ribeirão Preto, frequentemente ultrapassando os 30° C. Assim, apesar das precipitações começarem a avançar nesse período, os números de casos da doença começam a subir timidamente apenas no mês de novembro. Tal fato possivelmente está atrelado à reduzida eclosão dos ovos em temperaturas mais elevadas e é biologicamente respaldado pelo ciclo do mosquito.

Como já estabelecido, o desenvolvimento ótimo se deve a dois fatores: pluviosidade e temperaturas adequadas. Sabendo que o desenvolvimento máximo do *Aedes aegypti* se dá entre 25 e 30° C, é importante destacar que, com o decréscimo de um grau Celsius na temperatura, a viabilidade da eclosão já é fortemente reduzida, dessa forma, não basta apenas que se ultrapasse o limiar sugerido como parâmetros de alerta.

Os meses de março e de abril de 2020, além de mais secos, tiveram temperatura média inferior, sendo que o mês de abril apresentou uma redução de 1,5° C em relação ao mesmo período do ano anterior, diferença suficiente para, atrelada à pouca pluviosidade, causar grande redução no número de casos da doença.

Desse modo, sugere-se que os parâmetros de alerta sejam a ocorrência de precipitações acima de 50 mm, em um primeiro nível, e de 100 mm, em um segundo nível, quando combinados com temperaturas médias entre 25 a 30° C, os quais são fatores que antecedem grande aumento no número de casos da doença em um período que se inicia dois meses a partir de sua ocorrência e pode apresentar efeitos até o quarto mês.

Importante ressaltar que a subnotificação é um fator existente e prejudicial à análise fidedigna da realidade. Todavia, não é suficiente a impossibilitar a constatação do *time lag* entre ocorrência das condições climáticas (precipitações e temperatura) e o aumento no número de casos da doença com um período de defasagem de até quatro meses (ou de dois meses para os efeitos mais notáveis) (KARIM *et al.*, 2012). Esse lapso temporal possibilita a inserção de uma atuação de controle específica com a criação de sistema de alerta precoce, aumentando a eficácia das medidas preventivas já que estaria antevendo a ocorrência de picos de contaminação dentro de um período de tempo suficiente à realização de contenção da doença (BANU *et al.*, 2013).

CONCLUSÃO

Este trabalho evidencia como os fatores abióticos temperatura e precipitações influenciam diretamente no aumento no número de notificações de casos de dengue e na manutenção dos picos por períodos sazonais no município de Ribeirão Preto/SP. Com essa previsibilidade, é possível a criação e aplicação de medidas preventivas à proliferação do mosquito vetor quando da ocorrência das condições favoráveis. Tendo em vista o período de defasagem de dois a quatro meses, se torna possível a instalação de um sistema de alerta precoce por parte das autoridades de saúde pública visando a

contenção do pico de contaminações, tendo como resultados positivos a redução no número de doentes, no custo destinado à doença e melhora na produtividade.

REFERÊNCIAS

BAR-ZEEV, M. The Effect of Temperature on the Growth Rate and Survival of the Immature Stages of *Aedes aegypti* (L.). **Bulletin of Entomological Research**, v. 49, n. 1, p. 157-163, 1958.

FERREIRA, A. C.; CHIARAVALLLOTI-NETO, F.; MONDINI, A. Dengue in Araraquara, state of São Paulo: epidemiology, climate and *Aedes aegypti* infestation. **Revista Saúde Pública**, 2018.

FIGUEIREDO, L. B. *et al.* Dengue Virus 2 American-Asian Genotype Identified during the 2006/2007 Outbreak in Piauí, Brazil Reveals a Caribbean Route of Introduction and Dissemination of Dengue Virus in Brazil. **PLOS ONE**, v. 9, n. 8. 2014.

GABRIEL, A. F. B. *et al.* Avaliação de impacto à saúde da incidência de dengue associada à pluviosidade no município de Ribeirão Preto, São Paulo. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 26, p. 446–452, 2018.

HORTA, M. A. *et al.* Temporal relationship between environmental factors and the occurrence of dengue fever. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 24, n. 5, p. 471–481, 2014.

KARIM, M. N. *et al.* Climatic factors influencing dengue cases in Dhaka city: a model for dengue prediction. **The Indian journal of medical research**, v. 136, n. 1, p. 32, 2012.

KHANAM, A. *et al.* Immune-Mediated Pathogenesis in Dengue Virus Infection. **Viruses**, v. 14, n. 11, 2022.

MARTELLI, C. M. T. *et al.* Economic Impact of Dengue: Multicenter Study across Four Brazilian Regions. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 24, n. 9, 2015.

MARTINA, B. E., KORAKA, P., OSTERHAUS, A. D. Dengue virus pathogenesis: an integrated view. **Clin Microbiol Rev**, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue**. Brasília, 2009.

MOHAMMED, A., CHADEE, D. D. Effects of different temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. **Acta Tropica**, v. 119, n. 1, p. 38–43, 2011.

OPAS/OMS. **Atualização Epidemiológica Dengue, chikungunya e Zika -25 de janeiro de 2023**. Washington, D.C. OPAS/OMS. 2023.

PINTO, M. S. *et al.* Subnotificação de doenças sazonais na pandemia. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 5, p. 20971–20978, 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. Revisão da lei de parcelamento, uso e ocupação do solo – Produto IV: relatório síntese ambiental. **FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas econômicas**. São Paulo, 2019.

RAMADONA, A. L. *et al.* Prediction of Dengue Outbreaks Based on Disease Surveillance and Meteorological Data. **PLOS ONE**, v. 11, n. 3, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Saúde. **Plano estadual de contingência das arboviroses urbanas: dengue, chikungunya e zika 2023/2024**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2022.

SOUSA, S. C. de, *et al.* Factors associated with the occurrence of dengue epidemics in Brazil: a systematic review. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 45, n. 84, 2021.

TUN-LIN, W.; BURKOT, T. R.; KAY, B. H. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 14, n. 1, p. 31–37, 2000.

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

VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista brasileira de epidemiologia**, v.16, n.2, p.240-256, 2013.