

Análise da influência de determinantes meteorológicos na periodicidade de epidemias de dengue em Porto Alegre

Analysis of the influence of meteorological determinants on the periodicity of dengue epidemics in Porto Alegre

Rafaela Breda¹ , Amanda de Souza da Motta^{2*} 

¹ Programa de Residência Integrada Multiprofissional em Saúde Coletiva, Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

*Autor de correspondência/Corresponding author: amanda.motta@ufrgs.br

Recebido/Received: 16.07.2023

Aceito/Accepted: 22.01.2024

Publicação/Publication: 01.02.2024

Editor Chefe: Adriana Bugno

RESUMO

A incidência da dengue, doença viral transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, vem crescendo em Porto Alegre ao longo dos anos, com recorde de casos registrados em 2022. Epidemias da doença parecem ocorrer de forma cíclica no município, com registros a cada três anos. Dada a influência de fatores climáticos no ciclo de vida do vetor, este trabalho buscou analisar a influência de determinantes meteorológicos na periodicidade de epidemias de dengue na capital gaúcha entre 2010 e 2022. Análises descritivas foram realizadas para averiguar o padrão dos indicadores climáticos e dos casos de dengue ao longo dos anos, ao passo que análises estatísticas foram feitas para avaliar a correlação entre os fatores climáticos e os casos autóctones registrados entre 2016 e 2022. Os resultados obtidos não apontaram padrões meteorológicos que se repetem a cada três anos e que poderiam explicar a ciclicidade observada. Ainda, não foram constatadas correlações entre temperatura, umidade e pluviosidade com casos autóctones de dengue no município, ao menos em nível quadrimestral. Para além destas análises, constatou-se expressivo aumento de casos em 2022, apesar dos esforços de controle desempenhados pelo poder público, o que aponta a necessidade de maior investimento em educação em saúde para a população.

Palavras-chave. *Aedes aegypti*, Clima, Dengue, Epidemias, Meteorologia.

ABSTRACT

The incidence of dengue, a viral disease transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito, has been increasing in Porto Alegre over the years, with a record number of cases reported in 2022. Epidemics of the disease seem to occur cyclically in the city, with reports every three years. Given the influence of climatic factors on the vector's life cycle, this study aimed to analyze the influence of meteorological determinants on the periodicity of dengue epidemics in Porto Alegre between 2010 and 2022. Descriptive analyses were used to investigate the pattern of climatic indicators and dengue cases over the years, while statistical analyses were performed to evaluate the correlation between climatic factors and autochthonous cases registered between 2016 and 2022. The results did not point out meteorological patterns that repeat every three years and could explain the observed cyclicity. Furthermore, no correlations were found between temperature, humidity and rainfall and autochthonous dengue cases in the city, at least on a four-monthly basis. Beyond these analyses, a significant increase in dengue cases was observed in 2022, despite the efforts of the public authorities to control the disease, which highlights the need for greater investment in health education for the population.

Keywords. *Aedes aegypti*, Climate, Dengue, Epidemics, Meteorology.

INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença transmitida através da picada de mosquitos fêmea da espécie *Aedes aegypti* infectadas pelo Vírus da Dengue, sendo a arbovirose urbana mais prevalente nas Américas¹. É a doença viral transmitida por mosquitos com a maior disseminação geográfica, estando presente de forma generalizada ao longo dos trópicos, com variações locais de risco devido a condições climáticas e sociais, sendo considerada um problema de saúde pública^{2,3}.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), estima-se que 390 milhões de infecções por dengue ocorram anualmente, com 500 mil hospitalizações e taxa de fatalidade de 2,5%². No Brasil, a circulação viral ocorre de forma expressiva desde a década de 1980 e, em 2022, o país registrou 1.450.270 casos prováveis da doença, com incidência de 679,9 casos por 100 mil habitantes^{4,5}. No mesmo ano, o Rio Grande do Sul registrou 66.779 casos confirmados de dengue e 66 óbitos relacionados à doença, sendo o ano com o maior número de casos e mortes registrado^{6,7}.

Em Porto Alegre, 3.897 casos autóctones de dengue foram registrados em 2022, número recorde no município⁸. Desde o primeiro caso autóctone registrado em 2010, a dengue parece estar apresentando característica de ciclicidade, com aparente aumento de casos ocorrendo a cada três anos, os quais são intercalados por dois anos de baixa incidência. Esta periodicidade é percebida pelos diversos pontos da Rede de Atenção à Saúde do município, em especial pelo Laboratório Central de Saúde Pública de Porto Alegre (Labcen), Diretoria de Vigilância em Saúde (DVS) e pontos assistenciais. Entretanto, há carência de trabalhos na área que busquem esclarecer a questão.

Uma vez que o ciclo de vida do vetor é afetado por fatores climáticos⁹, este trabalho buscou avaliar a influência de indicadores meteorológicos, em especial temperatura, umidade e pluviosidade, na periodicidade de epidemias de dengue em Porto Alegre, com o intuito de elucidar a ciclicidade da doença no município. Ainda, visto que a abundância de mosquitos é fator necessário, porém não suficiente, para a transmissão da arbovirose¹⁰, estudos que busquem identificar outros elementos relevantes para a predição e controle da dengue são importantes.

A pesquisa buscou beneficiar especialmente o Sistema Único de Saúde (SUS), em especial os setores das vigilâncias epidemiológica e ambiental, podendo auxiliar no planejamento de ações de prevenção e monitoramento e, conseqüentemente, resultar em um futuro controle da disseminação do vetor e da crescente incidência de dengue em Porto Alegre. Ainda, se comprovada a ciclicidade, as áreas assistenciais e de planejamento poderão se preparar com antecedência para futuras epidemias, resultando em um melhor atendimento ao paciente.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, todos os dados utilizados foram coletados a partir de bases de dados públicas, não sendo necessária a aprovação por Comitê de Ética. As análises descritivas e estatísticas foram realizadas com auxílio do Núcleo de Assessoria Estatística (NAE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Casos notificados, confirmados e autóctones de dengue em Porto Alegre

O período selecionado para a análise foi de 2010 a 2022, intervalo que engloba todos os anos a partir do primeiro caso autóctone de dengue registrado no município. Os dados escolhidos para análise foram os

casos de dengue notificados, confirmados e autóctones, visto que expressam a incidência da doença e estão disponíveis de forma pública.

O Painel de Arboviroses⁸, ferramenta pública de *Microsoft Business Intelligence* (BI) desenvolvida pela Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre em parceria com a Empresa Pública de Tecnologia da Informação e Comunicação da Prefeitura de Porto Alegre (Procempa), foi utilizado para acessar os dados de casos anuais e trimestrais no período de 2016 a 2022, interstício disponibilizado pelo instrumento. Os dados de 2022 foram coletados até o dia 12 de dezembro. Uma vez que o Painel não apresenta dados anteriores a 2016, estes foram coletados de outras fontes.

Os dados de 2010 foram coletados a partir do Boletim Epidemiológico (BE) n° 45 de 2011, publicado pela Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde (CGVS), atual DVS de Porto Alegre¹¹. Os dados de 2011 e 2012 foram coletados a partir do BE n° 50 de 2013¹². Os dados de 2013 e 2014 foram obtidos a partir do BE n° 55 de 2014, que disponibiliza dados apenas até a Semana Epidemiológica (SE) 48, o que pode ser uma limitação¹³. Os dados de 2015 foram coletados a partir do BE n° 62 de 2016, que contém informações até a SE 35, correspondente ao final de agosto e início de setembro¹⁴.

Os casos notificados e confirmados foram utilizados apenas para as análises descritivas iniciais. As demais análises levaram em conta apenas os casos autóctones, visto que representam a transmissão sustentada no município e efetivamente são influenciados pelas condições socioambientais locais, diferentemente dos casos importados.

Temperatura, umidade e pluviosidade no município de Porto Alegre

Os indicadores meteorológicos escolhidos para as análises foram temperatura, umidade e pluviosidade, uma vez que estão relacionados com a dengue e disponíveis de forma pública. Os dados mensais foram obtidos através da base de dados pública do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível no endereço eletrônico da instituição, através da opção Dados Meteorológicos – Tabela de Dados das Estações¹⁵. A estação meteorológica de escolha foi a Porto Alegre (A801), do tipo automática.

Foi realizado *download* das planilhas contendo os dados mensais de janeiro a dezembro, de 2010 a 2022, totalizando 156 planilhas para análise. As planilhas continham informações coletadas em intervalos de 60 minutos pela estação automática, totalizando 24 dados por dia e 720 a 744 dados por mês a serem incluídos nos cálculos. Os dados finais mensais de temperatura foram obtidos a partir da média aritmética simples das temperaturas máximas e mínimas e, em seguida, da média destes resultados. Os dados de umidade foram obtidos por média aritmética simples. Quanto à pluviosidade, os dados disponíveis em intervalos de 60 minutos foram somados, para obtenção de chuva acumulada mensal.

Os horários que não possuíam informação sobre os parâmetros analisados não foram incluídos nos cálculos. Os dados de 2022 foram coletados até o dia 12 de dezembro, data limite utilizada para a coleta do número de casos de dengue autóctones.

Análises descritivas e estatísticas

Este trabalho contou com a ajuda do NAE da UFRGS, para realizar as análises estatísticas, que foram feitas através do *software* R, versão 4.2.1. Os gráficos foram gerados através do pacote *ggplot2*, versão 3.4.0.

Inicialmente foram realizadas análises descritivas dos indicadores meteorológicos para temperatura, umidade e pluviosidade. A análise da distribuição mensal dos indicadores englobou o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2022, enquanto a análise quadrimestral englobou desde o período do primeiro quadrimestre de 2016 ao último quadrimestre de 2022. Esta primeira etapa teve a finalidade de gerar gráficos para identificar possíveis padrões visuais dos dados e embasar análises subsequentes.

Para os casos de dengue, foram realizadas análises descritivas anuais, de 2010 a 2022, e quadrimestrais, do primeiro quadrimestre de 2016 ao último quadrimestre de 2022.

Para as análises estatísticas, as séries temporais comumente são analisadas através de decomposição clássica, modelo utilizado neste trabalho, descrito pela fórmula $Y_t = T_t + S_t + e_t$, onde Y_t é a série original, T_t é o componente de tendência, S_t é o de sazonalidade e e_t é o de irregularidade. A decomposição separa a série original Y_t nestes componentes para que se possa analisar cada um deles separadamente.

O componente de tendência foi obtido a partir da média móvel da série original. O componente de sazonalidade usou a série com o efeito de tendência já removido e calculou a média para cada unidade do tempo para todos os períodos. Por fim, o componente de sazonalidade foi centralizado.

Os dados de casos autóctones foram decompostos de forma quadrimestral, uma vez que dados mensais não estavam disponíveis. Os dados de temperatura, umidade e pluviosidade foram decompostos de forma mensal e quadrimestral, para efeito de comparação com os dados de dengue.

A correlação por quadrimestre entre os casos de dengue e os indicadores meteorológicos foi analisada através da Correlação de Spearman, medida que varia de -1 a 1, que expressa com que intensidade duas variáveis podem ser descritas por uma função monótona. Quanto mais próximo de -1 ou 1 o resultado, maior será a correlação entre as variáveis. Ainda, testes estatísticos foram realizados para cada par de variáveis, para determinar se o valor de cada correlação era significativamente diferente de zero, ou seja, se havia correlação significativa.

Uma vez que a influência dos determinantes meteorológicos nos casos autóctones de dengue pode ser indireta, com atrasos temporais, também foram realizadas análises de Correlação Cruzada, considerando um atraso de dez quadrimestres para mais e para menos. A Correlação Cruzada é uma medida de associação entre duas séries temporais que, assim como a Correlação de Spearman, varia de -1 a 1, sendo que valores mais próximos aos extremos do intervalo indicam maiores correlações. O intervalo de confiança de 95% utilizado para as análises foi calculado utilizando o método *bootstrap*.

Em todas as análises foi considerado o nível de significância $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Distribuição de indicadores meteorológicos e casos de dengue em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

Temperatura, umidade e pluviosidade

A distribuição da temperatura média mensal entre 2010 e 2022 esteve dentro da amplitude de cerca de 12 °C a 26,5 °C, indicando uma provável tendência constante ao longo do período analisado, sem desvios expressivos entre os anos. No gráfico representado na **Figura 1** é possível observar que o indicador

apresentou comportamento sazonal com pouca variabilidade entre os anos, tendo sido mais alta nos meses de verão e mais baixa nos meses de inverno, resultado esperado devido ao clima subtropical da região. Os meses de agosto dos anos 2012, 2015 e 2017 apresentaram temperaturas mais elevadas em relação aos demais anos, enquanto o mês de junho registrou temperaturas mais baixas do que o habitual em 2016.

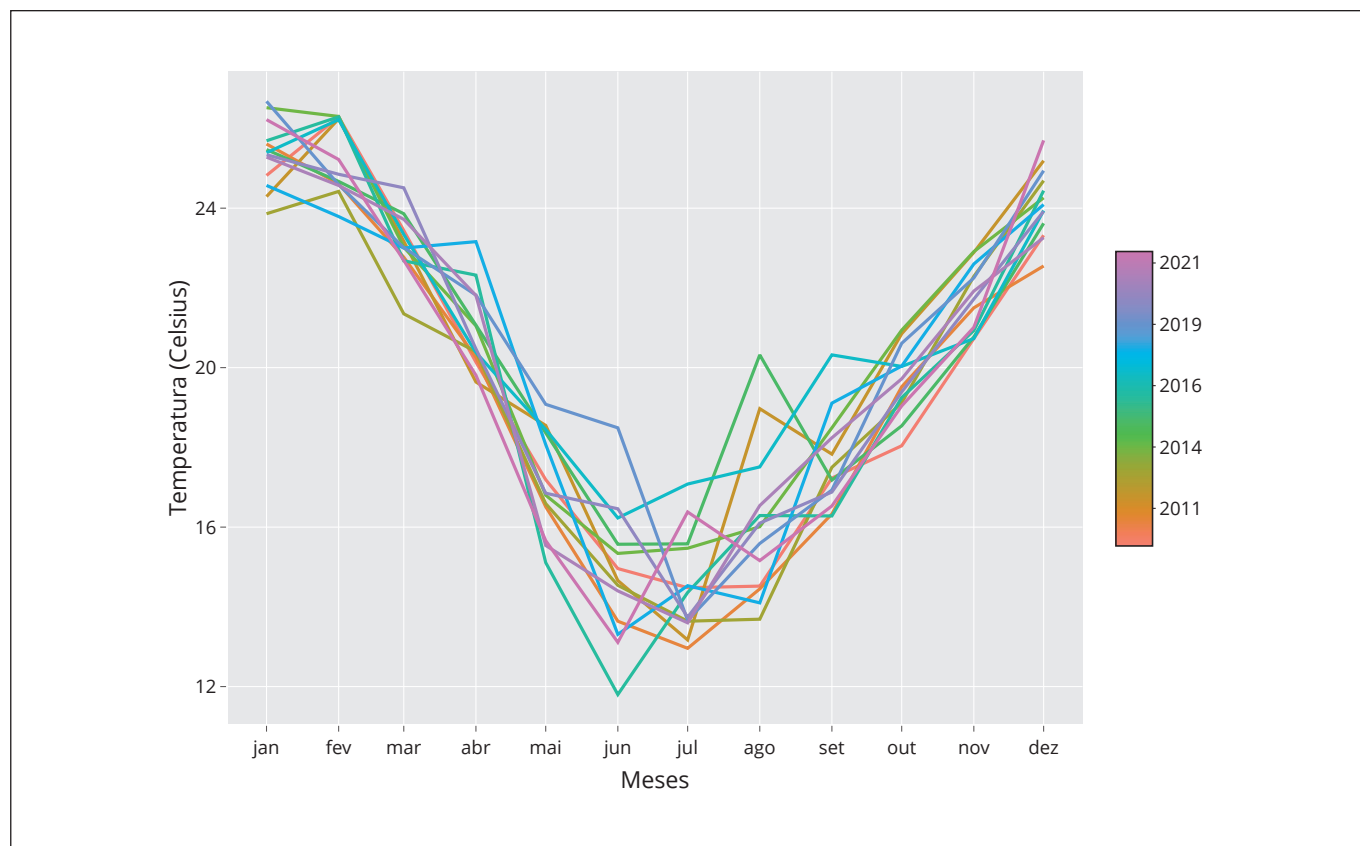


Figura 1. Distribuição da temperatura média mensal (°C) em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

A distribuição da média mensal da umidade, por sua vez, variou de 61,3% a 90,1% e apresentou tendência crescente de 2010 até 2019, sendo que em 2019 sofreu queda, seguida por uma possível tendência levemente crescente até o final de 2022. A sazonalidade do indicador, demonstrada na **Figura 2**, apresentou maior variação entre os anos analisados quando comparado à temperatura, porém foi superior nos meses de inverno e inferior nos meses de verão.

Quanto à pluviosidade mensal, que variou de 7,4 mm a 313,1 mm, apresentou tendência crescente de 2010 a 2015, sendo que em 2015 se tornou decrescente e assim permaneceu até o final de 2022. O indicador apresentou efeito de sazonalidade disperso no período analisado (**Figura 3**), além de grande variabilidade entre os anos, não sendo possível visualizar um padrão. Os meses de outubro dos anos 2015, 2017 e 2019, assim como março de 2016 e julho de 2015, registraram uma maior quantidade de chuva quando comparados aos outros anos.

Analisando estes mesmos indicadores de forma quadrimestral, verificou-se que o primeiro quadrimestre apresentou menor variabilidade de temperatura entre os anos analisados (23,5 a 24,2 °C),

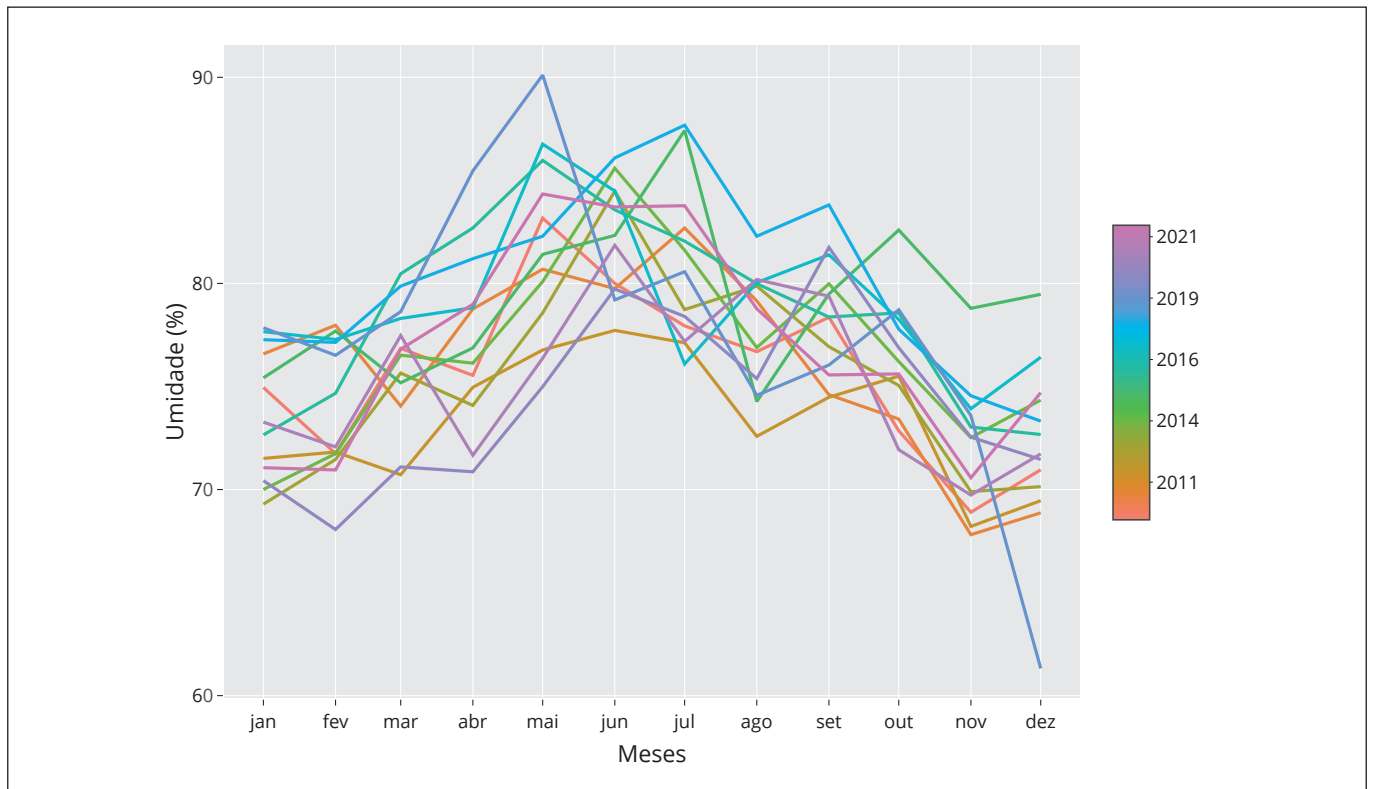


Figura 2. Distribuição da umidade média mensal (%) em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

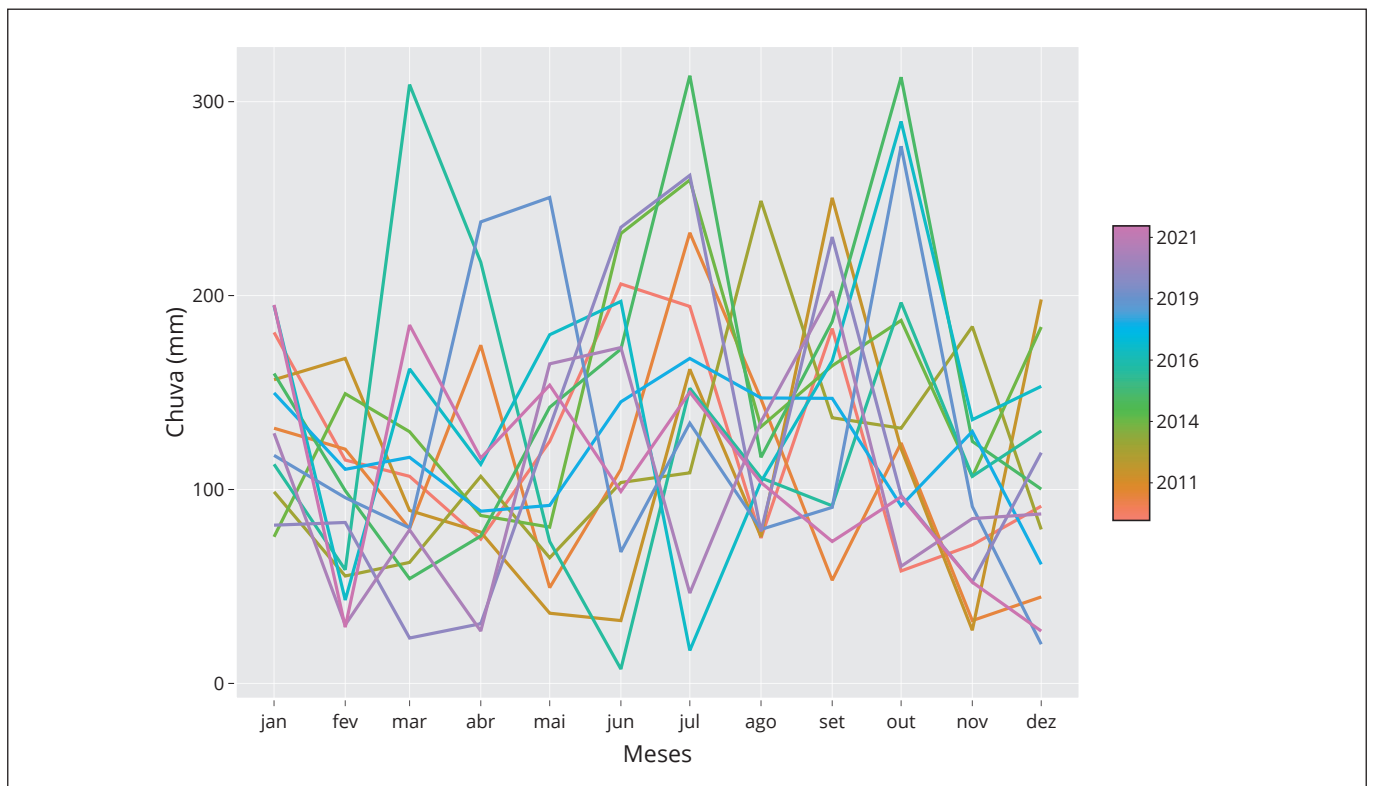


Figura 3. Distribuição da pluviosidade mensal (mm) em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

o segundo quadrimestre tendeu a apresentar maior variação (14,4 a 17,3 °C) e o terceiro quadrimestre, variação intermediária (20,2 °C a 21,5 °C). Analisando a média quadrimestral de 2016 a 2022, houve confirmação da sazonalidade observada nos gráficos anteriores, onde os primeiros meses do ano foram mais quentes (23,8 °C), os meses intermediários foram mais frios (15,6 °C) e os últimos quatro meses apresentaram comportamento de transição entre inverno e verão (20,8 °C).

O comportamento sazonal da umidade também ficou mais evidente quando analisado de forma quadrimestral, visto que a média do segundo quadrimestre (Q2), de 81,8%, foi maior do que os demais (Q1: 76%; Q3: 75,1%) e o indicador exibiu maior variabilidade nos três quadrimestres, quando comparado à temperatura. Quanto à pluviosidade, a análise quadrimestral apresentou grande variabilidade entre os anos analisados, enquanto a média variou pouco entre os quadrimestres (Q1: 114,9 mm; Q2: 130,5 mm; Q3: 120,1 mm).

Casos de dengue

A análise descritiva anual da distribuição dos casos de dengue (Figura 4) exibiu tendência crescente na série analisada, visto que os números de casos confirmados e autóctones foram maiores a cada ano epidêmico (2013, 2016, 2019 e 2022). Ainda, mostrou-se nítido o aumento no número de casos em 2022, o que tornou a distribuição dos dados assimétrica.

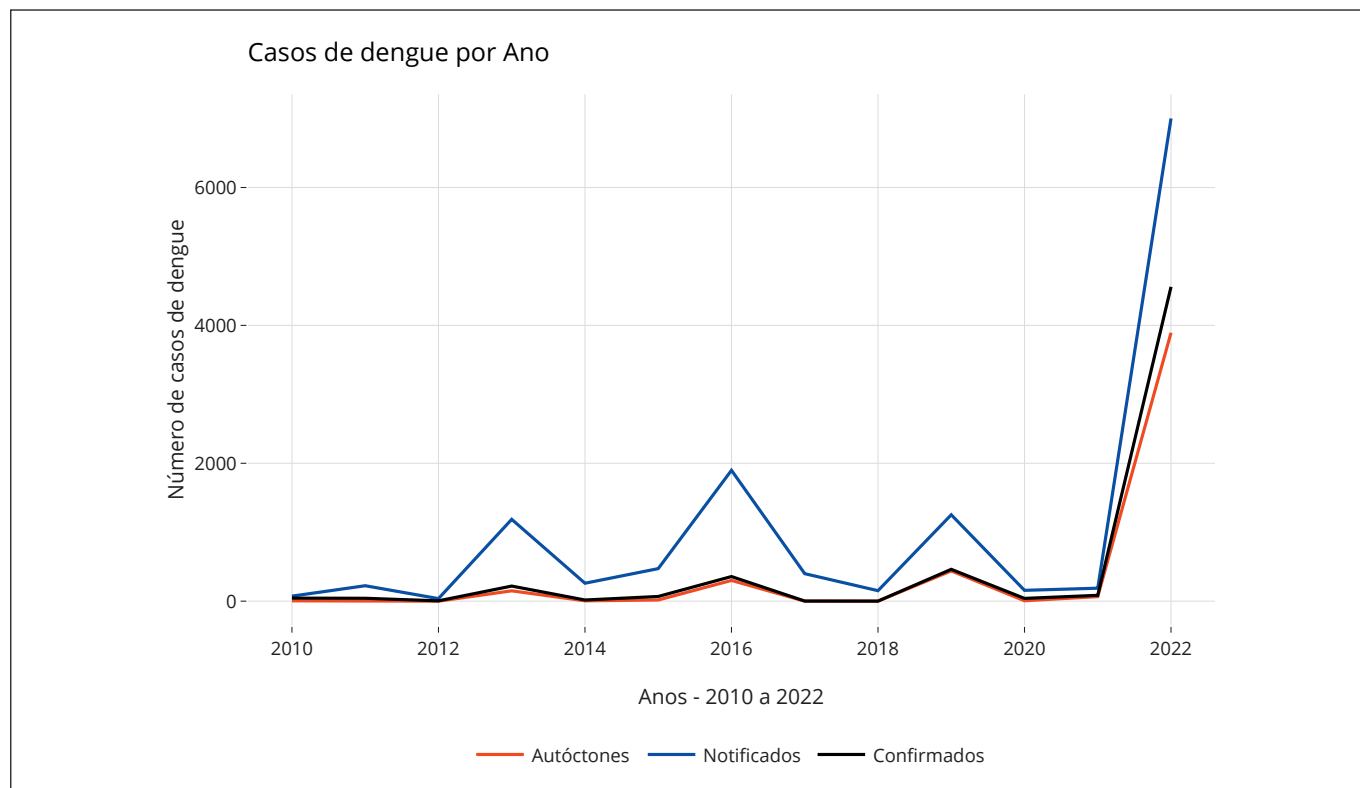


Figura 4. Distribuição anual dos casos notificados, confirmados e autóctones de dengue em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

A análise quadrimestral dos casos de dengue de 2016 a 2022 demonstrou que, nos três anos de surto contemplados no período analisado, os picos de notificações, casos confirmados e casos autóctones ocorreram duas vezes no primeiro quadrimestre (2016 e 2022) e uma vez no segundo (2019). Os casos

autóctones de dengue pareceram ser mais frequentes no primeiro quadrimestre, enquanto a média de casos ficou próxima de zero no terceiro quadrimestre em todo o período analisado.

Decomposição de indicadores meteorológicos e casos autóctones de dengue em Porto Alegre, entre 2010 e 2022

Temperatura, umidade e pluviosidade

Ao decompor a série da temperatura com intervalo mensal, o componente de tendência pareceu aumentar e diminuir alternadamente com pequena oscilação (19,1 a 20,1 °C), o que explicou o comportamento constante do indicador ao longo dos anos. A sazonalidade observada também corroborou os resultados anteriores que indicaram baixa variabilidade, com oscilação de cerca de 11 °C (-6 a 5 °C) entre os meses de verão e inverno durante toda a série.

A umidade, quando decomposta em intervalos mensais, também reforçou os resultados encontrados nas análises descritivas, com tendência crescente até o início de 2019, ponto em que passa a ser decrescente, e novamente uma tendência crescente do início de 2020 até 2022. A sazonalidade do indicador apontou variabilidade moderada.

A decomposição mensal da pluviosidade, da mesma forma, apoiou os comportamentos observados nas análises anteriores, com tendência crescente de 2012 a 2015 e posteriormente decrescente até 2022. A sazonalidade apresentou maior variabilidade, com oscilação de até 83 mm entre os meses de um mesmo ano.

Estes mesmos indicadores foram decompostos de forma quadrimestral, a fim de comparação com os casos autóctones de dengue, também decompostos neste intervalo. Os resultados foram similares às análises anteriores, com algumas alterações no padrão de tendência, especialmente da temperatura, que mostrou tendência decrescente entre 2019 e 2022. Esta diferença, provavelmente, decorre do fato de que os dados de média quadrimestral utilizados são amplos e, portanto, menos detalhados do que os dados mensais.

Casos autóctones de dengue

A decomposição quadrimestral dos casos autóctones de dengue indicou uma tendência crescente em 2022, comportamento semelhante à distribuição dos casos em si. Este resultado possivelmente decorreu do número de casos ocorridos no ano (3.893 casos), da grande quantidade de quadrimestres (Q) sem casos registrado (1° Q de 2017 e 2018; 2° Q de 2017, 2018 e 2020; e 3° Q de 2016, 2017, 2018, 2020 e 2021) e da pequena quantidade de dados disponíveis para uma série histórica, que também pode ter contribuído para uma decomposição menos suave dos componentes como um todo. A sazonalidade, por sua vez, apontou o primeiro quadrimestre como o de maior transmissibilidade.

Correlação quadrimestral entre indicadores meteorológicos e casos autóctones de dengue em Porto Alegre, entre 2016 e 2022

Correlação de Spearman

Os coeficientes de correlação entre os casos autóctones de dengue e temperatura, umidade e pluviosidade quadrimestrais, calculados a partir de análise de Correlação de Spearman (**Figura 5**), indicaram ausência de correlação entre as variáveis, uma vez que os valores se mostraram próximos de zero. Para além dos casos de dengue, a análise apontou correlação negativa entre umidade e temperatura.

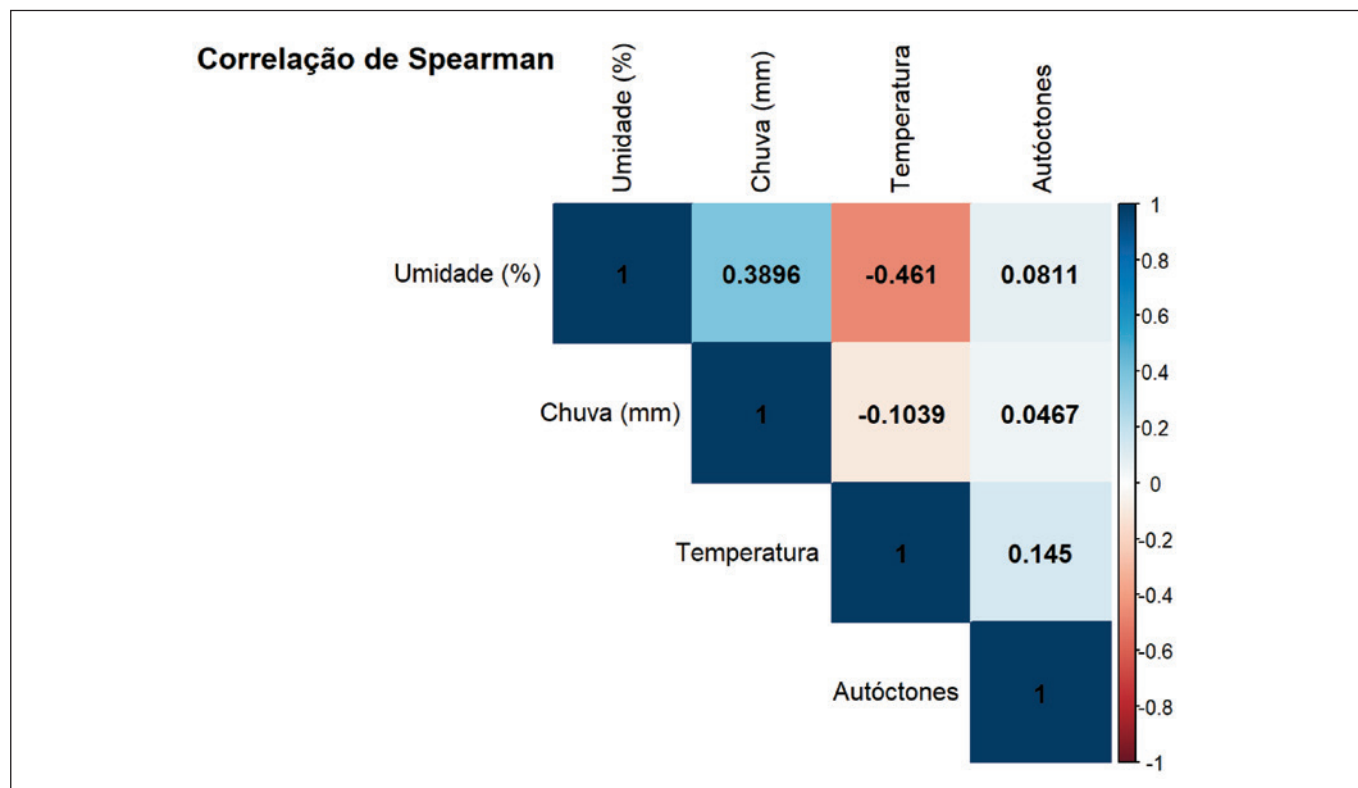


Figura 5. Correlação entre casos autóctones de dengue e indicadores meteorológicos em Porto Alegre. Análise quadrimestral, de 2016 a 2022

Para corroborar esta análise foram realizados testes estatísticos de amostras pareadas para cada par de variáveis, para verificar se o valor de cada correlação era significativamente diferente de zero ou não. O *p-valor* para a hipótese alternativa (correlação diferente de zero) foi de 0,531 entre casos e temperatura, 0,727 para umidade e 0,841 para pluviosidade. Entre umidade e temperatura, o *p-valor* obtido foi de 0,037. Uma vez que o *p-valor* de todos os testes que envolvem casos autóctones foi superior a 0,05, concluiu-se que os valores não foram significativamente diferentes de zero e, portanto, não houve correlação entre as variáveis, exceto entre umidade e temperatura, ao menos quando analisadas por quadrimestre.

Correlação Cruzada

A análise quadrimestral de Correlação Cruzada entre casos autóctones de dengue e temperatura, apresentou três *lags* (atrasos) fora do intervalo de confiança: -1, 8 e 10. Estes resultados indicam que o efeito da temperatura em um determinado quadrimestre esteve correlacionado significativamente com os casos autóctones observados no quadrimestre anterior, e em oito e dez quadrimestres posteriores. As correlações com quadrimestres posteriores provavelmente foram espúrias, uma vez que parece improvável haver influência entre as variáveis em um intervalo de cerca de três anos. Ainda, apesar de significativos, os três pontos destacados foram observados próximos ao intervalo de confiança.

A Correlação Cruzada entre os casos de dengue e a umidade indicou os *lags* -9, -2, 4 e 7 como significativos, sendo que o *lag* -2 esteve mais distante do intervalo de confiança. Estes resultados indicam que a umidade de um determinado quadrimestre esteve correlacionada com nove e dois

quadrimestres anteriores e quatro e sete quadrimestres posteriores. Os *lags* -9, 4 e 7 mostraram-se como correlações espúrias, por representarem um longo período de tempo e estarem próximos do intervalo de confiança.

Em relação à pluviosidade, a análise de Correlação Cruzada não apontou nenhum *lag* significativo, indicando que não houve correlação entre chuva e casos autóctones de dengue com qualquer atraso a nível quadrimestral.

DISCUSSÃO

As análises descritivas dos casos notificados, confirmados e autóctones sugerem que as epidemias de dengue ocorrem a cada três anos em Porto Alegre, resultado em concordância com o que já havia sido observado pelos servidores da rede pública de saúde. Esta periodicidade também já foi observada no Nepal¹⁶. Não foram realizadas análises estatísticas para comprovação da ciclicidade, uma vez que o ciclo observado foi de três anos e o período disponível para estudo englobou apenas 13 anos, contemplando poucos eventos.

Os quatro anos epidêmicos, 2013, 2016, 2019 e 2022, coincidiram com anos de alta incidência da doença no país, porém diferiram um pouco em relação ao estado do Rio Grande do Sul, que apresentou elevado número de casos também em 2020 e 2021^{17,18}. Ainda, a maior incidência já registrada no Brasil ocorreu em 2015¹⁷, ano em que Porto Alegre apresentou poucos casos. A quantidade de casos registrada em níveis federal e estadual pode ter relação com a incidência em nível municipal, devido à introdução de casos importados e à proximidade geográfica, por exemplo, porém não é suficiente para explicar o fenômeno cíclico em Porto Alegre.

A análise descritiva mensal e quadrimestral dos indicadores meteorológicos não apontou padrões que pudessem explicar a ciclicidade das epidemias no município. A ausência de padrões climáticos diferenciados entre anos de baixa e alta incidência de dengue também foi observada em Tamil Nadu, estado ao sul da Índia¹⁹.

A temperatura, variante climática apontada como a mais influente para o desenvolvimento de *Aedes aegypti*²⁰, apresentou baixa variabilidade entre os anos analisados, com poucos episódios que desviaram do comportamento esperado. Dentre estes episódios destaca-se o seu aumento em agosto de 2012, 2015 e 2017, porém o fenômeno não ocorreu em ciclos de três anos e provavelmente não está relacionado à periodicidade da dengue.

A umidade e a pluviosidade, apesar de apresentarem maior variação entre os anos e tendência mais definida quando comparadas à temperatura, também não exibiram padrões de repetição em intervalos de três anos e, portanto, não sinalizaram indicativos de influência na ciclicidade das epidemias no município. Estes resultados foram corroborados pelas análises de decomposição dos indicadores climáticos, que também não exibiram características cíclicas no eixo de tendência.

Para além da análise de ciclicidade, foi possível observar o comportamento quadrimestral dos fatores climáticos e dos casos autóctones de dengue no município. O clima da cidade mostrou-se tipicamente subtropical, com o primeiro quadrimestre mais quente, o segundo mais frio e úmido e os meses de setembro a dezembro com comportamento de transição entre inverno e verão. Assim como descrito no Plano Municipal de Contingência de Arboviroses²¹, a dengue apresentou característica sazonal em Porto

Alegre nos anos epidêmicos, com aumento dos casos nos meses de verão e queda a partir do segundo quadrimestre, chegando a níveis próximos de zero nos últimos quatro meses do ano.

Uma exceção ao padrão sazonal dos casos de dengue foi a epidemia de 2019, que registrou ápice de casos no segundo quadrimestre. Analisando este ano, observa-se que, em relação aos demais, um pico de umidade foi registrado no mês de maio (**Figura 2**), o início do quadrimestre foi mais chuvoso (**Figura 3**) e o inverno se iniciou com temperaturas um pouco mais altas do que o esperado (**Figura 1**), porém estudos mais aprofundados precisam ser realizados para concluir se fatores climáticos podem ter sido responsáveis por este comportamento diferenciado da dengue em 2019.

Apesar da interferência dos indicadores meteorológicos no ciclo de vida de *Aedes aegypti*^{9,20,22,23}, este trabalho não identificou correlação pontual entre clima e incidência de dengue quadrimestral. Estudos demonstraram a existência de influência entre estas variáveis com atrasos temporais. Na Argentina foi observada relação entre a temperatura registrada no outono com a ocorrência de dengue no ano posterior²⁴, ao passo que no estado do Paraná constatou-se existência de correlação entre temperatura e pluviosidade com a incidência de dengue com atraso de quatro e três meses, respectivamente²⁵.

As correlações com atrasos temporais encontradas neste trabalho, entretanto, pareceram ser espúrias, visto que se apresentaram muito próximas do intervalo de confiança amostral. A correlação entre umidade e incidência de dengue com atraso de dois quadrimestres, esteve mais distante do intervalo de confiança e é possível que não corresponda a um achado ao acaso. A ideia que representa, entretanto, é de que a umidade de um certo momento esteve correlacionada com os casos de dengue de dois quadrimestres anteriores, informação que parece ser improvável, dado o elemento retrospectivo. Contudo, vale ressaltar que correlação não implica em causalidade.

Vale destacar que as análises realizadas neste estudo, tanto descritivas quanto estatísticas, utilizaram apenas dados da temperatura média mensal e quadrimestral, e não das temperaturas máximas e mínimas registradas nos respectivos períodos. Visto que os extremos de frio e calor podem interferir na dinâmica de vida do vetor^{22,23}, trabalhos futuros podem ser elaborados para averiguar a correlação destes indicadores com a ciclicidade e a incidência de dengue em Porto Alegre.

Outro ponto a salientar é o fato de que as análises de correlação levaram em conta apenas dados meteorológicos quadrimestrais, que englobam uma grande quantidade de eventos climáticos, em virtude de os casos de dengue só estarem disponíveis publicamente neste intervalo de tempo. Esta abundância de informações agrupada em um único dado pode ser a responsável pela ausência de correlação nítida entre as variáveis examinadas, resultado que destoa de outras pesquisas, inclusive realizadas em Porto Alegre²⁶. Estudos futuros podem ser feitos com dados de dengue semanais ou mensais, disponíveis em bancos de dados de acesso restrito, para averiguar se a ausência de correlação se mantém. A plataforma pública *Tabnet* não foi utilizada, visto que alguns dados divergiram dos presentes em boletins epidemiológicos e no Painel de Arboviroses⁸ e havia carência de informações relativas a alguns anos, em especial 2022.

A despeito das análises centrais desta pesquisa, mostrou-se evidente o aumento dos casos de dengue em 2022, não explicado pelos indicadores climáticos avaliados. Em 2013 e 2016, anos epidêmicos, a incidência de dengue registrada no município, entre 15 e 150 casos por 100 mil habitantes, estava mais próxima da média argentina do que da brasileira²⁷. Em 2022, a capital gaúcha

registrou incidência aproximada de 261 casos confirmados por 100 mil habitantes, um salto em direção ao nível nacional⁵. Porto Alegre parece estar em transição epidemiológica de uma cidade sem transmissão sustentada para uma cidade com frequentes epidemias, observação também apontada por Guzzetta et al²⁷.

É importante frisar que os ciclos com epidemias de dengue a cada três anos foram constatados até o momento e não se pode inferir que o padrão continue o mesmo para os próximos anos, em especial devido ao significativo crescimento de casos em 2022, que pode resultar em alterações na dinâmica da arbovirose no município.

Ainda, em virtude de 2020 e 2021 terem sido transpassados por uma pandemia de COVID-19, é possível que a incidência de dengue nestes anos tenha sido maior do que a reportada, tanto a nível local como estadual e federal. A ciclicidade das arboviroses observada neste trabalho, por conseguinte, pode não ter ocorrido de fato desde a emergência do SARS-CoV-2. Uma vez que as enfermidades possuem sintomatologia semelhante²⁸ e que o isolamento social ocorreu como forma de prevenção e controle da doença emergente, é possível que a dengue tenha sido subdiagnosticada e subnotificada em grandes proporções durante o período em questão.

O monitoramento de *Aedes aegypti* já está bem estabelecido no município, através de vigilância vetorial por meio de armadilhas georreferenciadas (*MosquiTRAP*) e cálculo periódico do índice de infestação, além de vínculo entre Vigilância Epidemiológica e Labcen, para acompanhamento rápido de casos positivos para dengue²⁹. Ações de controle, como aplicação de inseticida, também vêm sendo realizadas após detecção de positividade viral em mosquitos fêmea coletadas de armadilhas, a fim de evitar a disseminação do agente etiológico. Entretanto, apesar do acompanhamento, o crescimento da arbovirose na capital gaúcha é nítido e alarmante.

Visto que ações individuais de manejo do ambiente domiciliar são importantes para o combate à dengue, o poder público precisa investir recursos em educação popular em saúde para além de programas como o Saúde na Escola. O público-alvo das ações educativas deve passar a ser a população adulta, que efetivamente é responsável pelas condições do lar que habita. A conscientização a nível pessoal é mais um passo rumo ao enfrentamento de problemas de saúde pública.

CONCLUSÃO

A ciclicidade de epidemias de dengue observada nesta pesquisa se encaixa no contexto de 2010 a 2022 e não pode ser extrapolada aos anos que virão. As ações de controle e combate à dengue não devem ficar restritas a esta periodicidade e há a possibilidade de que a dinâmica da doença se altere após o recorde de casos registrado no último ano. Ainda, a pandemia por COVID-19 pode ter mascarado uma possível alteração da ciclicidade das epidemias de dengue nos últimos três anos em Porto Alegre, representando uma limitação neste estudo.

Apesar da ausência de correlação entre clima, incidência e periodicidade de dengue constatada neste trabalho, a associação entre as variáveis não pode ser descartada, dado as ressalvas mencionadas ao longo do texto. Pesquisas futuras podem ser realizadas com dados mais detalhados, em uma menor escala de tempo.

Por fim, as ações de educação em saúde precisam ser intensificadas e, principalmente, alcançar a população adulta, através de capacitações públicas e ajuda da grande mídia, por exemplo, para que a prevenção da dengue receba a devida importância por parte da comunidade.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não existir conflitos de interesse.

FINANCIAMENTO

Não declarado pelos autores.

AGRADECIMENTO

Ao Núcleo de Assessoria Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo apoio técnico prestado.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

As autoras participaram da concepção, planejamento, análise e interpretação dos dados e aprovação da versão final do manuscrito.

NOTA DE APRESENTAÇÃO

Os resultados deste artigo integram o trabalho de conclusão de residência (TCR) de Rafaela Breda, da Residência Integrada Multiprofissional em Saúde Coletiva (RIMSCOL), Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, defendido em de fevereiro de 2023.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância em Saúde. 5 ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2022. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_5ed_rev_atual.pdf
2. Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS. Dengue. [acesso 2022 Dez 26]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/dengue>
3. World Health Organization – WHO. Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. Genebra; 2009. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241547871>
4. Ministério da Saúde (BR). Plano de contingência para resposta às emergências em saúde pública por dengue, chikungunya e Zika. 1 ed. Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-svs/dengue/plano-de-contingencia-para-resposta-as-emergencias-em-saude-publica-por-dengue-chikungunya-e-zika>

5. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Boletim Epidemiológico. Monitoramento dos casos de arboviroses até a semana epidemiológica 52 de 2022. 2023;54(1). Disponível em:
<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-01/>
6. Secretaria Estadual de Saúde (Rio Grande do Sul). Óbitos por dengue no RS chegam a 56 no ano. [acesso 2023 Jan 13]. Disponível em:
<https://saude.rs.gov.br/obitos-por-dengue-no-rs-chegam-a-56-no-ano>
7. Secretaria Estadual de Saúde (Rio Grande do Sul). Informativo Epidemiológico de Arboviroses. Semana Epidemiológica 01 a 52 de 2022. [acesso 2023 Jan 13]. Disponível em:
<https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/202301/11173110-informativo-epidemiologico-dengue-chik-zika-e-fa-se-52-2022-1.pdf>
8. Prefeitura de Porto Alegre. Casos de Dengue/Chikungunya/Zika de Porto Alegre. [acesso 2023 Jan 13]. Disponível em:
<https://pentaho-pmpa.procempa.com.br/pentaho/api/repos/%3Apublic%3ASMS%3AIndicadores%3ADengue%3Adengue.wcdf/generatedContent>
9. Codeço CT, Villela DAM, Coelho FC. Estimating the effective reproduction number of dengue considering temperature-dependent generation intervals. Epidemics. 2018;25:101-11.
<https://doi.org/10.1016/j.epidem.2018.05.011>
10. Lowe R, Coelho CAS, Barcellos C, Carvalho MS, Catão RC, Coelho GE et al. Evaluating probabilistic dengue risk forecasts from a prototype early warning system for Brazil. Elife. 2016;5:e11285.
<https://doi.org/10.7554/eLife.11285.001>
11. Secretaria Municipal de Saúde (Porto Alegre – RS). Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico número 45. 2011, ano XIII. Disponível em:
http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cgvs/usu_doc/boletimepidemiologico-cgvs-sms-pmpa-45.pdf
12. Secretaria Municipal De Saúde (Porto Alegre – RS). Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico número 50. Situação epidemiológica do início da epidemia de dengue em Porto Alegre no Ano de 2013. 2013, ano XV. Disponível em:
http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cgvs/usu_doc/boletimepidemiologico-cgvs-sms-pmpa-50.pdf
13. Secretaria Municipal de Saúde (Porto Alegre – RS). Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico número 55. Edição Especial – Dengue. 2014, ano XVI. Disponível em:
http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cgvs/usu_doc/boletimepidemiologico-cgvs-sms-pmpa-55.pdf

14. Secretaria Municipal de Saúde (Porto Alegre – RS). Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico número 62. 2016. Disponível em:
http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cgvs/usu_doc/boletimepidemiologico-cgvs-sms-pmpa-62.pdf
15. Instituto Nacional de Meteorologia. Tabela de Dados das Estações. [acesso 2022 Dez 12]. Disponível em:
<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes>
16. Gupta BP, Tuladhar R, Kurmi R, Manandhar KD. Dengue periodic outbreaks and epidemiological trends in Nepal. Ann Clin Microbiol Antimicrob. 2018;17(1):6.
<https://doi.org/10.1186/s12941-018-0258-9>
17. Zanotto PMA, Leite LCC. The Challenges Imposed by Dengue, Zika, and Chikungunya to Brazil. Front Immunol. 2018;9:1964.
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01964>
18. Tumioto GL, Gregianini TS, Dambros BP, Cestari BC, Alves Nunes ZM, Veiga ABG. Laboratory Surveillance of Dengue in Rio Grande do Sul, Brazil, from 2007 to 2013. PLoS One. 2014;9(8):e104394.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104394>
19. Chandy S, Ramanathan K, Manoharan A, Mathai D, Baruah K. Assessing effect of climate on the incidence of dengue in Tamil Nadu. Indian J Med Microbiol. 2013;31(3):283-6.
<https://doi.org/10.4103/0255-0857.115640>
20. Reinhold JM, Lazzari CR, Lahondère C. Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. Insects. 2018;9(4):158.
<https://doi.org/10.3390/insects9040158>
21. Secretaria Municipal de Saúde (Porto Alegre – RS). Plano Municipal de Contingência – Dengue, Zika Vírus e Chikungunya. Porto Alegre, 2022. Disponível em:
<https://prefeitura.poa.br/sms/onde-esta-o-aedes/prevencao-e-controle-de-arboviroses>
22. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre – RS). Divisão de Promoção da Saúde (DAS/UFRGS). Atenção ao combate à dengue. [acesso 2022 Dez 15]. Disponível em:
<http://www.ufrgs.br/biociencias/divisao-de-promocao-da-saude-das-ufrgs-atencao-ao-combate-a-dengue/>
23. Couret J, Benedict MQ. A meta-analysis of the factors influencing development rate variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). BMC Ecol. 2014;14:3.
<https://doi.org/10.1186/1472-6785-14-3>

24. Carbajo AE, Cardo MV, Guimarey PC, Lizuain AA, Buyayisqui MP, Varela T et al. Is autumn the key for dengue epidemics in non endemic regions? The case of Argentina. Peer J. 2018;6:e5196. <https://doi.org/10.7717/peerj.5196>
25. Bavia L, Melanda FN, Arruda TB, Mosimann ALP, Silveira GF, Aoki MN et al. Epidemiological study on dengue in southern Brazil under the perspective of climate and poverty. Sci Rep. 2020;10(1):2127. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58542-1>
26. Ferreira DAC, Degener CM, Marques-Toledo CA, Bendati MM, Fetzer LO, Teixeira CP et al. Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika. Parasit Vectors. 2017;10:78. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2025-8>
27. Guzzetta G, Marques-Toledo CA, Rosà R, Teixeira M, Merler S. Quantifying the spatial spread of dengue in a non-endemic Brazilian metropolis via transmission chain reconstruction. Nat Commun. 2018;9(1):2837. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05230-4>
28. Harapan H, Ryan M, Yohan B, Abidin RS, Nainu F, Rakib A et al. Covid-19 and dengue: Double punches for dengue-endemic countries in Asia. Rev Med Virol. 2021;31(2):e2161. <https://doi.org/10.1002/rmv.2161>
29. Prefeitura de Porto Alegre. Onde está o Aedes? [acesso 2023 Fev 14]. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/sms/onde-esta-o-aedes>