



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ARBOVIROSES: UM ESTUDO SOBRE A DENGUE NO MUNICÍPIO DE PAULÍNIA - SP

Palavras-Chave: mudanças climáticas, dengue, Paulínia

Autores(as):

GUSTAVO SANTOS FAZAN, IG – UNICAMP

Prof^a. Dr^a. ALINE PASCOALINO (orientadora), IG - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A primeira metade do século XXI é decisiva para determinar o futuro da humanidade no planeta, pois as mudanças climáticas precisam ser minimizadas para que a vida humana, como conhecemos hoje, continue a existir (Marques, 2018). Essa emergência climática é proveniente de diversos fatores que sistemicamente interagem com a dinâmica atmosférica, tais como poluição do ar, água e solos, degradação de florestas, queima de combustíveis fósseis, cultura alimentar baseada em animais, entre outros. Dessa forma, a continuidade dos impactos ambientais do sistema capitalista coloca em risco as possibilidades de produção e reprodução da vida humana.

A existência de animais humanos e não-humanos, além dos elementos físicos do planeta, está ameaçada na medida em que as mudanças climáticas ocasionam condições extremas, como intensificação de desastres¹ (secas, ondas de calor ou frio, inundações, furacões, entre outros), aumento da temperatura planetária (com impacto nos oceanos e plantações, por exemplo) e aumento da propagação de doenças infecciosas transmitidas pela água ou por vetores animais. No caso das arboviroses², as mudanças climáticas criam condições mais favoráveis à sobrevivência dos vetores e dos patógenos, além de acelerar seus ciclos de reprodução e suas áreas de distribuição no espaço geográfico, podendo habitar latitudes e altitudes maiores (Galati; et al., 2015).

No Brasil, a principal arbovirose é a dengue, transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, também transmissor de febre amarela, chikungunya e zika. Nos últimos anos, o país tem enfrentado epidemias em sequência, atingindo recorde histórico de mortes em 2024, de 1.888 óbitos evitáveis nas primeiras dezesseis semanas epidemiológicas (SE)³ do ano respectivo (Brasil, 2024), distribuídos por todo território nacional e observados os quatro sorotipos da dengue.

Para além dos fatores ambientais e climáticos, os fatores socioeconômicos interferem na vulnerabilidade à doença, destacando as condições socioespaciais dos meios urbanos como determinantes para reprodução do vetor, sendo inversamente proporcional o planejamento urbano e as condições de saneamento com a possibilidade de ocorrência dos casos. Isso é ocasionado pela irregularidade na distribuição de água, forçando situações de armazenamento de água para uso posterior, que podem não ser feitas corretamente, ou pela falta de saneamento básico, ou escoamento da água, meio necessário para reprodução do mosquito

¹ Os desastres socioambientais não são apenas de origem natural e imponderáveis, mas resultantes de fatores físicos sobre territórios em condições de suscetibilidade e populações em vulnerabilidade socioambiental (Freitas, 2014).

² Arboviroses são doenças virais transmitidas por artrópodes, como mosquitos e carrapatos.

³ Semana epidemiológica (SE) é a padronização internacional da contagem de semanas do ano de domingo a sábado, sendo 52 ou 53 SE ao longo do ano e facilitando comparações de dados entre os países.

(Ribeiro; et al., 2020). Além disso, é necessário considerar fatores de risco para a doença, como idade, doenças base preexistentes e reinfecção (que pode ocorrer até quatro vezes, uma para cada sorotipo da dengue), bem como a educação ambiental e engajamento da população em evitar focos da doença.

Em escala local, a presente pesquisa propôs um enfoque no município de Paulínia, cidade localizada na Região Metropolitana de Campinas, com população de 110.537 habitantes e maior PIB per capita do estado de São Paulo (IBGE, 2022). No último ano, foram confirmados 4.325 casos de dengue (Brasil, 2024), distribuídos em todas as regiões da cidade, e um óbito. O caso de Paulínia apresenta algumas características peculiares, pois a cidade tem grau de urbanização de 99,91% e a maior taxa de crescimento geométrico da região, 2,45% ao ano (Seade, 2021), impulsionando a construção de condomínios residenciais horizontais fechados, geralmente de classe média/média-alta e com uso frequente de espécies de bromélias (*Bromeliaceae*) nos projetos paisagísticos, sendo potenciais criadouros de dengue pelo acúmulo de água em sua estrutura (Machado, 2023). Ademais, a alta taxa de urbanização em edificações horizontais (casas) também pode elevar a taxa de incidência da doença (Mendes, 2023). Devido ao tempo de execução, esta pesquisa concentrou-se em investigar a relação entre a variação dos elementos climáticos e os casos de dengue registrados no município.

Para analisar da relação entre a variação das temperaturas e da pluviometria com o aumento do número de casos de dengue no município de Paulínia, foram utilizados dados pluviométricos para verificar se houve aumento de casos em trimestres chuvosos e em períodos com anomalias térmicas positivas, entendendo que tais condições climáticas podem agravar a incidência de dengue (Barcellos, 2024). A série histórica estudada é de 2015 a 2024, englobando, no ano inicial, a maior epidemia de dengue da década passada, coincidente com período de alteração pluviométrica de estiagem, superada nos últimos anos, com índices de chuva elevados. Em relação à dengue, foram utilizados dados de saúde referentes ao número de casos confirmados da doença no município de Paulínia por semana epidemiológica.

Para o aprofundamento científico sobre a temática estudada, foi utilizado um arcabouço teórico-prático baseado nos preceitos da climatologia geográfica, no materialismo histórico-dialético, nas proposições de epidemiologia da saúde pública e nos sistemas de informação geográfica, articulando autores como Ferreira (2003), Mendes (2022) e Barcellos (2024). Identificou-se correlações entre as alterações térmicas positivas e o aumento do número de casos de dengue, fornecendo subsídio técnico para ações de prevenção em saúde.

MATERIAS E MÉTODOS:

Para realização do proposto, procedeu-se um levantamento bibliográfico a partir da busca por palavras-chaves, como ‘dengue’ e ‘mudanças climáticas’, em repositórios científicos, como Web of Science, Scopus, Scielo e Biblioteca da Unicamp. Foram aplicados critérios de inclusão e exclusão de artigos, teses e dissertações para definir a seleção e prioridades de leitura. Após, foi realizada a revisão da bibliografia selecionada, com objetivo de efetivar a fundamentação teórica. As referências foram selecionadas com auxílio de ferramentas de inteligência artificial próprias para uso acadêmico, como Scispace e Elicit, organizadas e revisadas através do *software* livre Zotero. Elaborou-se uma tabela para sistematizar a revisão bibliográfica, agrupando os artigos dispostos em colunas contendo ‘ano da publicação’, ‘título do artigo’, ‘periódico’, ‘autor(as/es)’, ‘localização’, ‘coordenadas’, ‘período estudado’, ‘variáveis climáticas analisadas’, ‘métodos estatísticos’, ‘variável de temperatura’, ‘*time lag*’, ‘direção da associação’, ‘magnitude do efeito’, ‘outros fatores climáticos’, ‘*time lag* 2’, ‘direção da associação 2’, magnitude do efeito 2’.

Os dados sobre dengue foram obtidos através do site do governo do Estado de São Paulo ‘CVE - Centro de Vigilância Epidemiológica “Prof. Alexandre Vranjac”’. Os dados

termopluviométricos foram obtidos junto ao site ‘Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo’, exportados ano a ano e sistematizados através do *software* Excel. Devido à erros ou lacunas de dados da fonte citada, foram solicitados os mesmos dados ao Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas (CEPAGRI) da Unicamp, sendo utilizados esses devido à maior consistência. Foram trabalhados da mesma forma já citada para possibilitar a correlação entre as variáveis climáticas selecionadas, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação, e casos de dengue. Os dados obtidos, na frequência diária, foram agrupados em semanas epidemiológicas através de média simples (para as temperaturas) e soma (para a precipitação). Os gráficos de linhas e colunas com a correlação proposta foram produzidos através do software online ‘Plotly’ em sua versão gratuita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Em relação à revisão bibliográfica, foram trabalhados, inicialmente, os textos de Confalonieri; et al. (2002); Galati; et al. (2015); Silva e Guimarães (2018); Uchoa, Lustosa e Uchoa (2019); Ribeiro; et al. (2020); Soares, Araújo e Almeida (2021); Mendes e Ferreira (2023); Lima-Camara (2024); e Gomes; et al. (2024). Em Confalonieri; et al. (2002) foi possível compreender como, há duas décadas, cientistas brasileiros já discutiam sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde humana, com destaque para a intensificação das arboviroses, assinalando o impacto ambiental das atividades agroindustriais capitalistas e propondo medidas para mudanças. Tais questões foram retomadas por Silva e Guimarães (2018), considerando a perspectiva da educação ambiental e política pública, e por Uchoa, Lustosa e Uchoa (2019), lembrando que “ao serem criadas condições ambientais mais favoráveis à reprodução e à sobrevivência de patógenos e vetores, as mudanças climáticas poderão acelerar os ciclos de transmissão bem como estender as suas áreas de distribuição geográfica, tanto para latitudes quanto para altitudes maiores” (p. 14), compreensão que norteou o interesse inicial pelo tema aqui trabalhado.

Em relação à bioecologia do mosquito *Aedes Aegypti*, os principais estudos utilizados foram os de Galati; et al. (2015) e de Lima-Camara (2024), que reúnem dados sobre a aceleração do tempo de desenvolvimento entre o ovo e o adulto do mosquito, do Período de Incubação Extrínseco (PIE) do vírus e aumento da antropofilia em relação ao aumento da temperatura do ar. Outros trabalhos similares ao proposto aqui, foram realizados em outros municípios/estados, como os de Soares, Araújo e Almeida (2021) e Gomes; et al. (2024), respectivamente em Fortaleza - CE e Minas Gerais. Ambos, utilizando diferentes métodos estatísticos para correlacionar as variáveis climáticas e de casos da doença, constataram aumento dos casos relacionados às mudanças climáticas. Soares, Araújo e Almeida (2021) destacam as variáveis meteorológicas temperatura mínima, temperatura máxima, velocidade do vento e precipitação como as mais impactantes, enquanto Mendes e Ferreira (2023) pontuam a temperatura mínima do ar como fator protetivo (quando moderadas ou extremamente frias) ou fator de risco (quando quentes moderadas).

Em relação à fatores socioeconômicos e ambientais, Mendes e Ferreira (2023) destacam em seu estudo a relação de moradias tipo casas nos setores censitários, a proximidade de pontos estratégicos (“loais onde há concentração de depósitos do tipo preferencial para a desova da fêmea do *Ae. aegypti* ou especialmente vulneráveis à introdução do vetor” (p. 403)) e a alta densidade populacional como principais fatores para aumento das taxas de incidência da dengue. Em consonância com o estudo citado anteriormente, Ribeiro; et al. (2020) destacam as condições socioespaciais das cidades como fatores determinantes para a ocorrência da doença, indicando que “quanto menor for o planejamento urbano e as condições de saneamento, maiores serão as possibilidades da ocorrência de casos” (p. 336), sendo, portanto, as periferias das cidades, muitas vezes sem saneamento básico ou

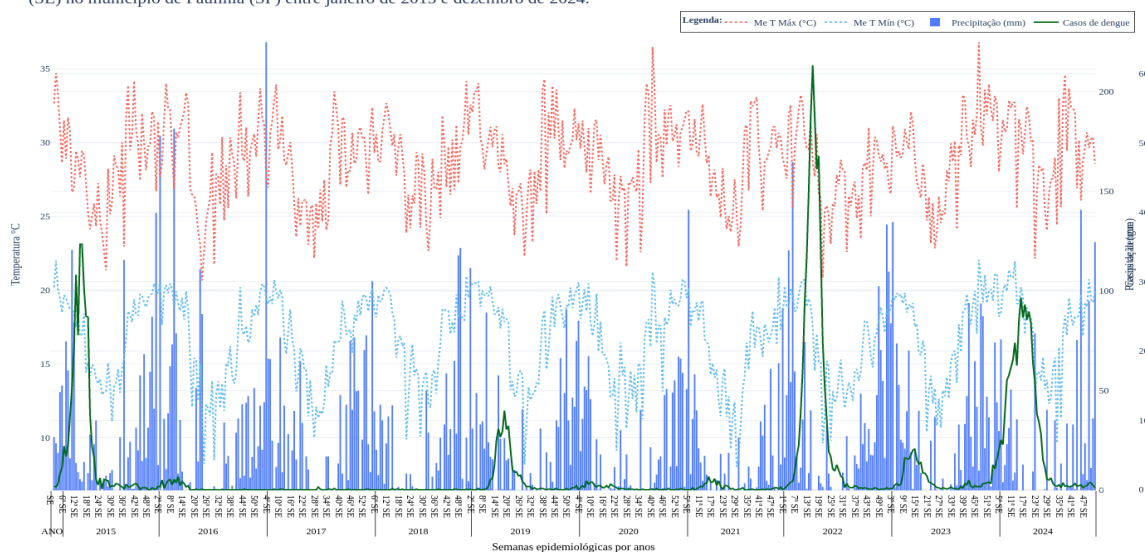
escoamento de água adequado e com maior dificuldade de atuação de agentes de saúde, localidades com maior concentração da doença.

A segunda parte da revisão bibliográfica se deu com a sistematização de artigos que trabalhavam mais diretamente com a relação entre variáveis climáticas e casos de dengue no território brasileiro. Foram trabalhados 21 artigos, publicados entre 2015 e 2025 em periódicos nacionais e internacionais. Tal sistematização foi iniciada com a intenção de verificar quais métodos estatísticos eram mais apropriados para realizar a associação proposta, quais as variáveis climáticas mais utilizadas em estudos similares e porquê e para verificar a direção das associações (positivas, neutras e negativas). Durante seu percurso, observou-se que estudos similares utilizaram métodos estatísticos e computacionais e variáveis distintas, chegando à conclusões semelhantes.

Nos 21 artigos estudados, foi observada a utilização de 17 métodos estatísticos diferentes. Entre as variáveis climáticas, a temperatura (máxima e/ou mínima e/ou média) apareceu em 20 vezes, a precipitação 17 vezes, a umidade do ar 9 vezes e a velocidade do vento 3 vezes. Em relação aos resultados, o *time lag* entre a variável temperatura e os casos de dengue, nos estudos que fizeram tal associação, variou de 0 a 2 dias até 9 meses, sendo a média de 8 semanas. Em relação à direção da associação entre temperatura e casos de dengue, foram verificadas 17 associações positivas, 3 negativas e 2 nulas. Em relação ao *time lag* entre a variável precipitação e os casos de dengue, nos estudos que fizeram tal associação, variou de 1 a 9 meses, sendo a média de 8 a 12 semanas. Foram verificadas 13 associações positivas, 4 nulas e 1 negativa.

Com os dados termopluviométricos e de casos de dengue, agrupados em semanas epidemiológicas por anos, psoduziu-se o seguinte gráfico:

Relação entre variáveis climáticas (médias de temperaturas máximas, temperaturas mínimas e precipitação) e casos de dengue por semanas epidemiológicas (SE) no município de Paulínia (SP) entre janeiro de 2015 e dezembro de 2024.



Apesar de não haver tido tempo hábil para compreender e aplicar métodos estatísticos para uma análise quantitativa mais refinada, é possível analisar, a partir do exposto, a correlação entre variáveis climáticas e casos de dengue no município de Paulínia-SP. Atenta-se, especialmente, para picos de casos de dengue de 4 a 8 semanas após variações térmicas positivas, com máximas acima de 30°C, e acumulados de precipitação, condições ideais para a reprodução do vetor da doença.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A análise de variáveis climáticas (temperatura e precipitação) e casos de dengue no município de Paulínia (SP) na série histórica 2015 - 2024 aponta correlações positivas, a

serem quantificadas por métodos estatísticos no desenvolvimento da Iniciação Científica a que o presente banner está vinculado. Os padrões observados estão em conformidade com evidências e correlações encontradas por diversos trabalhos realizados em diversos locais do Brasil e de outros países tropicais a partir de metodologias distintas.

Os resultados observados reforçam a importância de atuação do setor de Vigilância Epidemiológica dos municípios a partir de informações dos sistemas de monitoramento climáticos para implementar ações estratégicas de controle do vetor e conscientização da população, principalmente no contexto de intensificação das mudanças climáticas.

Ainda, se faz necessário avançar nos estudos de georreferenciamento dos casos de dengue para verificar a relação entre a distribuição espacial da doença e áreas de vulnerabilidade socioambiental.

BIBLIOGRAFIA

CONFALONIERI, Ulisses Eugenio Cavalcanti; et al. Mudanças Globais e Desenvolvimento: Importância para a Saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, Brasília-DF, vol. 11, n. 3, p. 139-154, jul/set. 2002.

GALATI, Eunice Aparecida Bianchi. Mudanças climáticas e saúde urbana. **Revista USP**, São Paulo-SP, n. 107, p. 79-90, out/nov/dez. 2015.

GOMES, João Pedro Medeiros; RIBAS, Igor Magaton; VALADARES, Pedro Augusto Rosa; JARDIM, Lucas Santos; NOGUEIRA, Mário Círio; FERREIRA, Cássia de Castro Martins; WATANABE, Aripuanã Sakaruda Aranha; FERREIRA, Letícia de Castro Martins. Relação entre temperatura do ar e incidência de dengue: estudo de séries temporais em Minas Gerais, Brasil (2010-2019). **Cadernos de Saúde Pública** [online], v. 40, n. 3, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Portal Cidades@. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/paulinia/panorama>>. Acesso 15 abr 2024.

LIMA-CAMARA, Tamara Nunes. A dengue é produto do meio: uma abordagem sobre os impactos do ambiente no mosquito *Aedes aegypti* e nos casos da doença. **Revista Brasileira de Epidemiologia** [online], v. 27, 2024.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. 3ª ed. revista. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2018.

MENDES, Jessica Andretta; FERREIRA, Marcos César. A epidemia de dengue em Campinas-SP em 2015 e sua relação com fatores socioeconômicos e ambientais. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 24, n. 93, p. 402-423, jun. 2023.

RIBEIRO, Ana Clara Machado. Condições socioambientais relacionadas à permanência da dengue no Brasil - 2020. **Revista Saúde e Meio Ambiente - RESMA**, Três Lagoas-MS, v. 11, n. 2, p. 326-340, ago/set. 2020.

SÃO PAULO. **Centro de Vigilância epidemiológica “Prof. Alexandre Vranjac” (CVE)**. Secretaria da Saúde, 2025. Disponível em: <<https://saude.sp.gov.br/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica-prof.-alexandre-vranjac/>>. Acesso 28 maio 2025.

SILVA, Clélia Christina Mello; GUIMARÃES, Mauro. Mudanças climáticas, saúde e educação ambiental como política pública em tempos de crise socioambiental. **Revista de Políticas públicas**. São Luís-MA, vol. 22, p. 1151-1170, 2018.

SOARES, Patrícia Vieira; ARAÚJO, Roberto Alan Ferreira de; ALMEIDA, Moisés Eudócio. A Influência das Variáveis Meteorológicas na Ocorrência de Casos de Dengue em Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia** [online], v.36, n. 4, p. 759-766, 2021.

UCHOA, Natalia Macedo; LUSTOSA, Romário Pinheiro; UCHOA, Francisco Nataniel Macedo. Relação entre mudanças climáticas e saúde humana. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 11-12, fev. 2019.