III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

APRENDIZAGEM DE MÁQUINA PARA PREVISÃO DE CASOS DE DENGUE PARA REGIONAIS DE SAÚDE DE SANTA CATARINA

Everton Weber Galliani (1); Matheus Ferreira de Souza (2); Amanda Rodrigues Joris (3); Mário Francisco Leal de Quadro (3); Beatriz Campanharo Garcia Carneiro (4); Dirceu Luís Herdies (5); Caroline Bresciani (6); Michel Nobre Muza (6); Murilo Ferreira dos Santos (4); Amanda Caroline dos Santos Bezerra (6); Júlia Barreto da Silva (6), Adriano Vitor (6).

(1) graduando, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), evertongalliani@gmail.com;
(2) mestre, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), matheus.f30@aluno.ifsc.edu.br;
(3) Designer, Inpetu Hub/Sapiens Parque, amandajoris2@gmail.com;
(4) Universidade Federal de Santa Catarina;
(5) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
(6) Instituto Federal de Santa Catarina

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver modelos previsores de casos prováveis de dengue para as 17 regionais de saúde do Estado de Santa Catarina. A metodologia integrou dados meteorológicos de temperatura (*SAMeT*) e precipitação (*MERGE*) no período de 2000 a 2024, organizados por semanas epidemiológicas e agregados por regionais de saúde. A esses, foram combinados dados entomológicos (focos de *Aedes* spp.) e epidemiológicos (casos de dengue) da Diretoria de Vigilância Epidemiológica (DIVE/SC), também organizados por semanas epidemiológicas e agregados por regionais de saúde. A partir desse conjunto, foram construídos modelos preditivos, baseados em Aprendizado de Máquina por algoritmo *Random Forest Regressor* e implementados em *Python 3*. O desempenho da modelagem computacional preditiva foi avaliado comparando as previsões com a quantidade de casos observados durante as semanas de previsão. Os resultados demonstraram que os modelos apresentaram bons ajustes para regionais com maior número de casos de dengue, destacando-se as regionais Alto Uruguai Catarinense e Grande Florianópolis; assim como baixa confiabilidade para regionais com menores quantidades. Conclui-se que o modelo é eficaz para subsidiar a elaboração de Boletins Epidemiológicos, auxiliando o planejamento das ações de vigilância em saúde no Estado.

Palavras-chave (máximo 5): Modelagem Computacional, Temperatura, Precipitação, Epidemiologia, Random Forest.

1. INTRODUÇÃO

A meteorologia é uma área extremamente abrangente e influencia a grande maioria dos aspectos da sociedade. Um de seus principais produtos é a previsão do tempo, seja para previsões próximas, na escala de horas ou dias, ou previsões longas, para semanas e meses (INMET, 2025). A área da saúde não está alheia às influências do tempo. Stolerman, Maia e Kutz (2019) apontam que a proliferação dos mosquitos vetores da dengue, o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus* (Linnaeus, 1792), está fortemente atrelada a variáveis meteorológicas, sobretudo temperatura e precipitação.

O Estado de Santa Catarina (SC) se encontra na região Sul do Brasil, onde o perfil de precipitação é bastante elevado e bem distribuído ao longo do ano. O território está sob constante influência de diversos sistemas meteorológicos, em especial Frentes Frias, Ciclones Extratropicais, Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis e Complexos Convectivos de Mesoescala (REBOITA et al., 2010). O perfil de temperatura, além de ser influenciado pela sazonalidade, é fortemente influenciado pelo relevo e pela formação da Serra do Mar. O resultado são temperaturas maiores na porção litorânea e nas regiões próximas à Argentina e menores nas regiões centrais do Estado.

De acordo com o Informe Epidemiológico n° 34/2024 da Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina (DIVE/SC), último informe referente ao ano de 2024, foram identificados no Estado 68.465

focos do mosquito *Aedes aegypti* em 257 dos 295 municípios catarinenses. Desses, 175 foram considerados infestados. Com relação à dengue, ao longo do ano foram realizadas 575.629 notificações da doença, das quais 336.986 foram consideradas casos prováveis. O número de casos prováveis da doença representou um aumento de 145,85% em relação ao ano de 2023.

A partir da íntima relação entre o surgimento de novos casos de dengue e os perfis de temperatura e precipitação, assim como a quantidade de focos de *Aedes* spp., Souza (2024) em seu Produto Técnico-Tecnológico desenvolveu uma ferramenta de previsão de casos de dengue. O modelo previsor utiliza de dados de quantidade de focos dos mosquitos, casos da doença, produtos de reanálises e observações de temperatura - *SAMeT* (ROZANTE et al., 2010; INPE, 2026a) -, combinação de observação e estimativas de precipitação - *MERGE (*ROZANTE et al., 2021; INPE, 2026b*)* e dados de previsão do tempo para duas semanas (*GFS*). A partir desse conjunto de informações, o PTT é capaz de fornecer uma previsão de até três semanas para o comportamento dos casos da doença para os municípios analisados.

O modelo previsor tem sido utilizado para a elaboração de Boletins Epidemio-meteorológicos, consistindo em análises meteorológicas de precipitação e temperatura; entomológicas de quantidade de focos de *Aedes* spp. e focos ponderados por população e; epidemiológicas de quantidade de casos prováveis de dengue e incidência da doença (casos por 100 mil habitantes). O boletim, então, é enviado à DIVE/SC e compartilhado com as 17 regionais da saúde, organização "crucial para adaptar as diretrizes do estado e do **Sistema Único de Saúde (SUS)** às necessidades locais, promovendo uma gestão mais próxima e eficiente dos serviços de saúde" (SANTA CATARINA, 2026).

2. OBJETIVO

Considerando o andamento dos Boletins Epidemio-meteorológicos e a metodologia de trabalho da DIVE/SC, o objetivo do trabalho é elaborar modelos previsores de casos de dengue para as 17 regionais de saúde do Estado de Santa Catarina, seguindo e adaptando a metodologia desenvolvida por Souza (2024).

3. MÉTODO

3.1. Meteorologia

Foram selecionados dados dos produtos *SAMeT* e *MERGE* para, respectivamente, temperaturas máxima, média e mínima a 2 m e para precipitação. Os arquivos são no formato netCDF, contendo informações sobre o valor das variáveis observadas, tempo, latitude e longitude. Em ambos os produtos, as coordenadas selecionadas foram entre 29.45° S e 25.65 °S, para latitude, e 54.15° O e 47.85° O, para longitude, recortando o Estado de Santa Catarina. Já o recorte temporal se deu a partir de primeiro de janeiro de 2000 para o *SAMeT* e 06 de junho de 2000 para o *MERGE*, ambos até 31 de dezembro de 2024.

Recortados espacial e temporalmente os arquivos, foram utilizados *shapefiles* para delimitação dos municípios do Estado. A partir disso, os polígonos dos municípios foram reorganizados em 17 outros polígonos, referentes às regionais de saúde como trabalhado pela DIVE/SC. Com isso, os arquivos netCDF foram delimitados de forma a analisar as semanas epidemiológicas (PAHO, 2016), tendo início no domingo e fim no sábado. A primeira semana epidemiológica do ano é aquela que contém o dia 4 de janeiro daquele ano, o que faz com que alguns anos tenham até 53 semanas (como 2025, com início dia 29/12/2024 e fim 03/01/2026). Para cada uma das semanas epidemiológicas foram calculados os acumulados de precipitação de todos os pontos de grade dos 7 dias e, em seguida, calculada a média de todos os pontos internos ao polígono referente a cada regional de saúde. Para as temperaturas máximas, médias e mínimas foram calculadas as médias semanais para cada ponto de grade e, em seguida, a média total para cada regional.

Concluindo a etapa, foram obtidos quatro arquivos CSV (um para cada variável meteorológica) com a data de início da semana epidemiológica na primeira coluna, o número da semana epidemiológica na segunda e, a partir da terceira, os dados referentes às variáveis para cada regional de saúde catarinense. Com as séries históricas organizadas, foram elaborados outros quatro arquivos referentes à climatologia por semana epidemiológica, onde foram calculadas as médias para as variáveis meteorológicas para os 24 anos de dados.

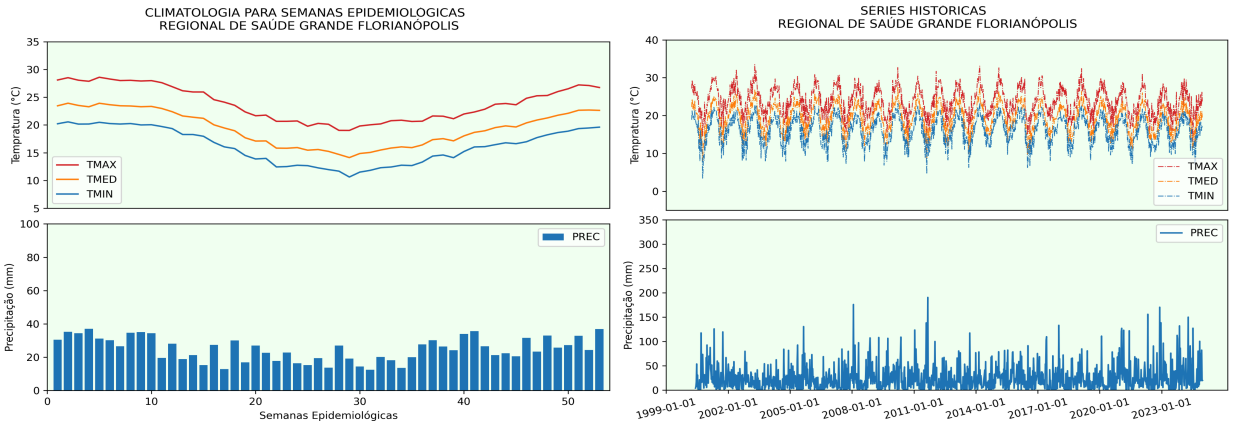


Figura 1 - Climatologia para semanas epidemiológicas e série histórica para temperatura máxima, média e mínima e precipitação da regional de saúde da Grande Florianópolis (elaboração própria).

3.2. Entomo-epidemiologia

Com relação aos dados de saúde, foram utilizadas informações sobre a quantidade de casos e focos de dengue nos municípios catarinenses.

Os dados entomológicos foram obtidos diretamente através da DIVE/SC, com registros diários e municipais, sem valores para os dias de fim de semana. Os dados também foram organizados por municípios e são, em sua maioria, provenientes de larvitrampas, com alguns oriundos de Ponto Estratégico, Denúncia, LIRAa. O recorte temporal das informações teve início em 2012 e fim em 2024 e envolvem pernilongos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.

Os dados epidemiológicos são referentes aos casos confirmados de dengue, também em frequência semanal (de semanas epidemiológicas) e foram obtidos na plataforma TABNET-SINAN da DIVE/SC. Os registros tiveram início em 2014 e, para o presente trabalho, se desdobram até o ano de 2024 (Figura 2), ano em que houve alteração na metodologia adotada pela Diretoria de Vigilância Epidemiológica, passando a utilizar casos prováveis de dengue (confirmados, suspeitos e inconclusivos) (SANTA CATARINA, 2024).

Uma vez selecionados os dados epidemiológicos e entomológicos, os mesmos foram organizados por regionais de saúde, realizando a soma de todos os municípios de cada regional, para cada semana epidemiológica.

3.3. Modelagem

Seguindo o produto técnico-tecnológico desenvolvido por Souza (2024), os modelos previsores são implementados, treinados e testados a partir de *dataframes*, estruturas de dados bidimensionais, sendo um para cada regional de saúde do Estado catarinense. Cada *dataframe* de treinamento consiste em uma tabela com colunas de data, número de casos de dengue, número de focos de *Aedes* spp., valores de precipitação, temperatura máxima, média e mínima, totalizando sete colunas. A variável dependente do *dataframe* é o próprio registro de casos de dengue, enquanto as variáveis explicativas são casos, focos de *Aedes* spp., precipitação e temperatura observados; sendo que as variáveis explicativas apresentam defasagem temporal. Para o treinamento, é realizada a retroação dos dados partindo do horizonte de previsão (quantas semanas a frente serão previstas, no caso deste estudo, duas semanas), resultando em linhas com informações sobre a quantidade de casos observados naquela semana; casos, focos, precipitação e temperatura observados duas semanas antes, na semana antes dela e assim até atingir o número de retroações. Dessa maneira, para realizar a previsão para a semana epidemiológica n° 24, são necessárias as informações das semanas 15 a 22. No presente trabalho, serão realizadas as previsões para as semanas epidemiológicas 25 e 26 do ano de 2024.

4. RESULTADOS

Mesmo com dados disponíveis até 22 de dezembro de 2024, os resultados são melhores apresentados com recortes até junho do mesmo ano. O recorte é justificado pelo comportamento da doença nos dois períodos; junho possuindo uma quantidade mais elevada, após a máxima de casos, e dezembro tendo a maioria das regionais sem registros (ou muito próximos de zero) da doença.

Dessa maneira, nos gráficos a seguir são exibidas as curva de casos de dengue observados (em roxo, com linha tracejada e marcadores triangulares) em comparação com as curvas de casos previstos (em vermelho, com linha pontilhada e marcadores circulares). Também são exibidos os casos reais observados nas semanas de previsão, em verde, com marcadores quadriculados. O recorte temporal foi feito de 21 de

janeiro de 2024 (a terceira semana epidemiológica do ano) a 02 de junho de 2024 (23ª semana epidemiológica do ano).

A partir dos gráficos (Figura 2) pode-se observar que as curvas de previsão se ajustam bem às de observação, indicando que os modelos treinados e alimentados com variáveis explicativas condizentes retornam previsões condizentes com o observado. As curvas de previsão em vermelho também se ajustaram bem às curvas em verde, indicando que os modelos previsores concordaram com o observado, especialmente na segunda semana de previsão.

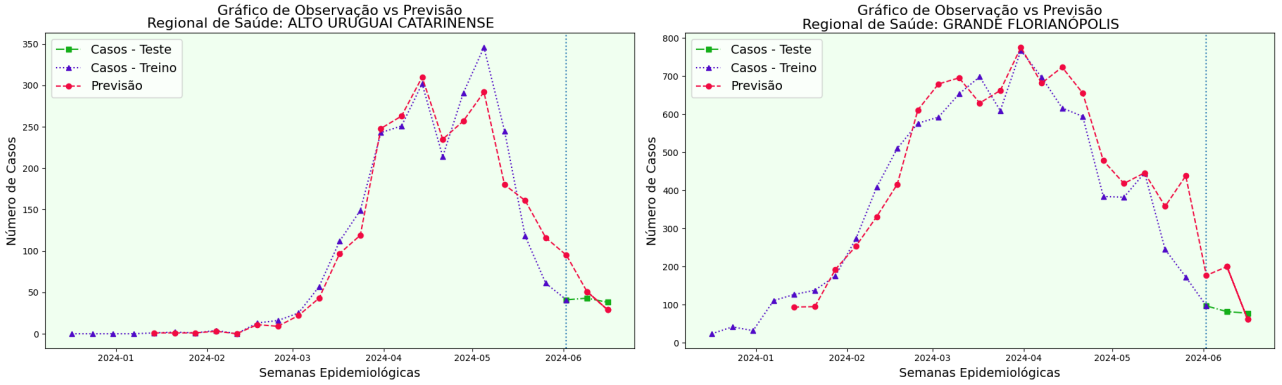


Figura 2 - Previsão de casos de dengue para a semana epidemiológica n° 24 para o Alto Uruguai Catarinense e Grande Florianópolis (elaboração própria).

A Figura 3 indica dois mapas de casos de dengue para a semana epidemiológica n° 25, um para a primeira semana de previsão e outro para os observados. Pode-se observar que os modelos previsores (Figura 3a) destacam três regionais (Nordeste, Vale do Itapocu e Médio Vale do Itajaí) e que as mesmas são as mais evidentes na figura de casos reais (Figura 3b)

A partir dos gráficos (Figura 2) pode-se observar que as curvas de previsão se ajustam bem às de observação, indicando que os modelos treinados e alimentados com variáveis explicativas condizentes retornam previsões condizentes com o observado. As curvas de previsão em vermelho também se ajustaram bem às curvas em verde, indicando que os modelos previsores concordaram com o observado, especialmente na segunda semana de previsão, ainda que as previsões sejam superestimadas. Os modelos também superestimaram o oeste do Estado e a Grande Florianópolis e não puderam ser avaliados (a partir da cartografia) para regionais com pouca quantidade de casos (como Serra Catarinense).

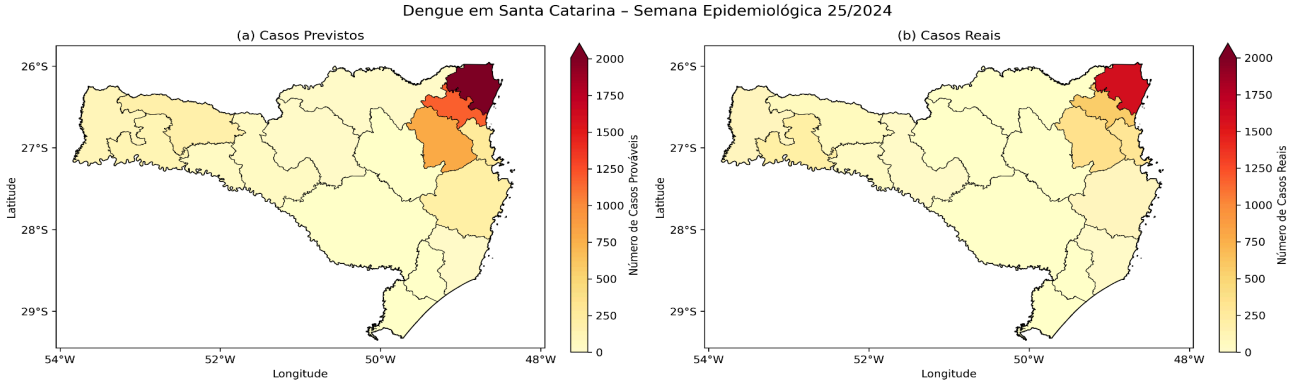


Figura 3 - Previsão de casos de dengue para a semana epidemiológica n° 25 para o Estado de Santa Catarina (elaboração própria).

5. CONCLUSÕES

Os modelos previsores para as 17 regionais se ajustaram ao observado de forma mais satisfatória nas regionais com maiores números de casos de dengue, como Alto Uruguai Catarinense, e menos satisfatória em racionais com menos casos, como a Serra Catarinense. Dessa maneira, a abordagem baseada em dados meteorológicos, entomológicos e epidemiológicos é eficaz para a previsão de dengue em regiões com histórico consistente da doença, podendo contribuir para o planejamento das ações de vigilância em saúde no Estado catarinense. Para regionais com uma pequena quantidade de registros da doença, como Carbonífera e Serra Catarinense, os modelos não acompanham os padrões do fenômeno observado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INMET. **Sobre Meteorologia.** Acesso em 20 mar. 2026. Online. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia. 2025a.

INPE. **MERGE**. Disponível em: https://data.inpe.br/dados/merge/. Acesso em: 05 mar. 2026.

INPE. **SAMeT**. Disponível em: https://data.inpe.br/dados/samet/. Acesso em: 05 mar. 2026.

LINNAEUS, 1762. Aedes aegypti. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (2025). **Integrated Taxonomic Information System (ITIS).** Online. Acessado em 30 abr. 2025. Disponível em: Checklist dataset https://doi.org/10.5066/f7kh0kbk via GBIF.org.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. ***Epidemiological calendar 2016*: a basic element for the use of the time variable in health surveillance.** Washington, D.C.: Communicable Diseases and Health Analysis (CHA), 2016. Disponível em: https://www.paho.org/sites/default/files/2016-cha-epidemiological-calendar.pdf. Acesso em: 30 mar. 2026.

REBOITA, M. S. et al. **Regimes de precipitação na américa do sul: uma revisão bibliográfica.** Revista Brasileira de Meteorologia, SciELO Brasil, v. 25, p. 185–204, 2010.

ROZANTE, J. R.; GUTIERREZ, E. R.; FERNANDES, A. A.; VILA, D. A. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. **Weather and Forecasting**, v. 25, n. 3, p. 885–894, 2010.

ROZANTE, J. R.; RAMIREZ, E.; FERNANDES, A. A. A newly developed South American Mapping of Temperature with estimated lapse rate corrections. **International Journal of Climatology,** v. 42, n. 4, p. 2135–2152, 2021.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Saúde. **Regionais de Saúde.** Disponível em: https://www.saude.sc.gov.br/index.php/pt/ses-sc/regionais-de-saude. Acesso em: 25 mar. 2026.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Saúde. Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina. **Informe Epidemiológico nº 34/2024: Vigilância Entomológica do Aedes aegypti e Situação Epidemiológica de Dengue, Chikungunya e Zika em Santa Catarina.** 2024.

SOUZA, M. F. d. **Análise das Relações entre Elementos Climatológicos, Focos de Aedes sp. e Casos de Dengue no Estado de Santa Catarina.** 2024. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) - Curso de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente, Instituto Federal de Santa Catarina.

STOLERMAN, L. M.; MAIA, P. D.; KUTZ, J. N. **Forecasting dengue fever in Brazil: An assessment of climate conditions.** PLOS ONE, Public Library of Science (PLoS), v. 14, n. 8, p. e0220106, , 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC), que financiou este trabalho sob o processo nº 1614/2024. Os autores também agradecem o apoio do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pela infraestrutura disponibilizada; e à Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis pelo suporte institucional ao projeto.