

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

MATHEUS FERREIRA DE SOUZA

**Análise das Relações entre Elementos Climatológicos,
Focos de *Aedes* sp. e Casos de Dengue no Estado de Santa Catarina**



**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

FLORIANÓPOLIS, 2024.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

MATHEUS FERREIRA DE SOUZA

**Análise das Relações entre Elementos Climatológicos,
Focos de *Aedes* sp. e Casos de Dengue no Estado de Santa Catarina**

Dissertação submetida ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre Profissional em Clima e Ambiente.

Orientador:
Prof. Mário Francisco Leal de Quadro, Doutor em Meteorologia.

Coorientadores:
Prof. Adriano Vitor, Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia.
João Augusto Brancher Fuck, Doutor em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental.

FLORIANÓPOLIS, 2024.

CDD 551.69
S729a

Souza, Matheus Ferreira de

Análise das relações entre elementos climatológicos, focos de *Aedes* sp. e casos de dengue no estado de Santa Catarina [DIS] / Matheus Ferreira de Souza; orientação de Mário Francisco Leal de Quadro; coorientação de Adriano Vitor e João Augusto Brancher Fuck – Florianópolis, 2024.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Variabilidade climática. 2. Geomedicina. 3. Saúde única. 4. Zoonose. 5. *Aedes aegypti*. I. Quadro, Mário Francisco Leal de. II. Vitor, Adriano. III. Fuck, João Augusto Brancher. IV. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluno (a): **MATHEUS FERREIRA DE SOUZA**

Título:	Análise das Relações entre Elementos Climatológicos, Focos de Aedes sp. e Casos de Dengue no Estado de Santa Catarina
----------------	---

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**

Dr(a). **MARIOFRANCISCOLEALDEQUADRO**

Documento assinado digitalmente
MARIO FRANCISCO LEAL DE QUADRO
Data: 13/12/2024 12:45:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) / Presidente / IFSC / Florianópolis – SC

Participação: (X) Presencial () Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Dr(a). **MICHELNOBREMUZA**

Documento assinado digitalmente
MICHEL NOBRE MUZA
Data: 16/12/2024 15:20:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis – SC

Participação: (X) Presencial () Videoconferência
(X)Aprovado ()Reprovado

Dr(a). **EDUARDOAUGUSTOWERNECKRIBEIRO**

Documento assinado digitalmente
EDUARDO AUGUSTO WERNECK RIBEIRO
Data: 16/12/2024 17:08:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Interno / IFC / Blumenau - SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência
(X)Aprovado ()Reprovado

Dr(a). **MARIAGERTRUDESALVAREZJUSTIDASILVA**

Documento assinado digitalmente
MARIA GERTRUDES ALVAREZ JUSTI DA SILVA
Data: 14/12/2024 07:55:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Externo / UENF / Macaé - RJ

Participação: (X) Presencial () Videoconferência
(X)Aprovado ()Reprovado

Dr(a). **THARINE APARECIDA DAL-CIM**

Documento assinado digitalmente
THARINE APARECIDA DAL CIM
Data: 17/12/2024 10:42:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Externo / DIVE / Florianópolis - SC

Participação: (X) Presencial () Videoconferência
(X)Aprovado ()Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:
() maioriasimples (X) **unanimidade**

Florianópolis, 12 de dezembro de 2024.

Dedico este trabalho ao avanço e persistência da ciência, especialmente nos períodos conturbados. Também dedico a todos que tiveram a vida cessada, seja por falsa informação, desinformação ou negação da ciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a minha família, pelo suporte prestado, especialmente ao meu pai e minha mãe.

Agradeço ao orientador, por não estar tão próximo, confiando e deixando seguir com minhas próprias pernas; ao mesmo tempo em que não está tão longe, dando apoio sempre que necessário. Essa é a primeira vez, durante minha vida acadêmica, que tenho uma pessoa para me orientar e, diga-se de passagem, que excelente pessoa.

Igualmente, agradeço aos co-orientadores, que nos poucos debates ocorridos, foram decisivos para sanar dúvidas. Assim como também agradeço à banca, sejam titulares ou suplentes, por sinalizar disponibilidade e contribuir com o projeto.

Nominalmente, e começando pela turma, devo um enorme agradecimento à Ana Paula Marcon Hanada, prestando socorro, mesmo após ter defendido; Glenda Fauth e João Manoel Nascimento, pelos bons momentos de debate rumo a Itajaí; e um especial agradecimento à Lua, Maria Rita lua de Quadro, por enorme apoio e ombro amigo, mantendo-me no programa, além de ser "co-orientadora não oficial".

Agradeço aos egressos do Programa, principalmente a Cleusa Matiola, Roseli de Oliveira, Caio Guerra de Oliveira e Alfeu Luz Losso. Uma breve conversa, seja com café ou com chopp, rendem soluções eficientes. Também agradeço aos "calouros" Mabel Simm Milan Bueno, Diogo Ricardo Roesner e Erasmo Carlos Ferreira, por buscarem soluções conjuntas aos problemas semelhantes.

Em relação aos bolsistas, agradeço aos momentos de "descompressão" com café, especialmente a Julia Barreto da Silva, Everton Weber Galliani, Amanda Rodrigues Joris, Beatriz Campanharo Garcia Carneiro e Maitê Ocker. A pausa (da tela) é necessária, mesmo que a conversa continue científica; tudo nos é dado, só nos falta fé.

Externamente ao programa, não posso deixar de agradecer a Laynara da Silva Vieira e Elmo Santos Neto, por me iniciarem e continuarem me ajudando na linguagem da programação; e pelo suporte logístico e psicológico, eterna gratidão a Daniele Freitas Pacheco, Renan Osvaldo Pacheco, Alice Deorrist Rampon e Claudete Medeiros. Meu agradecimento ao Anderson Spohr Nedel, por debates e oportunidades em biometeorologia, agregando muito ao projeto.

Assim como também devo agradecer aos professores, do Ifsc campus Garopaba, Sandra Beatriz Koelling, por me confiar bolsista do projeto ArteEducação e ao João Henrique Quoos, por comentar sobre o edital de seleção do mestrado e continuar dando dicas tão boas quanto...

- "Sério? O Ifsc tem programa de mestrado?"

- "Sim... Público, gratuito e de qualidade!"

"If I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants"
(Sir Isaac Newton).

RESUMO

A dengue é uma doença viral infecciosa, transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Atualmente é um dos principais problemas de saúde coletiva no mundo. Está presente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, sendo estimado que 390 milhões de pessoas sejam infectadas anualmente pelos quatro sorotipos. Há tendência de resposta à sazonalidade em relação ao número de focos de mosquitos, na qual os meses com temperaturas mais elevadas se observa crescimento. Esse acréscimo é observado principalmente quando retroagidos por um período de 30 dias, tendo diminuição nos meses mais frios. Logo, temperatura é um elemento crítico para o desenvolvimento do mosquito. A geomedicina proporciona base para o próprio estudo espacializado de doenças. Sendo assim, a seguinte proposta tem o objetivo direto de observar a relação entre a distribuição de casos de dengue, número de focos dos vetores biológicos do gênero *Aedes*, transmissores do vírus da dengue no Estado de Santa Catarina e o comportamento de elementos climáticos. Foram utilizados dados de temperaturas (mínima, máxima e média) do *South American Mapping of Temperature (SAMeT)* e precipitação do *Merging Technique (MERGE)*, assim como dados do *Global Forecast System (GFS)* para modelagem preditiva. Percebe-se, através da sazonalidade anual em Santa Catarina, regiões de maior incidência de casos de dengue e com maior proliferação de *Aedes* sp., justamente onde se apresentam os maiores valores de temperaturas. As regiões serranas, patamares e planaltos do Estado catarinense demonstram ser limitantes naturais para ocorrência do vetor e, conseqüentemente, da doença. No Estado de Santa Catarina, os picos de dengue comumente ocorrem durante o outono austral. Há correlação média e alta negativas ao relacionar casos de dengue e limiares de temperaturas retrocedidos no tempo nos municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó. Durante o processo de aprendizado de máquina, modelagem por *Random Forest* apresentou melhores respostas de predição, quando comparado a modelos por Rede Neural Artificial Multicamada (RNN). Ao analisar histogramas dos erros, modelagens preditivas nos municípios de Florianópolis e Joinville obtiveram adensamento do erro próximo a zero (0), porém sugerem valores de previsão subestimados. O Produto Técnico-Tecnológico (PTT) demonstra capacidade preditiva de 14 dias (2 semanas epidemiológicas) para os casos de dengue no Estado de Santa Catarina, sendo visualizado por cartografia preditiva em semanas epidemiológicas. Investigar esses múltiplos aspectos e compreender essas informações auxiliam no processo de tomada de decisões, buscando, assim, uma melhor resposta frente a zoonoses emergentes e re-emergentes.

Palavras-chave: Variabilidade Climática; Geomedicina; Saúde Única; Zoonose; *Aedes aegypti*.

ABSTRACT

Dengue is an viral infectious disease transmitted by the female mosquito *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. Nowadays, it is one of the main public health problems in the world. It is present in the tropical and subtropical regions of the planet, with an estimated 390 million people are infected annually with all four serotypes. There is a trend to respond to seasonality in relation to the number of dengue outbreaks, in which the months with higher temperatures are observed increase, mainly when retroacted for a period of 30 days; and observe decrease in the colder months. Therefore, temperature is a critical element for the growth of the mosquito. Geomedicine provides a basis for the spatialized study of diseases. Thus, this project has the direct objective of observing the relationship between the distribution of dengue cases, proliferation of the biological vector of genus *Aedes*, the main vector to transmit arboviruses in the Santa Catarina State, and the climate elements. The data of temperatures (max., mean and min.) were used from the South American Mapping of Temperature (SAMeT) and precipitation data from Merging Technique (MERGE), and so Global Forecast System (GFS) to prediction. It is observed, through the annual seasonality in Santa Catarina State, that regions with higher incidence of dengue cases and greater proliferation of *Aedes* sp. are precisely those with the highest temperature values. Some regions in Santa Catarina demonstrate natural limitations for the occurrence of the vector and, consequently, the disease, like mountain range and plateaus. In the Santa Catarina State, dengue outbreaks commonly occur during the austral autumn. There is a medium to high negative correlation when relating dengue cases with temperature thresholds lagged in time in the municipalities of Florianópolis, Itajaí, Joinville, and Chapecó. During the machine learning process, Random Forest models showed better prediction results when compared to Multi-layer Artificial Neural Network modeling. When analyzing the histograms of errors, predictive models for the municipalities of Florianópolis and Joinville showed error density close to zero (0), but suggested underestimated forecast values. The Technical-Technological Product (in portuguese, *Produto Técnico-Tecnológico (PTT)*) demonstrates predictive capacity for 14 days (2 epidemiological weeks) for dengue cases in the state of Santa Catarina, which is visualized through predictive cartography in epidemiological weeks. Investigate these multiple aspects and understand this information assist in the decision-making process, thus seeking a better response to emerging and reemerging zoonotic diseases.

Keywords: Climate Variability; Geomedicine; One Health; Zoonosis; *Aedes aegypti*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produto <i>MERGE</i> e estações meteorológicas usadas na interpolação. Visualização dos dados durante o solstício de inverno de 2024. . . .	50
Figura 2 – Produto <i>SAMeT</i> e estações meteorológicas usadas na interpolação. Visualização dos dados durante o solstício de inverno de 2024. . . .	51
Figura 3 – Mapa temático da área de estudo do projeto evidenciando municípios catarinenses.	54
Figura 4 – Fluxograma representando etapas presentes no projeto, contemplando do início (dados brutos) ao final (resultados).	55
Figura 5 – Mapa evidenciando o recorte espacial dos dados relacionados à região sul do Brasil. Visualização dos dados de temperatura mínima durante o solstício de inverno de 2023.	56
Figura 6 – Distribuições de médias anuais de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de <i>Aedes</i> sp. e casos de dengue) e climatológicas (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) em Santa Catarina. . . .	66
Figura 7 – Distribuições de sazonalidade de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de <i>Aedes</i> sp. e casos de dengue) e climatológicas (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	68
Figura 8 – Distribuições de sazonalidade de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de <i>Aedes</i> sp. e casos de dengue) no Estado de Santa Catarina em algumas semanas epidemiológicas.	69
Figura 9 – Distribuições de sazonalidade de variáveis climatológicas (precipitação e temperatura média) no Estado de Santa Catarina em algumas semanas epidemiológicas.	70
Figura 10 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	73
Figura 11 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de precipitação (mm) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	73
Figura 12 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima (C) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	74

Figura 13 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima (C) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	75
Figura 14 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	76
Figura 15 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de precipitação (mm) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	76
Figura 16 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima (C) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	77
Figura 17 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima (C) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	78
Figura 18 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Joinville, durante o ano de 2023 sem retroagir e retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, método de Spearman.	79
Figura 19 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de precipitação em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	79
Figura 20 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	80
Figura 21 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	80
Figura 22 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Chapecó, durante o ano de 2023 sem retroagir e retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, método de Spearman.	81
Figura 23 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de precipitação em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	82
Figura 24 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman. . .	82

Figura 25 – Matriz de correlações entre focos de <i>Aedes</i> sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.	83
Figura 26 – Modelo <i>Random Forest</i> para focos de <i>Aedes</i> sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina; treinamento com dados até 2022 e teste com dados a partir de 2023.	85
Figura 27 – Mapa temático de previsão de dengue para o Estado de Santa Catarina compilado durante a semana epidemiológica 03/11/2024.	86
Figura 28 – Modelo <i>Random Forest</i> para focos de <i>Aedes</i> sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	88
Figura 29 – Modelo RNAM para focos de <i>Aedes</i> sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	89
Figura 30 – Modelo RNAM para focos de <i>Aedes</i> sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	90
Figura 31 – Histograma do erro para o modelo <i>Random Forest</i> para a série total de focos de <i>Aedes</i> sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	91
Figura 32 – Histograma do erro para o modelo <i>Random Forest</i> para a série total de casos de dengue de municípios catarinenses.	92
Figura 33 – Variáveis importantes para o processo de modelagem <i>Random Forest</i> para casos de dengue para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	93
Figura 34 – Variáveis importantes para previsão do modelo <i>Random Forest</i> , por meio de 10 permutas, para casos de dengue para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.	94
Figura 35 – Mapa temático de previsão de dengue para o Estado de Santa Catarina compilado na semana epidemiológica 10/11/2024.	94
Figura 36 – Distribuições de sazonalidade de casos de dengue em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão).	127
Figura 37 – Distribuições de sazonalidade de casos de dengue em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência).	128
Figura 38 – Distribuições de sazonalidade de focos de <i>Aedes</i> sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).	129
Figura 39 – Distribuições de sazonalidade de focos de <i>Aedes</i> sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).	130

Figura 40 – Distribuições de sazonalidade de precipitação (mm) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).	131
Figura 41 – Distribuições de sazonalidade de precipitação (mm) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).	132
Figura 42 – Distribuições de sazonalidade de temperatura mínima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).	133
Figura 43 – Distribuições de sazonalidade de temperatura mínima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).	134
Figura 44 – Distribuições de sazonalidade de temperatura média (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).	135
Figura 45 – Distribuições de sazonalidade de temperatura média (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).	136
Figura 46 – Distribuições de sazonalidade de temperatura máxima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).	137
Figura 47 – Distribuições de sazonalidade de temperatura máxima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).	138
Figura 48 – Árvore de Decisão para o modelo <i>Random Forest</i> dos casos de dengue do município de Florianópolis.	139
Figura 49 – Exibição em tela do resumo das camadas do modelo RNAM.	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médio, desvio padrão em relação a média, mínimo e máximo absoluto das variáveis climatológicas no Estado de Santa Catarina na série histórica (2000-2023).	63
Tabela 2 – Classificação de Coeficiente de Correlação (r) assumida no presente estudo.	72
Tabela 3 – Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	111
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	112
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	113
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	114
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	115
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	116
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	117
Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de <i>Aedes</i> sp. em municípios catarinenses.	118
Tabela 4 – Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	119
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	120
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	121
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	122
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	123
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	124
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bdmep/Inmet Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia.

98

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 31

CCM Complexos Convectivos de Mesoescala. 20, 25

CDO Climate Data Operators. 54

Cenepi Centro Nacional de Epidemiologia. 48

CFMV Conselho Federal de Medicina Veterinária. 37, 38

CFS Climate Forecast System. 98

CIGERD Centro Integrado de Gestão de Riscos e Desastres. 93

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 31

CNS Conselho Nacional de Saúde. 45

CNSU Comissão Nacional de Saúde Única. 38

Cobrade Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. 20, 43, 44

COE Centro de Operação de Emergência. 46

CPTEC Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 50, 51

CRMV Conselho Regional de Medicina Veterinária. 44

CRS Coordinate Reference System. 60

csv comma separated values. 55

DataSUS Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. 48, 52, 53, 84

DEC Dados de Elementos Climáticos. 53, 54, 57, 58

DEE Dados Entomo-Epidemiológicos. 53, 54, 57, 58, 71

DENV Dengue Virus. 20, 39, 40, 47

DF Distrito Federal. 20

DGR Dados Georreferenciados. 53

Dive Diretoria de Vigilância Epidemiológica. 48, 52, 53, 84, 85, 93, 98

ECMWF European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. 50

EMA Erro Médio Absoluto. 61, 87, 88

EQM Erro Quadrático Médio. 61, 88

ERA5 ECMWF Reanalysis 5th Generation. 50, 51

ESPIN Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional. 45

FAO Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 37

FF Frentes Frias. 20, 24

Funasa Fundação Nacional de Saúde. 48

FV3 Finite-Volume Cubed-Sphere. 52

GFS Global Forecast System. 7, 8, 51–53, 61, 97

GPM-IMERG Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Measurement. 49, 50

GRIB2 Gridded Binary version 2. 50, 54

GSM Global Spectral Model. 52

GTOPO30 Global Digital Elevation. 50

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 49, 53, 54, 60

IFSC Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. 92

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 50, 51

ITIS Integrated Taxonomic Information System. 21

JBN Jatos de Baixos Níveis. 24

LI Linhas de Instabilidade. 24

MERGE Merging Technique. 7, 8, 49, 50, 53, 61, 95, 97

MERRA2 Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2.

NCEP National Centers for Environmental Prediction. 52, 98

NetCDF4 Network Common Data Form version 4. 51, 54

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration. 51, 98

OIE Office International des Epizooties. 37

OMS Organização Mundial de Saúde. 33, 37, 39

OMSA Organização Mundial de Saúde Animal. 37

ONU Organização das Nações Unidas. 38

OPAS Organização Pan-Americana da Saúde. 33, 34, 36

PCAM Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Clima e Ambiente. 23, 31, 92

PNMA Política Nacional do Meio Ambiente. 26

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 37

PNVS Política Nacional de Vigilância em Saúde. 45

PTT Produto Técnico-Tecnológico. 7, 8, 23, 53, 61, 92, 93, 97

r Coeficiente de Correlação. 13, 71, 72

ReLU Rectified Linear Unit. 59

RIMSA Reunião Interamericana de Nível Ministerial sobre Saúde e Agricultura. 36

RNAM Rede Neural Artificial Multicamada. 7, 11, 12, 59, 60, 83, 87, 89, 90, 97, 140

RQEQM Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio. 61, 87, 88

RSI Regulamento Sanitário Internacional. 44, 45

R² Coeficiente de Determinação. 61, 87, 88, 97

SAE Série de Anomalia Estacionária. 57

SAMeT South American Mapping of Temperature. 7, 8, 50, 53, 61, 71, 95, 97, 98

SARS-CoV-2 Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. 97

SBP Sociedade Brasileira Técnico-Científica de Parasitologia. 41

SC Santa Catarina. 7–9, 11–13, 20–22, 24–31, 45–47, 49, 53, 60–65, 67–70, 85, 86, 88–98, 127–138

SCM Sistemas Convectivos de Mesoescala. 25

SGISU Sistema Global de Inteligência em Saúde Única. 37

SIFAP Sistema Integrado de Ferramentas de Análise e Previsão Hidrometeorológica. 93

Sinan Sistema de Informação de Agravos de Notificação. 48, 52, 53

ssRNA+ single-stranded and positive-sense Ribonucleic Acid. 41

SSS Série Sem Sazonalidade. 57

SUS Sistema Único de Saúde. 34–36, 45

SVS Secretaria de Vigilância em Saúde. 48

SVSA Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. 45, 48, 52

TRMM-TMPA Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-satellite Precipitation Analysis. 49

ZCAS Zona de Convergência do Atlântico Sul. 20, 25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Justificativa	22
1.2	Objetivo Geral	22
1.3	Objetivos Específicos	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Caracterização do Clima e Ambiente	24
2.1.1	Climatologia e Sistemas Meteorológicos de Santa Catarina (SC)	24
2.1.2	Aspectos Bióticos e Abióticos	26
2.1.3	População Catarinense e Contexto Histórico	28
2.2	Contextualização sobre Saúde	31
2.2.1	Saúde para Ciências Exatas e da Terra	31
2.2.2	Saúde Pública e Medicina Social	32
2.2.3	Saúde Coletiva	33
2.2.4	Sistema Único de Saúde (SUS)	34
2.2.5	Saúde Única	36
2.2.6	Doenças Zoonóticas	38
2.2.7	Ecoepidemiologia	40
2.2.7.1	<i>Agente Etiológico</i>	40
2.2.7.2	<i>Vetor Biológico</i>	41
2.2.7.3	<i>Hospedeiro</i>	43
2.2.8	Emergências Ambientais	43
2.2.9	Situação Epidemiológica Atualizada da Dengue em SC/2024	46
3	BASE DE DADOS E METODOLOGIA	48
3.1	Descrição das Bases de Dados	48
3.1.1	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS)	48
3.1.2	Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan)	48
3.1.3	Vigilantes	49
3.1.4	Malhas Territoriais	49
3.1.5	<i>Merging Technique (MERGE)</i>	49
3.1.6	<i>South American Mapping of Temperature (SAMeT)</i>	50
3.1.7	<i>Global Forecast System (GFS)</i>	51
3.2	Conjunto de Dados e Área de Estudo	52
3.2.1	Pré-processamento	54
3.3	Análise Descritiva	56
3.3.1	Análise Climatológica Espacial	56
3.3.2	Análise Climatológica de Municípios Seleccionados	57
3.4	Modelagem Preditiva	58
3.4.1	Análise de Correlações	58
3.4.2	Processamento	58
3.4.3	Pós-processamento	60
3.5	Validação dos Modelos	60
3.6	Produto Técnico-Tecnológico (PTT)	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1	Análise Climatológica Espacial	62
4.2	Análise Climatológica de Municípios Seleccionados	67

4.3	Modelagem Preditiva	71
4.3.1	Pré-processamento	71
4.3.2	Análise de Correlações	71
4.3.2.1	<i>Florianópolis</i>	72
4.3.2.2	<i>Itajaí</i>	75
4.3.2.3	<i>Joinville</i>	78
4.3.2.4	<i>Chapecó</i>	80
4.3.3	Processamento: Comparando Modelos de Rede Neural Artificial Multi-camada (RNN) e Modelos <i>Random Forest</i>	83
4.3.4	Pós-processamento: Cartografia Preditiva	84
4.4	Validação dos Modelos	87
4.5	Produto Técnico Tecnológico (PTT)	92
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
6	FUTUROS TRABALHOS	98
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	98
	REFERÊNCIAS	100
	APÊNDICES	110
	APÊNDICE A – PRIMEIROS REGISTROS DE FOCOS DE <i>Aedes</i> SP. EM SANTA CATARINA	111
	APÊNDICE B – PRIMEIROS REGISTROS DE CASOS DE DENGUE EM SANTA CATARINA (A PARTIR DE 2014)	119
	APÊNDICE C – DISTRIBUIÇÃO DE SAZONALIDADES EM SANTA CATARINA POR MAPAS TEMÁTICOS	126
	APÊNDICE D – ÁRVORE DE DECISÃO (EXEMPLO)	139
	APÊNDICE E – VISUALIZAÇÃO DA INTERFACE DE LINHA DE COMANDO (<i>BASH</i>)	140

1 INTRODUÇÃO

O clima é a composição do tempo meteorológico ao longo de um período, pelo menos trinta anos, em um determinado território (Santa Catarina, 2016a, pg-75).

O estado de Santa Catarina (SC) está localizado no sul do Brasil, região onde ocorrem totais pluviométricos elevados, além de bem distribuídos ao longo do ano. Parte desse comportamento é devido a atuação de sistemas meteorológicos como: Frentes Frias (FF), demais Sistemas Frontais, Ciclones Extratropicais, Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis, Bloqueios Atmosféricos e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), além a influência indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (REBOITA *et al.*, 2010).

De acordo com Oliveira (2023), Santa Catarina apresenta seis (6) mesor-regiões climáticas, por similaridade no comportamento de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, intensidade e direção dos ventos, e são as seguintes: Oeste; Planalto Sul e Meio Oeste; Planalto Norte e Vale do Itajaí; Planalto Serrano; Litoral Norte; e Litoral Sul.

Antes de mais nada, para a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) os desastres podem ser divididos em naturais ou tecnológicos. Ainda para a Cobrade, as epidemias são classificadas como desastres naturais biológicos, podendo ser divididas quanto ao agente etiológico: viral, bacteriano, parasítico ou fúngico (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

Sobretudo, sendo expresso pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2022a) no Guia de Vigilância em Saúde, o mosquito *Aedes aegypti* pode comumente transmitir algumas arboviroses, como: Dengue, Zika e Chikungunya. A dengue possui como agente etiológico o vírus da dengue (Dengue Virus (DENV)), sendo agrupado em quatro sorotipos distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4), e é uma das zoonoses transmitidas por artrópodes mais relevantes nas Américas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022a).

Para Rocklöv e Tozan (2019) a expansão global da dengue segue a expansão global dos vetores (gênero *Aedes*), que geograficamente se distribuem conforme condições climáticas, em especial pela temperatura. Para esses autores, não somente a expansão geográfica se deva ao incremento de temperatura, como a própria alteração no tempo do ciclo de vida (fases larvar, pupa e adulto) e dos períodos de incubação do vírus (extrínseco e intrínseco).

Em estudo realizado por Drumond *et al.* (2020), entre 2007 e 2017 no Distrito Federal (DF), o número de casos de dengue foi maior nos primeiros semestres, particularmente entre o final do verão e o início do outono. Este período coincide com o final do período chuvoso. Os autores também observaram que a dengue se manteve hiperendêmica no Distrito Federal, tendo casos registrados durante todos os meses do

ano e circulação dos quatro sorotipos do vírus. Há forte evidência de correlação entre epidemias de dengue e clima em diferentes capitais (Manaus, São Luís, Recife, Aracajú, Salvador, Belo Horizonte e Rio de Janeiro), principalmente utilizando temperatura média e frequência de precipitação (STOLERMAN; MAIA; KUTZ, 2019).

Andrioli, Busato e Lutinski (2020) apontaram que, em análise temporal, os casos de dengue apresentaram um padrão sazonal de ocorrência em Pinhalzinho/SC. Foi observado nesse estudo que os casos tiveram início nos meses de dezembro e janeiro, alcançando maior incidência em fevereiro e março, quando as temperaturas são mais elevadas. Segundo Matiola (2020), em Santa Catarina, há tendência de resposta à sazonalidade nos meses com temperaturas mais elevadas, observando-se o crescimento do número de focos do *Aedes* sp., principalmente quando retroagidos por um período de 30 dias, além da diminuição nos meses mais frios.

Portanto, a temperatura é um fator crítico para o desenvolvimento do mosquito no estado catarinense. Com relação a previsibilidade das ocorrências, Matiola (2020) também sugerem que a precipitação do mês que antecede o registro do foco influencia no desenvolvimento do mosquito, corroborando com correlações maiores quando retroativas.

Sendo assim, Stolerma, Maia e Kutz (2019), em seus estudos, perceberam que a temperatura média e a frequência de precipitação são variáveis com forte poder preditivo durante a estação de inverno em algumas capitais brasileiras (Aracajú, Belo Horizonte, Manaus e Rio de Janeiro). Além disso, desde 2015, o Brasil possui um sistema de alerta para atividade preditiva de dengue. Inicialmente operante para 788 municípios, atualmente com cobertura nacional. Esse sistema faz análise classificatória de condições de transmissibilidade, variando de verde (baixa transmissão) a vermelho (alta incidência) (CODEÇO *et al.*, 2018).

De acordo com Codeço *et al.* (2023), mesmo não ocorrendo *El Niño* em 2024, as modelagens indicam alta atividade de dengue no território nacional. Esse mesmo relatório também indica risco de atividade aumentada de dengue para Santa Catarina. Como comentado por Codeço *et al.* (2022), a atenção deve ser redobrada para a expansão da dengue em latitudes maiores, assim como regiões fronteiriças, entre Argentina, Paraguai e Uruguai.

Por simplificação, a pesquisa denomina ambos os pernilongos *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) apenas como gênero *Aedes* sp. (Meigen, 1818), da família *Culicidae* (Meigen, 1818). Nomenclatura científica seguindo taxonomia citada e arquivada pelo Museu Nacional de História Natural, Instituto Smithsonian (2023), através do Sistema Integrado de Informação Taxonômica (Integrated Taxonomic Information System (ITIS)).

1.1 Justificativa

Como citado por Codeço *et al.* (2023), a ocorrência de epidemias é afetada pelo clima, tanto em temperatura quanto em umidade relativa do ar, o que favoreceu a expansão da atividade da dengue para a região Sul brasileira. O Estado catarinense apresentou os primeiros casos autóctones de dengue (infectados dentro do próprio estado), em 2011, nos municípios de Joinville e São João do Oeste; com a inclusão dos municípios de Chapecó e Itapema em 2013; e em 2014, incluindo Itajaí (SANTA CATARINA, 2022). Nesse mesmo período, a região serrana e planalto não apresentavam focos de *Aedes* sp. (MATIOLA, 2020). De acordo com a Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina (2024a), para o atual momento (início de novembro de 2024), o número de casos prováveis de dengue passou de 350 mil, sendo registrados mais de 550 mil notificações, assim como há mais de 57 mil focos de *Aedes* sp. distribuídos por todas as regiões catarinenses. Pelo exposto, a realidade epidemiológica do Estado catarinense para a dengue vem se alterando ao longo do tempo, constatando ser uma zoonose emergente, por isso se faz necessário relacionar a nova dinâmica climatológica aos comportamentos de distribuição de *Aedes* sp. e ocorrência de dengue em Santa Catarina.

1.2 Objetivo Geral

Analisar, na variabilidade espacial e temporal, as relações entre os focos de *Aedes* sp., os casos de Dengue e a condição climatológica predominante sobre o Estado de Santa Catarina.

1.3 Objetivos Específicos

As estratégias para atingir o objetivo geral são descritas como objetivos específicos a seguir:

- a) Analisar médias anuais de semanas epidemiológicas e padrões sazonais dos elementos climáticos, assim como variáveis entomológicas e epidemiológicas, na distribuição geográfica dos municípios de Santa Catarina;
- b) Avaliar sazonalidades, tendências e anomalias estacionárias das séries temporais de quatro (4) municípios catarinenses, tanto variáveis climatológicas quanto entomo-epidemiológicas;
- c) Elaborar modelos preditivos para a ocorrência de casos de dengue, a partir de análise das condições meteorológicas do Estado de Santa Catarina;

- d) Analisar estatisticamente as modelagens para validação dos modelos preditivos;
- e) Sintetizar o Produto Técnico-Tecnológico (PTT), em acordo com o Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Clima e Ambiente (PCAM):

- Elaboração de Sistema Computacional;

- Disponibilização *online* no *GitHub*;

- Visualização Cartográfica desses resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta uma breve contextualização sobre questões sanitárias e climatológicas. Foi elaborada através de fichamento do material científico acessado (livros, artigos, *sites*, boletins e informes oficiais, dentre outros) e servirá como base para conciliar diferentes áreas do conhecimento, assim como facilitar o entendimento de terminologias abordadas no presente estudo.

2.1 Caracterização do Clima e Ambiente

2.1.1 Climatologia e Sistemas Meteorológicos de Santa Catarina (SC)

A palavra 'clima' vem do radical grego 'klíma', semanticamente relacionado à 'inclinação'. Esse significado advém da inclinação dos raios solares em relação ao globo terrestre, variando conforme a posição geográfica. Logo, os gregos foram os primeiros a propor uma classificação climática, baseada apenas nas latitudes (BRASIL, 2012).

Esse entendimento evolui conforme o avanço da ciência, sendo hoje compreendido o clima como "a sucessão habitual dos diversos tipos de tempo que compõem o cenário atmosférico de uma região ao longo de um período de pelo menos trinta anos"(Santa Catarina, 2016a, pg-75).

Segundo Reboita *et al.* (2010), Santa Catarina se encontra no setor R4 de precipitação, sendo similar ao restante do sul do Brasil, ao Paraguai e ao Uruguai. No entanto, utilizando a classificação de Rozante *et al.* (2020), o Estado catarinense está compreendido no setor R1 de precipitação.

Ambos os autores defendem um total pluviométrico elevado e bem distribuído ao longo do ano. Esse comportamento se deve a atuação de sistemas meteorológicos na região. A presença de vórtices ciclônicos e cavados em altos níveis sobre a costa oeste da América do Sul favorece o desenvolvimento de ciclones e Frentes Frias nesses setores (R1 (ROZANTE *et al.*, 2020) e R4 (REBOITA *et al.*, 2010)). Dessa forma, condições ciclogênicas e frontogênicas se desenvolvem sobre Santa Catarina.

Os sistemas frontais, que se deslocam do sul em sentido Sudoeste-Nordeste, passando pela Argentina e adentrando o Brasil, causam precipitação atuando diretamente na região ou fornecendo condições para o desenvolvimento de Linhas de Instabilidade (LI) pré-frontais (REBOITA *et al.*, 2010).

As condições favoráveis à ocorrência de tempestades aumentam quando o processo convectivo é acoplado a um ou mais sistemas de instabilidade, como vórtices ciclônicos, baixas térmicas, Jatos de Baixos Níveis (JBN) ou a passagem de Frentes Frias pelo litoral sul do Brasil (Santa Catarina, 2016a).

Como citado por Cavalcanti *et al.* (2009), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são sistemas definidos por sua forma, tamanho e tempo de vida. Em relação ao formato, deve apresentar círculos concêntricos e essa excentricidade deve ser maior que 0,7 (excentricidade de eixo menor/eixo maior).

Ainda tratando sobre CCM, o tamanho da maior área deve ser de 100.000 km² e temperatura no topo das nuvens inferior a -32C; internamente deve apresentar uma área com metade do tamanho, 50.000 km², e temperaturas ainda menores, -52C Cavalcanti *et al.* (2009).

Caso as duas características anteriores, formato e tamanho, estejam presentes, o período de ocorrência acima de seis horas (6h) determina a denominação do CCM. Não preenchendo essas três características, os eventos são apenas denominados genericamente de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) Cavalcanti *et al.* (2009).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se identifica, por imagens de satélite, como uma alongada nebulosidade distribuída no sentido Noroeste-Sudeste, estendendo-se desde a região sul da Amazônia até a região central do Atlântico Sul (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Esses mesmos autores, Mendonça e Danni-Oliveira (2007), também comentam que a ZCAS é resultante do encontro de massas de ar igualmente quentes e úmidas, intensificando essa temperatura e umidade nessa região de distribuição.

Para Cavalcanti *et al.* (2009), a ZCAS apresenta um ciclo anual regular, tendo o pico da estação chuvosa entre dezembro e fevereiro sobre as regiões Sudeste e Centro-Oeste. Essa característica climatológica é associada ao escoamento convergente de umidade na baixa troposfera.

"As análises sugerem que um episódio de ZCAS deva ocorrer associado aos seguintes padrões meteorológicos: convergência de umidade na baixa e média troposfera; faixa de movimento ascendente do ar com orientação NW/SE; um cavado semi-estacionário sobre a costa leste da América do Sul em 500 hPa; intenso gradiente de θ_0 na média troposfera e também uma faixa de vorticidade relativa anticiclônica em altos níveis (200 hPa)"(QUADRO, 1999, pg-210).

Como citado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), as brisas são ventos locais que "decorrem de um gradiente de pressão local que se estabelece como resultado do aquecimento diferencial da superfície com a alternância do dia e da noite". São conhecidas as brisas: marinha, oceânica, terrestre, continental, de vale e de montanha.

De acordo com o Atlas Geográfico de Santa Catarina (2016a), os maiores índices de precipitação anuais são observados na região Oeste, Grande Florianópolis

e Litoral Norte. Entretanto, no Litoral Sul, entre Araranguá e Laguna, os totais anuais desses índices são os menores.

O efeito sazonal da dinâmica dos sistemas atmosféricos, sobretudo pelas altas pressões, e a influência da orografia, principalmente por planícies e planaltos, resultam em variações na distribuição espacial de elementos climáticos, como temperatura e precipitação, que se observa menores temperaturas médias em regiões de maiores altitudes e tendência com maiores acumulados de precipitação próximos às serras. Em consonância com Oliveira (2022), a definição do sistema de anticiclone é tida como centros de alta pressão atmosférica.

"...A maior influência ocorre pelo anticiclone Migratório Polar, centro de ação da Massa de Ar Polar, úmida quando a trajetória é marítima (mPa) e seca quando a trajetória é continental, sempre fria (mPc); pelo anticiclone do Atlântico, centro de ação da Massa Tropical Atlântica (mTa), quente e úmida e pela depressão do Chaco, que é o centro de ação da Massa Tropical Continental (mTc), quente e seca"(Santa Catarina, 2016a, pg-77).

"Os elementos que constituem as condições momentâneas de tempo passam a ser denominados elementos climáticos quando utilizados para fins de estudos relacionados ao clima"(Santa Catarina, 2016a, pg-75).

2.1.2 Aspectos Bióticos e Abióticos

Cabe destacar que, antes da promulgação da Constituição Federal de 1988, o Estado brasileiro estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que tem a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida como objetivo principal, conforme a luz da lei. Também define recursos ambientais, englobando fauna, flora, elementos da biosfera, solo, subsolo, mar territorial, águas interiores, estuários, águas subterrâneas, águas superficiais e atmosfera (BRASIL, 1981).

Essa mesma política ainda apresenta definição para meio ambiente, sendo "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas"(BRASIL, 1981). Logo, meio ambiente é um conceito amplo que, dependendo da doutrina, vai além dos aspectos naturais.

O Estado catarinense está situado no sul do Brasil, tendo limites com o Estado do Paraná ao norte e, ao sul, com o Estado do Rio Grande do Sul. Esses três Estados formam a região Sul do Brasil. Santa Catarina também tem limites a leste com o oceano Atlântico e a oeste com a República Argentina. O Estado ocupa aproximadamente 1% da território nacional e cerca de 16% da área total da Região Sul (Santa Catarina, 2016b).

É possível notar diferentes paisagens em Santa Catarina; essas, criadas por formas de relevos variadas. Sob esses aspectos, pode-se observar os principais compartimentos de relevo no Estado catarinense: Planície (Costeira), Serras (do Mar, do Tabuleiro-Itajaí e Geral), Planaltos (de São Bento do Sul, de Lages, dos Campos Gerais e Dissecado Rio Iguaçu-Rio Uruguai), Patamares (de Mafra, do Alto Rio Itajaí e da Serra Geral) e Depressão (da Zona Carbonífera) (Santa Catarina, 2016a).

O relevo define a grande divisão regional de Santa Catarina: região do litoral e encostas, e região do planalto. Somado a esse relevo singular, o clima explica o processo colonial tardio do Estado catarinense (Santa Catarina, 2019).

Como verificado no Atlas Geográfico de Santa Catarina (2016a), hipsometria do Estado catarinense é muito diversa, variando de mais de 1.800 metros ao zero, no nível do mar. Esse comportamento ocorreu pelo soerguimento epirogenético durante o período Terciário, que afetou toda a porção leste do continente Sul Americano, também por conta de processos erosivos e a diferentes resistências de rochas.

O Atlas Geográfico de Santa Catarina (2016a) cita que a zona costeira de Santa Catarina varia de 0 a 200 metros, atingindo 400 metros em regiões próximas ao litoral, no baixo curso do rio Itajaí-Açú e no fundo do vale do rio Uruguai e seus afluentes. A maior parte da bacia hidrográfica do Itajaí se encontra entre 400 e 800 metros, assim como parte do vale do rio Uruguai e regiões do Meio Oeste catarinense.

Altitudes entre 800 e 1.200 metros são mais comuns em Santa Catarina, sendo decorrentes de serras, escarpas, planaltos e patamares. Nessas altitudes se encontram os divisores de água do Estado catarinense. "Por causa destas altitudes, as temperaturas são mais amenas e o clima se torna mais propício para o cultivo de frutas de clima temperado"(Santa Catarina, 2016a). "Altitudes maiores do que 1.200 m são pouco comuns em Santa Catarina, [...] as elevadas altitudes permitem, em condições meteorológicas favoráveis, a ocorrência de neve..."(Santa Catarina, 2016a).

O Atlas Geográfico de Santa Catarina (2016a) também comenta que remanescentes de cobertura primária ainda são existentes, porém são pequenos grupos e estão em locais de difícil acesso. Parte dessa fragmentação, também em coberturas secundárias, ocorre devido ao avanço agropecuário em Santa Catarina e o processo de urbanização, principalmente, na segunda metade do século XX.

A cobertura vegetal catarinense é biodiversa, resultante de variedades de climas, relevo e solos. A vegetação litorânea é composta por restinga e mangue. As coberturas florestais ocorrem nas encostas de serras e vales de vertente atlântica (floresta ombrófila densa), nos planaltos (floresta ombrófila mista) e vales do rio Uruguai e afluentes (floresta estacional decidual subtropical) (Santa Catarina, 2016a).

Em elevadas altitudes, acima de 1.500 metros, a cobertura vegetal é composta por floresta nebulosa e campos de altitude. Também ocorre vegetação campestre

numa altitude aproximada de 800 metros, tendo precipitação bem distribuída ao longo do ano e médias de temperatura inferiores a 15 C. "Um tipo de floresta muito típico são os Faxinais, que aparecem em altitudes entre 700 e 1.200 metros [...] são associações mistas de espécies da mata Pluvial com elementos da floresta de Araucária"(Santa Catarina, 2016a).

2.1.3 População Catarinense e Contexto Histórico

Como Lages, Braga e Morelli (2004) argumentam, "território é o espaço apropriado por um ator, sendo definido e delimitado por e a partir de relações de poder, em suas múltiplas dimensões". Os próprios autores ainda definem a noção de espaço, que representa uma abstração maior, tendo o território como produto da intervenção e do trabalho dos atores sobre determinado espaço. "Tal como a cultura, o território não é rígido, mas produto da dinâmica histórica das sociedades"(Santa Catarina, 2019).

Como ressaltado no Atlas Geográfico de Santa Catarina (2019) o território era ocupado por povos originários há milhares de anos, muito antes da colonização. Logo, para compreender a ocupação do território, deve-se analisar a distribuição florística, faunística e climática. "O desenvolvimento da vegetação na Terra, assim como as culturas agrícolas, forrageiras e florestais, ocorre conforme os tipos de clima"(BRASIL, 2012).

Em Santa Catarina, são conhecidos três grupos indígenas, denominados: Guarani, Kaingang e Xokleng. "Os Xokleng no Alto Vale do Itajaí voltaram a se definir Laklãnõ recentemente". Com o processo histórico de colonização, houve redução territorial desses povos, principalmente por uma política indigenista de aldeamento (Santa Catarina, 2019).

O grupo Guarani possuía uma agricultura mais sofisticada e ocupava terras baixas, principalmente do litoral sul brasileiro e várzeas da bacia do rio da Prata. "Há mais de um milênio foi iniciada a ocupação Guarani na costa Atlântica sul, inclusive de Santa Catarina, cujas datações mais antigas estão entre os anos 930 e 980 em Imbituba"(Santa Catarina, 2019).

Os Laklãnõ (Xokleng) se deslocavam no território entre mata Atlântica e florestas de araucárias do planalto. Os Kaingang tinham as terras altas como território, isso por associação à mitologia do grande dilúvio e por predomínio da mata de araucária, do qual proporcionava a base alimentar (Santa Catarina, 2019).

"Os indígenas resistiram a esse processo de esbulho do seu patrimônio e de violência física. O conceito de resistência deve ser amplo, não no sentido de luta armada, mas de estratégias cotidianas de enfrentamento aos ditames da política indigenista. [...] Atualmente, é importante salientar que os povos indígenas habitantes do Brasil, incluindo os povos que vivem em Santa Catarina, estão em crescimento demográfico, sendo uma característica desse processo o reconhecimento da sua própria identidade"(Santa Catarina, 2019, pg-47).

Assim descrito por Santa Catarina (2019), os estados da região sul brasileira, assim como o território catarinense, foram conquistados e colonizados de forma tardia, a partir do século XVII. "Certamente dentre os elementos referentes ao quadro natural, o clima é o mais ressaltado como um dos determinantes na estruturação tardia da formação meridional brasileira"(Santa Catarina, 2019). Seria muito difícil, para o universo colonial marcado pela tropicalidade, oferecer aos interesses comerciais da Metrópole Portuguesa uma produção que atendesse, abaixo do Trópico de Capricórnio, ao predomínio do clima subtropical.

Nesse mesmo século, XVII, fazia-se necessário um sistema defensivo litorâneo da ilha de Santa Catarina. Porém, a partir do século XVIII, houve a incorporação do litoral catarinense ao sistema econômico colonial português, o que levou a migração de açorianos e madeirenses para o território. Também iniciando nesse período, surgiram novos povoados na estrada das tropas para pouso e descanso, sendo anexados ao território catarinense no século XIX (Santa Catarina, 2016b). "... A exploração das terras do planalto começa com os paulistas no século XVIII, instalando a pecuária extensiva nas manchas de campos naturais de Lages, Curitibaanos e Campos Novos"(Santa Catarina, 2019).

"Santa Catarina vivencia seu processo de conquista e colonização, tardio em cerca de cem anos frente ao Nordeste e Sudeste brasileiros, com povos fruto do crescimento demográfico da Colônia, caracterizando um processo migratório interno, no sentido norte-sul. Isto tanto no século XVII (Litoral), quanto ainda no XVIII (Planalto), mesmo século em que também se inicia a migração externa com populações vindas de além-mar, no caso da 2ª ocupação do litoral catarinense. A partir do século XIX tal processo migratório se intensifica com a ocupação dos vales atlânticos e encostas pelos imigrantes europeus, excedente populacional relativo a uma Europa em transformação frente ao avanço e desenvolvimento do modo de produção capitalista"(Santa Catarina, 2019, pg-22).

Por meados do século XIX, algumas regiões europeias, já em fase industrial, atravessam um período de crise econômica e turbulência política. Esse cenário de crise foi provocado pela expansão do capitalismo, o que levou ao aprofundamento e ampliação do processo de expropriação, responsável pelo próprio crescimento demográfico europeu (Santa Catarina, 2019).

É nesse contexto que as transformações em áreas de capitalismo tardio levam milhões de emigrantes a cruzar o oceano em busca de novas oportunidades. "...Foram criados, principalmente por alemães e italianos, vários núcleos rurais e urbanos em áreas correspondentes aos vales atlânticos e encostas dos rios Itajaí, Cachoeira, Cubatão, Tijucas, Tubarão, Urussanga e Araranguá"(Santa Catarina, 2019).

Também pela metade do século XIX, o Governo Imperial criou mais uma colônia militar, a do Chapecó. "Implantada em 1882 em área correspondente hoje ao município de Xanxerê". Além de fazer a guarda da fronteira, também protegia a porção mais a oeste do caminho das tropas, como as primeiras colônias nas encostas do planalto a leste. No início do século XX, instalaram-se pequenas propriedades rurais policultoras (Joaçaba, Chapecó e Concórdia), por conta da expansão demográfica do Rio Grande do Sul, principalmente com a chegada da ferrovia São Paulo-Rio Grande do Sul (1908-1910), no vale do rio do Peixe (Santa Catarina, 2019).

Deve-se tomar nota da população de origem africana que, assim como os povos indígenas, foi escravizada durante os períodos colonial e imperial. "Das origens, na África, houve predomínio da região Centro-Occidental (Congo, Angola, Benguela), com alguma presença de africanos orientais (Moçambique) e ocidentais (Mina, Jejes)". Há registros que apontam para o crescimento gradual de africanos escravizados e indígenas administrados, desde o século XVII, com a fundação de São Francisco do Sul, Desterro e Santo Antônio dos Anjos da Laguna (Santa Catarina, 2019).

Ainda assim, a captura e a escravização de indígenas estava condenada por parte das autoridades judiciais da capitania de São Paulo na década de 1720. Fato esse que intensificou o tráfico transatlântico de escravos africanos para os territórios portugueses na América nos séculos XVIII e XIX, marcando o início de uma virada demográfica. Parte desses afrodescendentes foi utilizada como mão-de-obra para construção de fortificações no litoral, estações baleeiras, trabalho em engenhos de farinha de mandioca, açúcar, aguardente e na lida com o gado no planalto (Santa Catarina, 2019).

"Desde o século XIX, a autoimagem de Santa Catarina é a de uma província ou um estado europeu, uma singularidade que nos distanciará do restante do Brasil, marcado pela mestiçagem. A associação de "branco" com "europeu", e deste com "civilização" e "progresso", é um traço persistente do senso comum. Embora seja inegável tanto a presença quanto a participação de descendentes de europeus na constituição demográfica e econômica de Santa Catarina, o efeito colateral é a invisibilização da população de origem africana"(Santa Catarina, 2019, pg-79).

Acredita-se que a primeira introdução de mosquitos *Aedes* sp. no Brasil tenha ocorrido durante o período de tráfico de escravizados entre as costas africanas e brasileiras. Não coincidentemente, o Brasil há registro de dengue desde o século XIX,

relatado em literatura por epidemias no Rio de Janeiro (1846) e em São Paulo (1852) (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Recentemente, em especial após a década de 1980, a taxa de fecundidade em Santa Catarina se apresenta inferior à nacional, porém a população catarinense cresce a taxas superiores às nacionais. Esse motivo pode ser explicado em razão da força do processo migratório no Estado, como polo de absorção regional, nacional e mesmo internacional de migrantes (Santa Catarina, 2019).

Nesse mesmo período, o grau de urbanização praticamente dobrou, chegando a 83,7% em 2015. Em relação ao crescimento populacional e urbano, essa maior elevação ocorreu, principalmente, nas regiões Norte, Vale do Itajaí e Grande Florianópolis (Santa Catarina, 2019).

2.2 Contextualização sobre Saúde

2.2.1 Saúde para Ciências Exatas e da Terra

Sendo o Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Clima e Ambiente (PCAM) vinculado a Ciências Exatas e da Terra, particularmente dentro das GeoCiências, de acordo com sistematização das áreas de conhecimento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (2020) e publicizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (2022), deve-se atentar para nomenclaturas e abordagens sobre saúde.

Segundo Davenhall (2012), a Geomedicina é definida como uma nova área de inteligência médica que utiliza dados e infraestrutura espaciais para benefício da própria saúde humana; para Läg (1990), é uma área da ciência que observa influências e relações do meio ambiente com a distribuição espacial de agravos em saúde de homens e animais.

A Geografia Médica, assim como a Geografia da Saúde, tem influência de aspectos sociais, econômicos, políticos, tecnológicos e ambientais. Dessa maneira, exerce importante relevância, visto que esses aspectos, na maioria das vezes, são os fatores determinantes no estudo da saúde-doença de uma população (SANTOS, 2020).

Houve pedido de alteração da denominação, de Geografia Médica para Geografia da Saúde, devido à ampliação dos temas, questões e abordagens que esta foi desenvolvendo ao longo do tempo (JUNQUEIRA, 2009).

Ainda descrito por Santos (2020), há enfoque na Geografia da Saúde com a situação econômica, social e ambiental em que este indivíduo está sujeito no cotidiano, influenciando seu processo saúde-doença. Por outro lado, na Geografia Médica há análises e estudos epidemiológicos.

Junqueira (2009) argumenta que, a partir da década de 1950 e com o

interesse geopolítico pela interiorização e integração do interior do território brasileiro, a Geografia Médica no Brasil resultou em pesquisas sobre doenças ditas tropicais presentes nas áreas de interesse de ocupação, principalmente da Amazônia e do Centro-Oeste.

"Esses estudos atendiam ao interesse do governo que implantava projetos de produção de energia, agropecuária e de mineração no interior do país, no entanto, não possuíam maior reflexão sobre os problemas relacionados à saúde. Pode-se dizer que esse período foi marcado por uma Geografia Médica atrelada aos interesses do governo e da classe dominante, não havendo uma análise mais crítica que relacionasse esses estudos aos fatores socioeconômicos e culturais"(JUNQUEIRA, 2009, pg-6).

2.2.2 Saúde Pública e Medicina Social

Durante a antiguidade grega, precisamente no século V a.C., Hipócrates defendia a idéia de que um ambiente saudável estava ligado com a própria saúde da população. Ele é considerado o pai da Medicina e adotava a visão de Saúde Pública integrada ao ambiente (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2024b).

De acordo com Foucault (1990), a passagem de uma medicina coletiva para uma medicina privada não se deu com o capitalismo, muito pelo contrário, primeiro socializou o corpo enquanto força de trabalho. O controle social sobre os indivíduos começa no corpo, com o corpo, pois este é uma realidade biopolítica, sendo a medicina parte de sua estratégia. Porém, a socialização do corpo só ocorreu em última etapa do surgimento da Medicina Social, que teve sua formação a partir de três (3) etapas: Medicina de Estado, Medicina Urbana e Medicina da Força de Trabalho.

A primeira etapa ocorreu durante o século XVIII na Alemanha, momento em que a burguesia, em queda, oferecia seus serviços à organização Estado. Nesse período, a partir da medicina, o Estado era responsável por fazer observações e registros, não apenas de nascimento e mortalidade, como também de morbidade. Ainda no final do século XVIII, na França, com a urbanização da cidade, era necessário ordenamento territorial por conta da densidade demográfica e da heterogeneidade política e sanitária (FOUCAULT, 1990).

Assim, a medicina fazia ordenação do espaço urbano, realizando análise de perigo em áreas de aglomerado, principalmente cemitérios, assim como controlando a circulação de água e ar, tanto de afluentes como de efluentes. A última etapa se deu na Inglaterra ao final do século XIX, com o desenvolvimento industrial, e por consequência, do proletariado. "A partir do momento em que o pobre se beneficia dos sistemas de assistência, deve, por isso mesmo, se submeter a vários controles médicos"(FOUCAULT, 1990).

Nesse momento, a ciência reformulava as relações entre o homem e suas

condições de vida, incitando a medicina como assunto público, devendo intervir na vida política e social. Essas ideias são voltadas para as reformas da saúde e alguns princípios básicos se tornariam parte integrante do discurso sanitarista, sendo: que a saúde da população é de interesse societário e cabe à sociedade proteger e assegurar a saúde de seus membros; que as condições sociais e econômicas têm um impacto crucial sobre o processo saúde-doença, devendo ser estudadas cientificamente; que as medidas a serem tomadas para a proteção da saúde são tanto sociais como médicas (CAMPOS *et al.*, 2009).

Ainda, sob as palavras de Foucault (1990), saúde e salubridade não deveriam ser vistos como iguais. "Salubridade é a base material e social capaz de assegurar a melhor saúde possível dos indivíduos. [...] Salubridade e insalubridade são o estado das coisas e do meio enquanto afetam a saúde"(FOUCAULT, 1990).

2.2.3 Saúde Coletiva

Adotando o conceito de saúde da Carta Magna para Saúde Mundial, desde o planejamento de criação até a execução atual da Organização Mundial de Saúde (OMS), tem-se saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas como a ausência de doença ou enfermidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024; PARRAN; BOUDREAU, 1946).

Na metade do século XX, concomitantemente ao final da Segunda Grande Guerra (1939-1945), quando se aumenta a utilização de antibióticos e técnicas cirúrgicas, reconsolidam-se a atenção médica individualizada, repensando sobre conceitos de saúde. Nesse período, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) apoia a ampla discussão crítica sobre o modelo biomédico da medicina, momento em que há criação de departamentos de medicina preventiva e social nos projetos pedagógicos (CAMPOS *et al.*, 2009).

Muitas análises sociais, demográficas e políticas percorreram a história da saúde pública, percebendo vínculo às políticas de saúde que se desenvolveram, na Europa e nas Américas, e trouxeram em seus conteúdos as especificidades de cada contexto histórico e suas circunstâncias (CAMPOS *et al.*, 2009).

Ao final dos anos 70, para Campos *et al.* (2009), dá-se início à Saúde Coletiva, com fundação de associação própria a nível nacional e assumindo posição técnico-política, que teria a concepção de saúde como direito do cidadão e dever do Estado. A Saúde Coletiva encontra ruptura com a concepção de Saúde Pública, não aceitando o próprio discurso biológico, sendo um mosaico entre as ciências sociais e humanas, a epidemiologia, a política e o planejamento. A presença das ciências sociais e humanas foi de grande importância e consolidou como fundamentais para a compreensão dos processos da vida, saúde, doença e morte.

"...Tornou-se difícil um consenso acerca de sua conceituação. Em realidade, a partir do momento em que se foram firmando as formas de tratar o coletivo, o social e o público, caminhou-se para entender a saúde coletiva como um campo estruturado e estruturante de práticas e conhecimentos, tanto teóricos como políticos"(CAMPOS *et al.*, 2009, pg-27).

Durante a década de 90, a Lei Orgânica da Saúde foi sancionada no Brasil. Essa lei dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes, além de também dispor sobre o Sistema Único de Saúde (SUS). Está expresso em seu segundo artigo que saúde é um direito fundamental e prover condições para seu pleno exercício é dever do Estado (BRASIL, 1990). Seu terceiro artigo tem a inclusão, por meio de lei, de fatores determinantes e condicionantes, ficando o texto assim:

"Os níveis de saúde expressam a organização social e econômica do País, tendo a saúde como determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, a atividade física, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais "(BRASIL, 2013, pg-1).

Nesse mesmo artigo da Lei Orgânica da Saúde, o parágrafo único continuou inalterado, mantendo o seguinte texto: "Dizem respeito também à saúde as ações que, por força do disposto no artigo anterior, se destinam a garantir às pessoas e à coletividade condições de bem-estar físico, mental e social"(BRASIL, 1990).

2.2.4 Sistema Único de Saúde (SUS)

A saúde pública era uma prioridade durante a política do governo brasileiro na década de 1920 (GERSCHAMN; SANTOS, 2006). Nesse período, um dos principais desafios da saúde pública era o controle da Febre Amarela Urbana. Esse momento foi marcado, além do incentivo da Fundação Rockefeller, por intensas campanhas de erradicação do *Aedes aegypti*. Décadas mais tarde, a própria Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) participa da coordenação das campanhas de erradicação (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Ainda no início do século XX, o Estado passa a fortalecer a base de um sistema previdenciário, mesmo que incipiente, oferecendo coberturas variadas de atenção à saúde individual. Surge, assim, as bases para um sistema nacional de saúde, tutelado pelo Estado. Naquele período, noções de direito social e universalização do serviço eram questões distintas, contribuindo para a separação institucional e política entre saúde pública e assistência médica (GERSCHAMN; SANTOS, 2006).

Durante as décadas de 1950 e 1960, o grau de sofisticação tecnológico em saúde aumentou consideravelmente, aumentando assim a dependência de capital e incorporando novos provedores com fins de lucro. Assim, a partir de uma visão

empresarial empreendedora, grupos de médicos identificaram esse novo nicho de mercado (GERSCHAMN; SANTOS, 2006).

Ao final da década de 1980, dois atores atuavam em saúde: o provedor empresarial privado e o Estado pagador e com forte burocracia centralizada. Destacam-se novos atores em ascensão nesse período: políticos menores e o Partido Sanitário. Dessa maneira, o SUS é debatido durante o processo de democratização do país (GERSCHAMN; SANTOS, 2006).

Após a constituição do Estado Democrático de Direito, por meio da Constituição Federativa da República do Brasil de 1988, a saúde é garantida como um direito social. A própria Constituição Federal entende que para ocorrer a diminuição dos riscos inerentes ao trabalho, deve-se normatizar sobre higiene, saúde e segurança (BRASIL, 2024a). Ainda assim, o SUS brasileiro foi apenas promulgado legalmente em 1990, regulamentando as ações e serviços da saúde (BRASIL, 1990).

Esse conjunto de ações e serviços faz parte da sua constituição e são prestados por órgãos e instituições públicas, sendo competência comum de todas as esferas do sistema político brasileiro, tanto da Administração direta quanto indireta, até mesmo fundações mantidas pelo Poder Público (BRASIL, 2024a; BRASIL, 1990).

Um dos próprios objetivos do SUS é identificar e divulgar os fatores condicionantes e determinantes da saúde, assim como prestar assistência às pessoas por meio de promoção, proteção e recuperação da saúde (BRASIL, 1990). Logo, a própria saúde é parte integrante da seguridade social como competência do Poder Público, assim como a previdência e a assistência social, sendo garantida a universalidade da cobertura e do atendimento, sem distinção entre populações urbanas ou rurais (BRASIL, 2024a).

Uma das diretrizes é a descentralização e a integração em rede regionalizada e hierarquizada, assim como o próprio atendimento integral, dando prioridade a atividades de prevenção sem que haja prejuízo dos serviços assistenciais (BRASIL, 2024a).

Assim, compete ao SUS, além de outras atribuições, colaborar na proteção do meio ambiente, fiscalizar e inspecionar alimentos, incrementar o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação, participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico, assim como executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica (BRASIL, 2024a).

"Os gestores locais do sistema único de saúde poderão admitir agentes comunitários de saúde e agentes de combate às endemias por meio de processo seletivo público, de acordo com a natureza e complexidade de suas atribuições e requisitos específicos para sua atuação"(BRASIL, 2024a).

O maior desafio do SUS é político, além da crítica sistemática e oposição

da mídia. Ainda assim, nessas últimas três décadas, produziu conquistas e resultados significativos. "Se o Estado sabota o SUS, resta à sociedade civil lutar [...] por um sistema de saúde universal, público, de qualidade e efetivo..."(PAIM, 2018).

2.2.5 Saúde Única

Ainda na segunda metade do século XX, exatamente em 1968, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) convoca a Reunião Interamericana de Nível Ministerial sobre Saúde e Agricultura (RIMSA), realizando proteção e promoção da saúde humana e animal por meio da cooperação técnica em saúde pública veterinária, além de manter enfoque multissetorial (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2021).

O termo Medicina Única foi concebido pelo médico-veterinário Calvin W. Schwabe (1927-2006) em sua obra "*Veterinary Medicine and Human Health*" em 1984, reforçando a importância da junção entre saúde humana, animal e ambiental (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2024b). Aos poucos, o mundo foi despertando para a importância da interação entre saúde e meio ambiente.

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como EcoRio92, discutiram-se as bases para avançar esforços conjugados quanto à colaboração entre setores de saúde e meio ambiente. Logo, em 1995, foi adotada a Carta Pan-Americana sobre Saúde e Meio Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2021), porém a evolução do termo para Saúde Única ocorreu no século XXI (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2024b).

No ano de 2004, em Nova Iorque, especialistas se reuniram para debater e propor ações em resposta à potencial dinâmica de doenças entre humanos, animais domésticos e fauna silvestre. Naquela época, principalmente, alertar sobre ebola, influenza aviária, doença crônica debilitante dos cervídeos, encefalopatia espongiforme bovina, dentre outras. Esses encontros resultaram na elaboração de prioridades e recomendações, chamadas de "Princípios de Manhattan" durante o simpósio "Um Mundo, Saúde Única", que apresentavam visão holística e caráter interdisciplinar sobre saúde, dando ênfase na prevenção de epidemias/epizootias e na conservação íntegra dos ecossistemas (WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.*, 2004).

Parte dessas recomendações eram para reconhecer a ligação da saúde entre animais domésticos, silvestres e sociedade; alertar para o uso do solo e da água; reduzir o consumo de carne de caça e de alimentos com baixa inocuidade; aumentar investimentos em pesquisas sobre saúde de maneira transdisciplinar e multissetorial; investir em educação, não apenas acadêmica, mas da população. A saúde deveria ser

entendida e planejada na interface homem-animal-ecossistema, atingindo, assim, a Saúde Única (WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.*, 2004).

Inicialmente, em 2008, a abordagem sobre Saúde Única era feita de forma Tripartite, entre a Organização Mundial de Saúde (OMS), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA). Esta última foi fundada como Gabinete Internacional de Epizootias (*Office International des Epizooties (OIE)*)

Após a junção dessas três organizações, em junho de 2021, foi proposta uma quarta parte para compor essa aliança, com a inclusão do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Com uma gestão Quadripartite, desenvolve-se o Sistema Global de Inteligência em Saúde Única (SGISU), que tem por objetivo melhorar a inteligência em Saúde Única, antecipando avisos e auxiliando na gestão de risco de ameaças à saúde global

Ainda para a OMS (2024), Saúde Única é uma abordagem na interface humano-animal-ambiental para se alcançar melhores resultados em saúde coletiva. Vários setores que se intercomunicam, especialmente para o controle de zoonoses, promoção de segurança alimentar e combate a resistência a antibióticos, tendo interdependência e ligação entre saúde humana e saúde animal por meio de saúde de ecossistemas; para a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (2022) (FAO), há sinergismo entre essas políticas e estratégias, enquanto é entendido pelo Conselho Federal de Medicina Veterinária (2024b) (CFMV) como uma união indissociável.

"Saúde Única é um enfoque colaborativo, multidisciplinar e multissetorial que pode abordar as ameaças à saúde na interface homem-animal-ambiente no âmbito subnacional, nacional e internacional, com o objetivo final de obter resultados de saúde ótimos reconhecendo as interconexões entre pessoas, animais, plantas e meio ambiente. Essa interface, um aspecto definidor de Saúde Única, consiste num continuum de interações entre pessoas, animais e meio ambiente que permite a transmissão entre espécies de patógenos zoonóticos e emergentes"(ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2021, pg-2).

No atual ano, 2024, passa a vigorar a lei que institui o Dia Nacional de Saúde Única, a ser celebrado no dia 3 de novembro, "com o objetivo de conscientizar a sociedade sobre a relação indissociável entre as saúdes animal, humana e ambiental"(BRASIL, 2024b).

O próprio Ministério da Saúde reconhece o termo Saúde Única, e sugere a sinonímia "Uma Só Saúde", com a mesma abordagem integrada que reconhece a conexão entre a saúde humana, animal, vegetal e ambiental. Esse Ministério é tido como o órgão do Poder Executivo Federal responsável pela organização e elaboração

de planos e políticas públicas voltados para a promoção, a prevenção e a assistência à saúde dos brasileiros (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024).

Sobre a relação entre saúde humana, animal, vegetal e ambiental, o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2024) elenca quatro (4) tópicos, sendo: Doenças zoonóticas e novas epidemias/pandemias; Resistência aos antimicrobianos; Segurança alimentar e segurança dos alimentos; e Biodiversidade, mudanças climáticas e saúde.

Neste mesmo ano, 2024, o CFMV emite a Portaria nº 115, que cria e nomeia a Comissão Nacional de Saúde Única (CNSU) do Conselho Federal. Essa Portaria considera a necessidade de criar políticas que assegurem à população qualidade em saúde, sendo o médico-veterinário um profissional importante na equipe multidisciplinar dessa área (Conselho Federal de Medicina Veterinária, 2024a).

Também é incluído, no conceito de Saúde Única, a conexão com saúde vegetal, além da abordagem integrada entre saúde humana, animal e ambiental. Ao CNSU fica atribuído: analisar, sugerir, articular e propor políticas de Saúde aos órgãos competentes, além de demais competências e representações perante o CFMV (Conselho Federal de Medicina Veterinária, 2024a).

Para a Organização das Nações Unidas (ONU) (2022), como objetivo de desenvolvimento sustentável, deve ser assegurado uma condição de vida saudável e promoção de bem-estar para todas e todos, em todas as idades; além de combater doenças veiculadas pela água e outras doenças transmissíveis. Também é tido de suma importância a integração das medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Ainda segundo a ONU (2022) é necessário implementar medidas para evitar a introdução de espécies exóticas e reduzir significativamente o impacto dessas espécies invasoras.

2.2.6 Doenças Zoonóticas

No século XIX, o médico patologista Rudolf L K. Virchow (1821-1902) foi um dos primeiros a utilizar o termo Zoonose e afirmava que “entre a medicina animal e a medicina humana não havia divisórias; e que nem deveria haver” (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2024b).

Como citado por Reperant e Osterhaus (2013), a própria interface homem-animal apresenta características versáteis e dinâmicas. Para esses autores, a ligação homem-animal é caracterizada por muitos atributos adquiridos durante o próprio processo de evolução humana como espécie e o desenvolvimento do homem como sociedade, porém se mantém em processo dinâmico contínuo.

O principal atributo é a co-evolução patogênica herdada pelo homem como espécie animal, além de outros atributos importantes, tais como: comportamento hu-

mano durante o processo de domesticação de espécies; a perda do comportamento nômade-coletor para se tornar agricultor e produtor de alimentos; amplos processos migratórios, de colonização e comercialização; e aos próprios processos de urbanização, industrialização e globalização (REPERANT; OSTERHAUS, 2013).

A OMS (2020) considera zoonoses as doenças infecciosas transmitidas, via ingestão hídrica ou sólida, pelo meio ambiente ou por contato direto, entre humanos e animais não-humanos. Elas representam o principal problema em saúde coletiva no mundo, além de corresponderem a 75% das doenças infecciosas emergentes em humanos. Seus agentes etiológicos podem ser de caráter bacteriano, viral, parasitário ou envolver agentes não convencionais.

Pensando nos animais como potenciais reservatórios para a transmissão da dengue, em uma revisão sistemática, constataram que aproximadamente 10% dos animais testados apresentaram positividade para DENV, tanto PCR quanto sorologia. Analisando as sorologias, tem-se positividade para: primatas não-humanos (26,94%), morcegos (7,04%), marsupiais (3,41%) e roedores (0,67%). Ao se analisar os RT-PCR, tem-se positividade para: marsupiais (9,54%), morcegos (3,04%), roedores (2,78%) e primatas não-humanos (0,32%) (GWEE *et al.*, 2021).

Em outra revisão sistemática e meta-analítica, Aldana *et al.* (2024) encontraram positividade sorológica DENV em: suínos (49%), primatas não-humanos (29%), morcegos (10%), equinos (11%), aves (8%), bubalinos (7%), roedores (2%) e ovinos (1%). Também analisaram resultados positivos por RT-PCR em morcegos, apresentando positividade em 6% dos animais avaliados.

Ambos os estudos reconhecem os primatas não-humanos como potenciais hospedeiros em ciclos enzoóticos para amplificação da transmissão, porém constataram que nem todas as espécies de primatas não-humanas são suscetíveis. Também entram em acordo ao encontrar resultados positivos por métodos moleculares em morcegos e dão ênfase ao dizer que o vírus da dengue pode infectar diversas espécies de animais, incentivando estudos relacionados (ALDANA *et al.*, 2024; GWEE *et al.*, 2021).

Em estudo de Thongyuan e Kittayapong (2017), uma pequena quantidade de cães domiciliados apresentaram positividade para dengue em amostras de sangue testadas por RT-PCR, isolamento viral e replicação em cultura celular. Desses cães, a maioria era de região urbana e parte deles era domiciliado internamente na residência, tendo contato com o ambiente externo apenas para passeio. Os autores não descartam a possibilidade de cães serem reservatórios para o vírus, mas alertam necessidade de mais estudos.

2.2.7 Ecoepidemiologia

A epidemiologia é a ciência que estuda a frequência, a distribuição e os determinantes dos eventos de saúde nas populações. Ao se estudar a distribuição de doenças sobre populações, três variáveis são clássicas: tempo, lugar e pessoa (Organização Pan-Americana da Saúde, 2010).

No enfoque epidemiológico, não apenas se pesquisa a distribuição dos acometimentos, mas se orienta a busca de porquês sobre a ocorrência de eventos. Esse processo utiliza modelos de causalidade, sendo os mais aceitos: Tríade Epidemiológica e Causas Componentes (Organização Pan-Americana da Saúde, 2010).

A Tríade Epidemiológica, como modelo tradicional de causalidade de doenças transmissíveis, aborda a doença como resultado da interação entre o agente, o hospedeiro suscetível e o ambiente. Para doenças transmitidas por vetores, o próprio vetor é um elemento de interação entre agente, hospedeiro e ambiente (Organização Pan-Americana da Saúde, 2010).

A dengue é uma doença viral de grande importância na saúde coletiva e sua forma epidêmica tem se adaptado ao ambiente urbano durante centenas de anos. (WEAVER; BARRETT, 2004). Atualmente é um agravo reemergente e registrado nos cinco (5) continentes, sendo endêmico em mais de 100 países e considerada como doença tropical negligenciada (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

A dengue, como registro de nomenclatura médica, apenas foi oficializada em 1983, praticamente um século após sua descoberta. O vírus teria origem asiática, filogeneticamente, e teve êxodo florestal ao mesmo passo em que o homem desmatava e desenvolvia assentamentos (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Relatos de uma doença clinicamente compatível remonta a tempos antigos, sendo registrados na China desde o século III, durante a dinastia Chin. Naquele período era denominado 'veneno d'água', fazendo alusão a insetos voadores e distribuição de água (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Ainda comentado por Valle, Pimenta e Cunha (2015), após um longo período sem registros históricos, uma afecção semelhante torna a ser relatada nas Ilhas Francesas, 1635, e no Panamá, 1699. Quase um século após, meados de 1700, tal doença passa a ter distribuição ampla e tropical. "Essa distribuição generalizada coincidiu com o aumento do comércio global, em especial com as grandes colonizações e o tráficos de escravos[sic]".

2.2.7.1 Agente Etiológico

Em se tratando do agente etiológico, e como citado por Barth (2010), o vírus da dengue (Dengue Virus (DENV)) faz parte da família *Flaviviridae* e possui

estrutura genética formada por ácido ribonucleico de fita simples e sentido positivo (single-stranded and positive-sense Ribonucleic Acid (ssRNA+)). Essa mesma autora simplifica a estrutura do vírion em 3 partes: material genético, capsídeo viral e envelope.

Aprofundando um pouco mais a análise da estrutura viral, percebe-se que o capsídeo tem composição proteica (proteína-C) e que o envelope é formado por bicamada fosfolipídica com proteínas de membrana (proteína-M) e proteínas de envelope (proteína-E). Essas proteínas de membrana conferem a infectividade. O tamanho do capsídeo é de 30nm, enquanto o vírus como um todo pode chegar a 65 nm (BARTH, 2010).

Weaver e Barrett (2004) também comentam que muitas pandemias tem sido atribuídas a capacidade de alguns vírus ssRNA+ adaptarem e incluírem o ser humano como hospedeiros. Esses mesmo autores também citam que, para a dengue, essas mutações resultaram em adaptação ao mosquito urbano.

Os arbovírus são aqueles vírus que infectam, em primeiro momento, artrópodes vetores e são transmitidos por esses invertebrados a vertebrados, em segundo momento, por meio da picada. Especificamente com a dengue, os mosquitos vetores são do gênero *Aedes*, que transmitem o vírus entre primatas, incluindo o homem (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

2.2.7.2 Vetor Biológico

Conforme adotado pela Sociedade Brasileira Técnico-Científica de Parasitologia (2021) (SBP), vetor é um artrópode, molusco ou veículo que transmite um parasito entre dois hospedeiros, que albergam o parasito; sendo vetor biológico quando o agente etiológico apresenta parte do ciclo biológico, multiplicando-se ou se desenvolvendo, no próprio animal vetor.

A competência vetorial se refere a capacidade de o vetor permitir entrada e replicação do patógeno no seu próprio organismo, tornando-se infectante. A capacidade vetorial, por sua vez, é referida como a capacidade de o vetor transmitir o agente etiológico. Ambas as expressões matemáticas são aferidas em experimentos laboratoriais (SANTA CATARINA, 2022).

Logo, a dengue é uma arbovirose, ou seja, é uma doença vetorizada por artrópodes. Ainda, por ampla distribuição (cosmopolita) de algumas espécies do gênero *Aedes*, essas são consideradas as principais transmissoras no ciclo urbano (sinantrópicas antropofílicas): *Aedes aegypti* (endofílico) e *Aedes albopictus* (peridomiciliar exofílico)(WEAVER; BARRETT, 2004).

Os mosquitos do gênero *Aedes* (subgênero *Stegomyia*) tem distribuição biogeográfica nas principais regiões: Afrotropical, Australasiana e Oriental. Somente os mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* ampliaram sua distribuição, em con-

cordância com a distribuição humana, para outras regiões, sendo elas: Neoártica, Neotropical e Paleoártica (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Os pernilongos *Aedes aegypti* apresentam origem biogeográfica na região Afrotropical, enquanto o *Aedes albopictus*, na região Oriental. Nessas mesmas regiões ocorre também o ciclo rural de transmissão do vírus, onde humanos são acometidos com maior frequência (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Nessas regiões, Afrotropical e Oriental, ainda há manutenção do ciclo silvestre, por mosquitos silvestres do gênero *Aedes* transmitindo entre primatas não-humanos, onde humanos são acometidos ocasionalmente (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Situado por Valle, Pimenta e Cunha (2015), essas características originárias podem explicar diferenças na biologia dos vetores. Enquanto o *Aedes aegypti* apresenta ovos com maior resistência à baixa umidade e elevada temperatura, os ovos de *Aedes albopictus* podem entrar em diapausa e eclodir assincronamente, assim como os adultos toleram uma faixa maior de temperatura, sendo capazes de colonizar áreas de invernos mais rigorosos.

Como argumentado pelos autores Valle, Pimenta e Cunha (2015), "acredita-se que o *Aedes aegypti* tenha sido introduzido no Brasil em dois momentos. A primeira, durante o tráfico negreiro [...] no período colonial; e a segunda, no fim dos anos 1960, após ter sido considerado erradicado do país em 1955".

"A temperatura favorável ao desenvolvimento de *A. aegypti* encontra-se entre 22 °C e 32 °C, e para a longevidade e fecundidade dos adultos entre 22°C e 28°C"(BESERRA *et al.*, 2009),

Ambos os mosquitos do gênero *Aedes* desenvolvem seus ciclos de vida passando pelas fases de: ovo, larva, pupa e adulto alado. As três (3) primeiras fases são dependentes de ambiente aquático e os ovos são resistentes a períodos de seca. Com o aumento da umidade, os ovos eclodem e as larvas passam a viver na coluna d'água, subindo à superfície para respirar (SANTA CATARINA, 2022).

Durante a fase de pupa, os indivíduos ficam localizados próximos à superfície, com os tubos respiratórios para fora da água. As últimas transformações acontecem em poucos dias, emergindo, assim, o indivíduo adulto na sua forma alada. Apenas as fêmeas realizam repasto sanguíneo, hematofagia, (SANTA CATARINA, 2022).

É tido como concordância gonotrófica quando um único repasto sanguíneo supre as exigências do período gonotrófico do mosquito, desenvolvendo os ovários e iniciando a ovoposição. Em geral, um repasto sanguíneo é suficiente para completar um ciclo gonotrófico. Os mosquitos *Aedes* sp. apresentam discordância gonotrófica, sendo necessário mais de uma alimentação sanguínea durante o período de ovoposição. Essa característica de discordância gonotrófica confere a eles valor epidemiológico importante, visto que potencializa a chance de transmissão do vírus (VALLE; PIMENTA;

CUNHA, 2015).

Citado por Valle, Pimenta e Cunha (2015), geralmente as fêmeas grávidas fazem toda a ovoposição em apenas um foco de reprodução durante um ciclo gonotrófico. Porém esse comportamento não é visto com frequência nos mosquitos *Aedes* sp., sendo comum a ovoposição em saltos, espalhando os ovos de um ciclo gonotrófico em vários locais de reprodução. Assim, há diminuição de competição entre os indivíduos e aumento da variabilidade genética da população.

Em contraste, durante períodos de precipitação, quando há elevada disponibilidade de focos de reprodução, observa-se pouca tendência de dispersão pelas fêmeas em locais onde há grande concentração humana. A precipitação e a temperatura são variáveis ambientais que também influenciam diretamente a distribuição e densidade populacional dos mosquitos *Aedes* sp., que sofrem grande flutuação sazonal (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Em regiões de clima temperado, os mosquitos *Aedes* sp. reproduzem apenas em momentos favoráveis durante o ano, mantendo diapausa e permanecendo como ovo durante os meses de temperaturas mais frias (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

"De fato, nutrição, fotoperíodo e temperatura são fatores que determinam se uma fêmea desenvolverá seus ovários e a velocidade em que se dará tal desenvolvimento"(VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

2.2.7.3 Hospedeiro

Em relação aos hospedeiros, inicialmente era mantido o vírus entre primatas não-humanos através de mosquitos acrodendrofílicos no ciclo silvestre, acometendo humanos acidentalmente. Não há registro de ciclo silvestre nas Américas, onde as características são essencialmente urbana e suburbana (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

"Em algum momento no passado, humanos ou mesmo primatas não-humanos adquiriram a infecção por meio da exposição à picada de mosquitos silvestres infectados pelo vírus dengue ao frequentar o ambiente selvagem"(VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

No ambiente modificado, a propagação do vírus se dá por *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, tornando o ciclo totalmente independente de reservatórios silvestres (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

2.2.8 Emergências Ambientais

Para iniciar, ao se tratar de riscos relacionados a desastres, refere-se ao potencial de ocorrer algo danoso para a sociedade. Para a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), os desastres podem ser categorizados em naturais

ou tecnológicos. Desses, os desastres naturais ainda são agrupados em cinco (5): geológico, hidrológico, meteorológico, climatológico e biológico. Esse último desastre é dividido em dois (2) tipos: epidemias e infestações/pragas [sic] (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

As epidemias são divididas em quatro (4) subtipos, quanto ao agente etiológico: viral, bacteriano, parasítico ou fúngico. Especificamente para as doenças virais, esses desastres são interpretados como "aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus", tendo 1.5.1.1.0 como código Cobrade (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

Segundo o Conselho Regional de Medicina Veterinária (2024b), 80% dos patógenos com potencial para bioterrorismo são zoonóticos. Além de impactos na saúde humana, por serem altamente letais ou incapacitantes, as zoonoses apresentam grande impacto na economia. Dessa maneira, o controle sanitário precisa ser efetivado, principalmente sob a ótica da saúde pública, embora muitas vezes as doenças zoonóticas sejam negligenciadas.

Cubas, Silva e Catão-Dias (2014) confirmam a importância para as sociedades contemporâneas sobre os impactos de mudança climática global, de emergências ambientais e de modificação antrópica dos ecossistemas naturais. Os efeitos desses impactos se estendem à integridade do meio ambiente e à saúde coletiva, além de afetar diretamente a economia. As avaliações sistemáticas de vulnerabilidade socioambiental e de saúde em relação às modificações de larga escala do meio ambiente são urgentes, em seu sentido biofísico.

"Alguns estudos demonstram como a dinâmica ecoepidemiológica destes agravos tem sido afetada por mudanças ambientais. [...] Inventários faunísticos e microbiológicos, cenários de clima e seus efeitos em ecossistemas, e a implantação de sistemas permanentes e eficazes de monitoramento bioclimático, são aspectos a serem considerados pelos gestores públicos e pelas comunidades científica e conservacionista"(CUBAS; SILVA; CATÃO-DIAS, 2014, pg-2325).

O Regulamento Sanitário Internacional (RSI) representou um marco para a Saúde Pública entre países, tendo como propósito a prevenção, proteção, controle e resposta à saúde pública frente a riscos internacionais na propagação de doenças. Esse regulamento tem princípios planejados para evitar interferências não necessárias em tráfego e comércio, pondo regramento no trânsito de cargas e pessoas (BRASIL; Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

O controle de pontos de entrada e saída, passagens de fronteiras terrestres, portos e aeroportos se dará respeitando a dignidade, os direitos humanos e as liberdades fundamentais das pessoas. Também poderão ser exigidos documentos de saúde, tais como: certificados de vacinação ou outras medidas profiláticas; declaração marí-

tima de saúde; e certificados de controle sanitário da embarcação (BRASIL; Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Alguns anos após a publicação do RSI, o decreto sobre Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) é sancionado no Brasil, sendo declarada emergência em situações que demandam urgentemente medidas para prevenção, controle e contenção de riscos, danos e agravos à saúde pública no território brasileiro. Essas situações podem ser em virtude de eventos epidemiológicos, desastres ou desassistência à população (BRASIL, 2011).

Em relação a situações epidemiológicas, serão consideradas as que apresentem risco de disseminação nacional, representem a reintrodução de agentes infecciosos erradicados, sejam produzidas por agentes infecciosos inesperados, apresentem gravidade elevada ou extrapolem a capacidade de resposta da direção estadual do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2011).

Para os casos de Emergência em Saúde Pública, fica a cargo da Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA), pelo próprio Departamento de Emergência em Saúde Pública, a coordenar a preparação, a vigilância e a resposta a essas emergências (BRASIL, 2023b).

O Conselho Nacional de Saúde (CNS) institui em 2018 a Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS), entendendo a própria Vigilância em Saúde como um processo sistemático e contínuo "de coleta, consolidação, análise de dados e disseminação de informações sobre eventos relacionados à saúde, [...], para a proteção e promoção da saúde da população, prevenção e controle de riscos, agravos e doenças"(BRASIL, 2018).

Por meio da própria PNVS, é citado sobre Vigilância em Saúde Ambiental, tendo como finalidade a recomendação e adoção de medidas de promoção à saúde, prevenção e monitoramento dos fatores de riscos relacionados às doenças ou agravos. Logo, define-se Vigilância em Saúde Ambiental, sendo: "o conjunto de ações e serviços que propiciam o conhecimento e a detecção de mudanças nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana"(BRASIL, 2018).

A Vigilância em Saúde Ambiental deve ter como base a organização política, territorial, social e cultural, assim como os modelos locais de produção. Por isso, a inter-relação entre saúde humana e meio ambiente em um território deve ser identificada e compreendida, pois é tida como essencial para o planejamento e execução de ações. "A análise do território e dos fatores socioambientais que condicionam e determinam a saúde humana deve direcionar a elaboração de políticas públicas e ações estratégicas que fortaleçam a promoção, a prevenção e a assistência em saúde"(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022a).

Recentemente, 2023, o governo de Santa Catarina revisou o Plano de

Contingência para Enfrentamento de Arboviroses (Dengue, Zika e Chikungunya). Esse plano traz estratégias para organizar a resposta em situações de emergência, que variam conforme o nível de alerta acionado, incluindo os próprios indicadores de acionamento para o estadiamento dos níveis (SANTA CATARINA, 2023).

Dessa maneira, o Plano de Contingência no Estado de Santa Catarina(2023) serve como documento norteador na área da saúde, tanto para profissionais quanto para gestores. Nele também há a descrição do Comitê Intersectorial, que deve ser implementado em todos os municípios infestados por *Aedes* sp., e a possibilidade de ativação do Centro de Operação de Emergência (COE) para promover a resposta coordenada.

Levando em consideração a saúde única, devemos adotar um caráter preventivo frente a catástrofes, não apenas intervindo de forma mitigadora para interromper processos crônicos estabelecidos de degradação ambiental, recuperação de ecossistemas e manejo de populações comprometidas (CUBAS; SILVA; CATÃO-DIAS, 2014).

2.2.9 Situação Epidemiológica Atualizada da Dengue em SC/2024

As informações atualizadas e expostas estão em acordo com a Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina (2024b).

Embora haja flutuação na quantidade de focos identificados atualmente (57.103 focos em 2024), se comparados ao mesmo período do ano passado (61.589 focos em 2023) e ano retrasado (60.379 focos em 2022), há aumento (8,05%) de municípios com registro (255 municípios em 2024), em relação ao mesmo período de 2023 (236 municípios) e 2022 (233 municípios; aumento de 9,44%).

Desses municípios que registram focos de *Aedes* sp. em 2024, 175 foram considerados municípios infestados, representando aumento de 14,38% em relação a 2023 (153 municípios infestados) e 30,6% em relação a 2022 (134 municípios infestados).

Além disso, há 558.313 notificações, o que significa um aumento considerável de 133,58% ao comparar com 2023 (239.019) e 314,54% ao comparar com 2022 (134.680).

Assim, para obter melhor resposta frente a essa alteração de comportamento epidemiológico, houve alteração na divulgação dos casos de dengue em 2024, sendo considerados os casos prováveis dengue (incluindo inconclusivos e suspeitos aos confirmados), não apenas os casos confirmados.

Ainda na metodologia anterior, o ano de 2023 registrou 117.677 casos confirmados de dengue até o início de novembro, também apresentando aumento (40,75%) se comparado ao mesmo período de 2022 (83.606 casos confirmados).

Como expresso no próprio informe epidemiológico (2024b), houve registro

de 352.374 casos prováveis, o que representa aumento de 152,41% em relação aos casos prováveis de 2023.

O Estado de Santa Catarina identificou até o momento apenas a circulação de dois (2) sorotipos virais: DENV1 e DENV2. Desses, DENV1 é o sorotipo predominante no território catarinense.

Outro ponto importante são os óbitos que ocorreram no Estado. Houve aumento expressivo de 244,44%, que confirmou 99 óbitos em 2023, tendo em 2024 a confirmação de 341 óbitos. Há ainda dois (2) óbitos sob investigação no atual momento.

Também é importante perceber que houve adiantamento nos registros de óbitos confirmados. No ano de 2023 os primeiros óbitos ocorreram ao final de fevereiro e início de março, nona (9ª) semana epidemiológica, para ser preciso. Quando em 2024 os primeiros óbitos foram observados ainda em janeiro, na segunda (2ª) semana epidemiológica.

A mesma análise poderia ser feita em relação aos casos de dengue em 2024, quando a transmissão da doença inicia antecipadamente no Estado catarinense, em comparação aos anos anteriores.

Essa breve comparação entre anos posteriores pode salientar o quão dinâmico se apresenta o comportamento epidemiológico da dengue em Santa Catarina, tornando-se atual e imprescindível sua pesquisa e compreensão.

3 BASE DE DADOS E METODOLOGIA

3.1 Descrição das Bases de Dados

3.1.1 Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS)

O DataSUS está inserido atualmente na pasta da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde e a Diretoria de Vigilância Epidemiológica (Dive) é vinculada à Superintendência de Vigilância em Saúde, da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. O DataSUS disponibiliza informações, via plataforma TABNET, que subsidiam análises objetivas da situação sanitária para tomada de decisões baseadas em evidências e elaboração de programas de ações para promoção da saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022c).

Atualmente, dados como condições de vida, acesso a serviços, qualidade da atenção à saúde, morbidade, incapacidade, além de fatores ambientais, passaram a ser métricas utilizadas na construção de Indicadores de Saúde, que se traduzem em informação relevante para a quantificação e a avaliação das informações em saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022c).

3.1.2 Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan)

O Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) foi implantado em 1993, porém apenas em 1998 o Centro Nacional de Epidemiologia (Cenepi) coordenou e organizou as três esferas do governo por meio da Portaria Funasa/Ministério da Saúde n.º 073 de 9/3/98, regulamentando e tornando obrigatória a alimentação regular dessa base de dados nacional (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

A partir de 2003, com a criação da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), essa secretaria passa a ser responsável pelo sistema. Apesar de o Sinan ser alimentado por notificações de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças de notificação compulsória, é facultado aos estados e municípios incluir outros agravos de saúde importantes em sua região (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022b; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

O próprio Sinan faz a publicização, em documento oficial ao final do ano, das semanas epidemiológicas do próximo ano. Essas, como mencionado pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2023), foram convencionadas internacionalmente e são contadas a partir de domingo a sábado. "A primeira semana do ano é aquela que contém o maior número de dias de janeiro e a última a que contém o maior número de dias de dezembro."

No ano de 2023, a Secretaria de Vigilância em Saúde passa a ser denominada Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, por incluir a abordagem da Saúde Única dentro do próprio Ministério da Saúde. Tal alteração foi oficializada, inicialmente,

pelo Decreto nº 11.358 de 1º de janeiro; posteriormente revogado e vigente sob o Decreto nº 11.798 de 28 de novembro (BRASIL, 2023a; BRASIL, 2023b).

3.1.3 Vigilantes

O Vigilantes é o sistema informatizado *on-line* desenvolvido em 2012 pelo Estado de Santa Catarina. Os municípios podem inserir dados relativos ao *Aedes aegypti*, facilitando e agilizando o acesso de todos os níveis a essa informação. Além de permitir registro, é possível fazer análise das informações de vigilância e controle vetorial através de dois módulos: Módulo Focos e Módulo Programa de Controle da Dengue (PIMPAO *et al.*, 2017).

3.1.4 Malhas Territoriais

Em relação aos dados georreferenciados, são disponibilizados como malhas territoriais pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) das três esferas, seja Federação, Unidade Federativa ou Município. Pode ser conferido no seguinte endereço eletrônico:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/>.

O IBGE tem como missão, resumidamente: identificar e analisar o território; realizar a contagem da população; mostrar como a economia evolui através do trabalho e da produção das pessoas, revelando ainda como elas vivem. O Instituto é o principal provedor de dados e informações do Brasil, que atendem às necessidades da sociedade civil, assim como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal (IBGE, 2022; IBGE, 2023).

3.1.5 *Merging Technique (MERGE)*

De acordo com Rozante *et al.* (2010) o produto MERGE é a combinação, através de métodos estatísticos, de dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-satellite Precipitation Analysis (TRMM-TMPA)* e a precipitação observada por estações de superfície. Esse produto é de alta resolução espacial (0.1º), com gradeamento de 10km² e disponibilização de dados diários a partir de junho de 2000, e horários desde 2010.

Comentado por Huffman, Bolvin e Nelkin (2015), Huffman *et al.* (2016), os dados do *TRMM-TMPA* foram descontinuados e é fortemente sugerido utilizar dados do *Integrated Multi-satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement (GPM-IMERG)*. Esses dados são disponibilizados a cada 30 minutos e as estimativas são executadas em duas etapas: antecipada (*Early*) e tardia (*Late*). A estimativa *Early* tem atraso de apenas quatro horas e é compilada com dados do momento. Por outro lado,

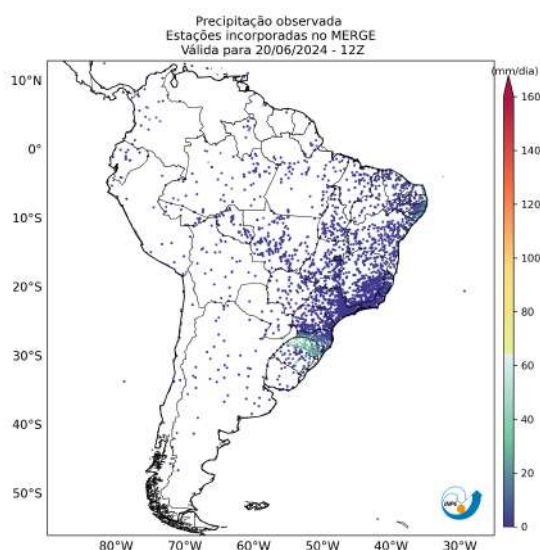
a estimativa *Late* tem atraso de 12 horas e é compilada com mais dados, o que a torna mais precisa.

Atualmente, o produto *MERGE* já faz a interpolação das observações das estações de superfície com dados do *GPM-IMERG-Late* (figura 1). Essa atualização do *MERGE* tem a inclusão de aproximadamente 2500 dados observados (figura 1a) e a exclusão de Viés das estimativas de precipitação por modelos satelitais, em comparação à versão anterior (ROZANTE *et al.*, 2020)

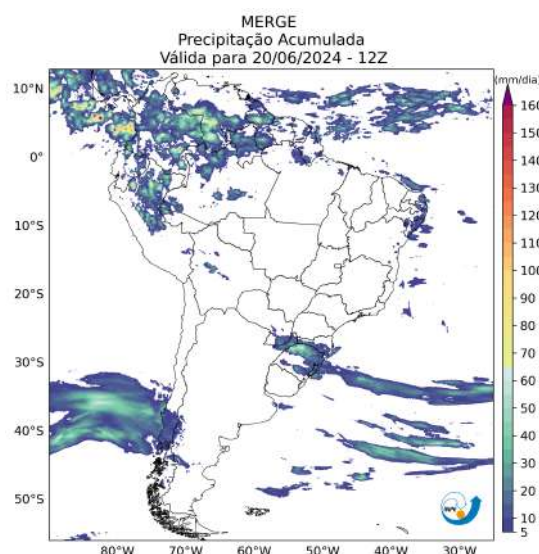
O produto é gerado e disponibilizado (figura 1b) operacionalmente pelo CPTEC/INPE, no formato *Gridded Binary version 2 (GRIB2) (.grib2)*. Estão disponíveis dados horários, diários e climatológicos de precipitação, podendo ser acessados pelo seguinte endereço eletrônico: <http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/MERGE/>.

Figura 1 – Produto *MERGE* e estações meteorológicas usadas na interpolação. Visualização dos dados durante o solstício de inverno de 2024.

(a) Número estações meteorológicas disponíveis na América do Sul para interpolação do produto.



(b) Produto *MERGE* no tamanho original, disponível para a América do Sul.



Fonte: CPTEC/INPE, ROZANTE *et al.* (2024).

3.1.6 South American Mapping of Temperature (SAMeT)

O produto *SAMeT* também é de alta resolução espacial ($0,05^\circ$), com gradeamento de 5km^2 para a região do equador e sendo a interpolação de estimativas do modelo *ECMWF Reanalysis 5th Generation (ERA5)* [European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)] e regressão linear simples com *Global Digital Elevation (GTOPO30)*, além de observações de estações (convencionais e automáticas) de temperatura a 2 metros (figura 2).

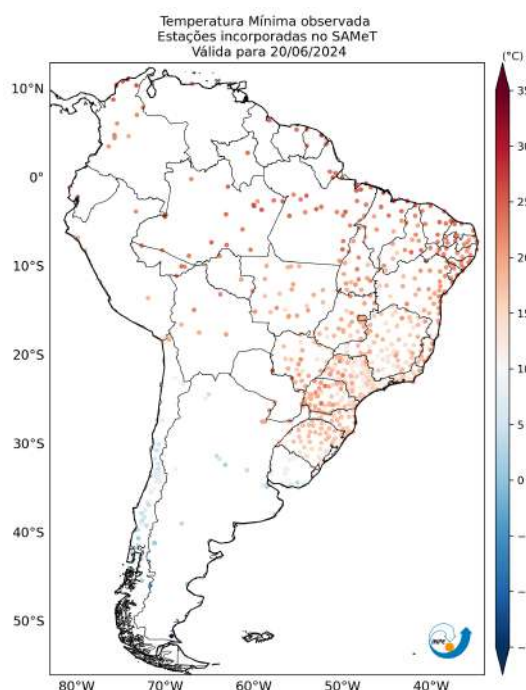
Pelo fato de a reanálise ter atraso de cinco dias, o produto é inicialmente gerado com dados de observação e com modelos numéricos de previsão. Assim que

a reanálise se torna disponível, o produto é gerado novamente com dados integrais da reanálise (modelo *ERA5*) interpolados a dados de estações meteorológicas (figura 2a). Essa combinação, entre reanálise e observação, traz uma acurácia maior ao produto, principalmente em locais de acentuada topografia (ROZANTE; RAMIREZ; FERNANDES, 2021).

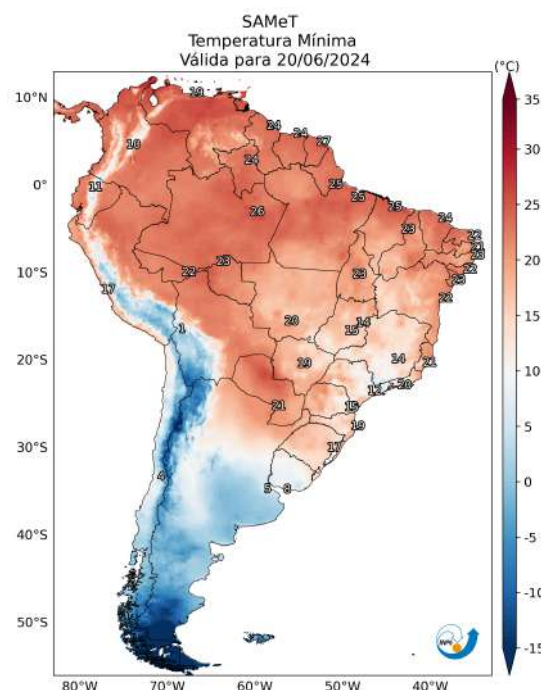
O produto é gerado e disponibilizado (figura 2b) operacionalmente pelo CPTEC/INPE, no formato *Network Common Data Form version 4 (NetCDF4) (.nc)*. Estão disponíveis dados diários e climatológicos de temperaturas mínima, média e máxima, podendo ser acessados pelo seguinte endereço eletrônico: <http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/SAMeT/>.

Figura 2 – Produto SAMeT e estações meteorológicas usadas na interpolação. Visualização dos dados durante o solstício de inverno de 2024.

(a) Número estações meteorológicas disponíveis na América do Sul para interpolação do produto.



(b) Produto SAMeT no tamanho original, disponível para a América do Sul.



Fonte: CPTEC/INPE, ROZANTE; RAMIREZ; FERNANDES (2024).

3.1.7 Global Forecast System (GFS)

Segundo a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (estadunidense) 2022 (*National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*), o modelo *GFS* é a regressão da reanálise do modelo *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA2)*; e atualizado para a versão 16.0 (*GFSv16*) em março de 2020. Os dados são disponibilizados quatro vezes ao dia (00, 06, 12 e 18 UTC), com até 16 dias de previsão, tendo variações: dados horários para até os primeiros cinco dias (0,25º) e dados a cada três horas para até 16 dias (0,5º).

Para Yue, Gebremichael e Nourani (2022), a versão 15 do GFS ficou disponível após a troca do componente principal do modelo, anteriormente baseado no Modelo Espectral Global (*Global Spectral Model (GSM)*), pelo Núcleo Dinâmico Cúbico de Volumes Finitos (*Finite-Volume Cubed-Sphere (FV3)*). Como descrito por Zhou e Juang (2023), a atualização para versão 16 ocorreu após a inclusão de mais camadas verticais e atualizações nos modelos físicos.

Esse modelo preditivo é sintetizado pelo Centro Nacional para Previsões Ambientais daquele mesmo país (*National Centers for Environmental Prediction (NCEP)*), que faz acoplamento de quatro outros modelos (atmosférico, oceanográfico, terrestre e de gelo marinho), retornando valores preditivos de temperaturas, precipitação, umidade relativa do ar e do solo, radiação, relativas ao vento, assim como concentração de ozônio (NOAA, 2024).

3.2 Conjunto de Dados e Área de Estudo

As informações epidemiológicas (casos de dengue) e entomológicas (focos de *Aedes* sp.) foram obtidas através de dados oficiais do Ministério da Saúde / Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA) / Diretoria de Vigilância Epidemiológica (Dive), através de plataformas *on-line* TabNet-Sinan (DataSUS [<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinannet/cnv/denguebsc.def>] e Dive [<http://tabnet.dive.sc.gov.br/>]) e disponibilizados oficialmente (Dive).

Os dados referentes a focos de *Aedes* sp. são disponibilizados pela Dive como arquivos tabulados em planilhas eletrônicas (formato .xls) obtidos a partir de relatórios de número de focos. Esses números são contabilizados no dia do próprio registro, ocorrendo apenas de segunda a sexta-feira. A série histórica desses dados entomológicos tem início no ano de 2012. Foram considerados como focos de *Aedes* sp., majoritariamente, os dados relativos ao armadilhamento entomológico por técnica de pesquisa larvária (larvitampa). Também são incluídos dados relativos a outros depósitos, como: depósito natural, pneus e outros materiais rodantes, depósitos fixos, pequenos depósitos móveis, recipientes plásticos, caixa d'água (elevado) e outros depósitos de armazenamento de água.

Sobre os dados de casos de dengue, obtidos *online* do TabNet Sinan, sendo selecionados: Município de Infecção e Semana Epidemiológica do início dos Sintomas [sic], assim como refinar os dados com confirmação Laboratorial e Clínico-epidemiológica, além de incluir todas as nomenclaturas de registro para a dengue (Dengue com complicações, Febre Hemorrágica do Dengue, Síndrome do Choque do Dengue, Dengue, Dengue com sinais de alarme, Dengre [sic] grave). A série histórica dos casos de dengue começa em 2014, sendo previamente agrupados e já disponibilizados em semanas epidemiológicas.

Também foram utilizados dados georreferenciados atualizados do (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)). Sobre elementos climáticos, os dados são de: i) Precipitação e temperatura - fornecidos pelo *Global Forecast System (GFS)*; ii) Precipitação - obtido pelo produto *Merging Technique (MERGE)* e iii) Temperatura - obtido pelo produto *South American Mapping of Temperature (SAMeT)*.

Em relação à precipitação acumulada na superfície (mm), provenientes do produto *MERGE*, foram adquiridos dados diários a partir de junho de 2000 e com resolução de 10 km² (0,1^º).

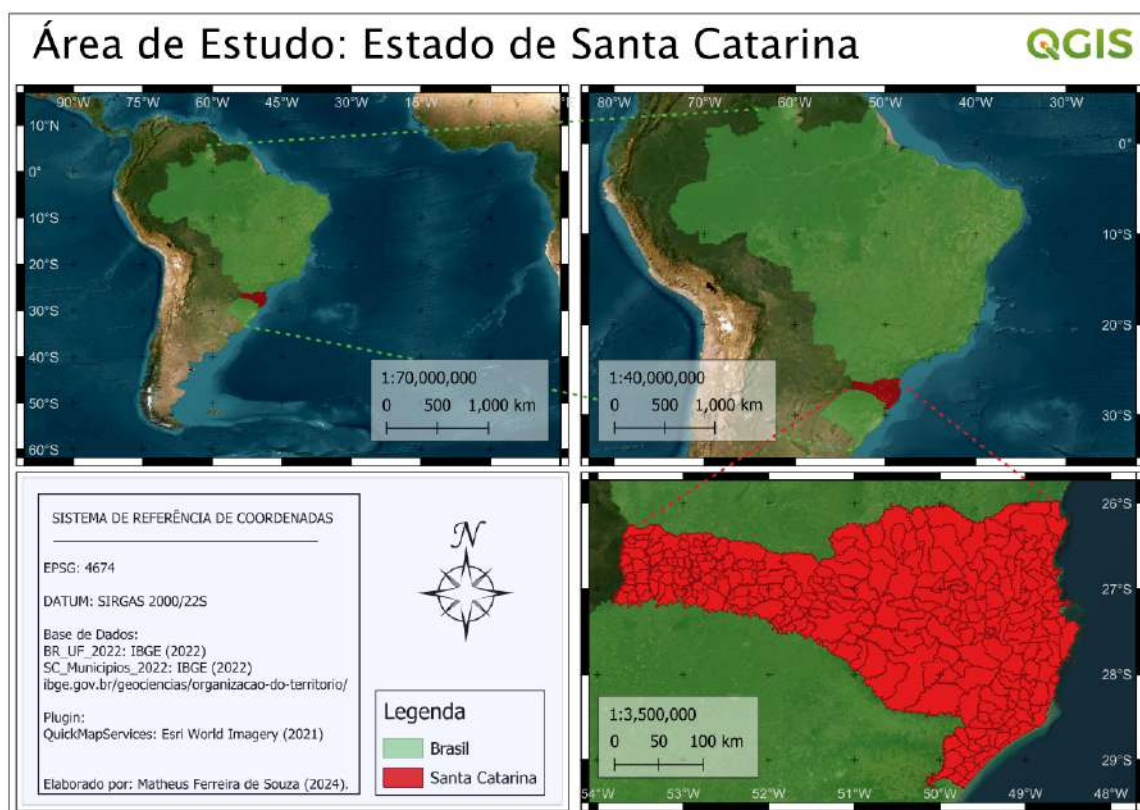
Os dados de temperatura (*SAMeT*) são aferidos a dois metros (2m) da superfície em escala de temperaturas dadas em celsius (C), agrupados em médias diárias, com a série histórica iniciando em janeiro de 2000 e com resolução de 5 km² (0,05^º).

Para organização, os dados serão agrupados em três divisões distintas:

- a) Dados Entomo-Epidemiológicos (DEE): Elementos sanitários relacionados tanto ao vetor (dados entomológicos) quanto ao hospedeiro (dados epidemiológicos) e provenientes de bancos de dados oficiais. Os valores são relativos à quantidade de focos de *Aedes* sp., disponibilizados oficialmente pela Dive. Em relação à quantidade de casos de dengue, esses dados foram obtidos de plataformas *on-line*: TABNET-Sinan-DataSUS (base nacional) e TABNET-Sinan-Dive (base estadual);
- b) Dados de Elementos Climáticos (DEC): Informações referentes a variáveis meteorológicas/climatológicas (temperatura - mínima, máxima e média - e precipitação) e provenientes de banco de dados oficiais (reanálise e produtos meteorológicos): *GFS*, *MERGE* e *SAMeT*;
- c) Dados Georreferenciados (DGR): Informações relacionadas aos aspectos geográficos atualizados para o momento atual, provenientes do IBGE.

Os DEE e DEC foram estruturados a ponto de compartilhar a mesma escala espaço-temporal. Os dados diários foram agrupados em semanas epidemiológicas, segundo convenção internacional citada por MINISTÉRIO DA SAÚDE (2023), assim como o recorte espacial englobou área de estudo (figura 3), o próprio Estado catarinense.

Para melhor explicação dos métodos, pretende-se dividir o estudo em etapas, relativas ao percurso de execução do próprio projeto (figura 4), sendo: pré-processamento dos dados; análise climatológica descritiva do Estado de Santa Catarina e de alguns municípios; modelagem preditiva; validação do modelo; espacialização dos dados preditos; além de síntese do Produto Técnico-Tecnológico (PTT).

Figura 3 – Mapa temático da área de estudo do projeto evidenciando municípios catarinenses.

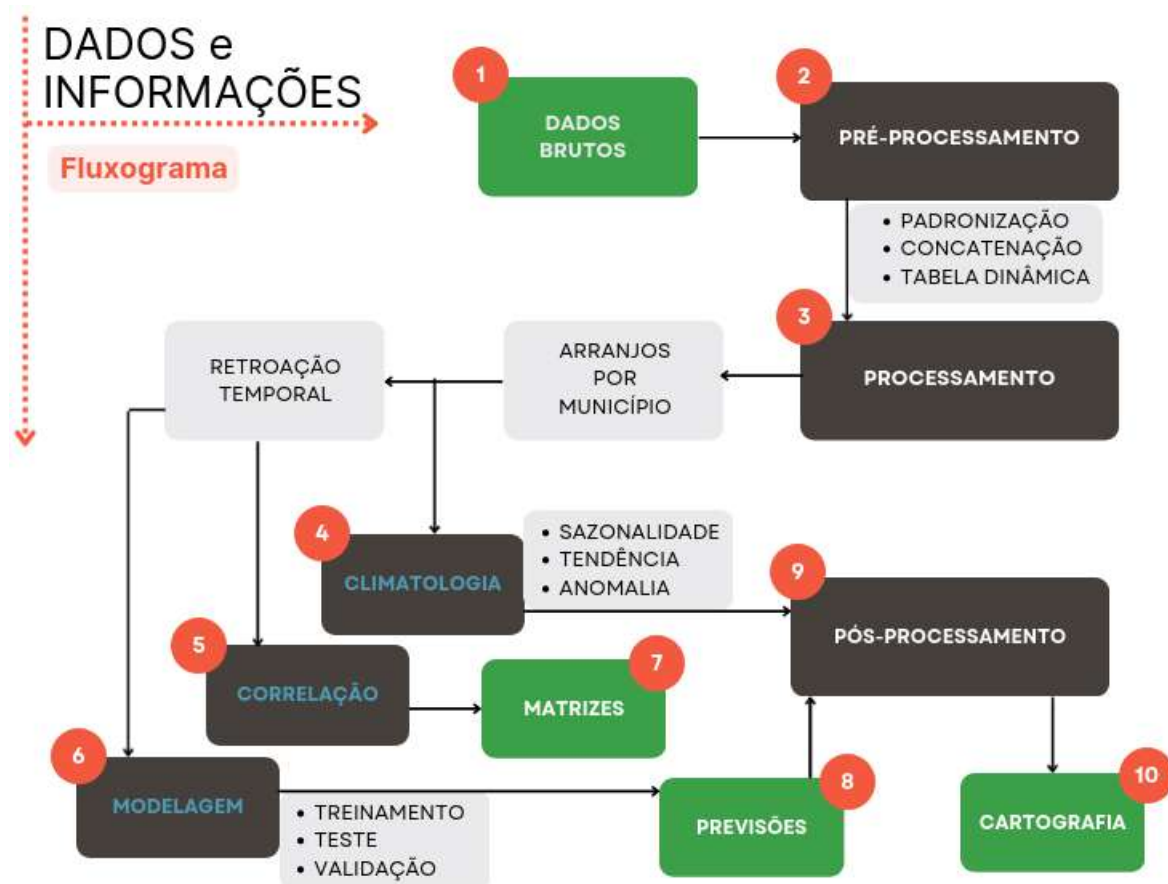
Fonte: Elaboração própria (2024).

3.2.1 Pré-processamento

Em relação aos DEE, devem ser orientados ao modo que possam ser concatenados, adicionados, uma planilha após a outra. Utilizou-se a biblioteca *pandas* da linguagem *Python* versão 3, como pacote principal para estruturação dos dados. Outras bibliotecas também foram utilizadas, como: *numpy*, para tratar dados faltantes e tipagem de variáveis; *datetime* (ROSSUM; JR, 1995), para padronização de todas as datas e variáveis desse tipo; e *geopandas*, para manipular arquivos georreferenciados, extrair deles a nomenclatura padrão dos municípios do IBGE e aplicar aos próprios dados (figura 4 - item 2).

Os DEC foram previamente convertidos de formato *GRIB2* para formato *NetCDF4*, por meio de *script* escrito em linguagem *shell* (HEROLD, 1999; GNU, 2007). Após isso, foram tratados utilizando o *Climate Data Operators (CDO)* (SCHULZWEIDA, 2023), assim, pôde-se unir dados diários para composição de meses e anos, por fim, sintetizando a série histórica. Com esse mesmo *software* se fez o primeiro recorte espacial (entre longitudes sul 63 e 45, e latitudes oeste 37 e 19), para o sul do Brasil (figura 5), diminuindo o tamanho do arquivo principal. Para abertura e manipulação dos arquivos climáticos, na extensão *NetCDF4 (.nc)*, utilizou-se a biblioteca *xarray* (HOYER *et al.*, 2016; HOYER; HAMMAN, 2017).

Figura 4 – Fluxograma representando etapas presentes no projeto, contemplando do início (dados brutos) ao final (resultados).



Fonte: Elaboração própria (2024).

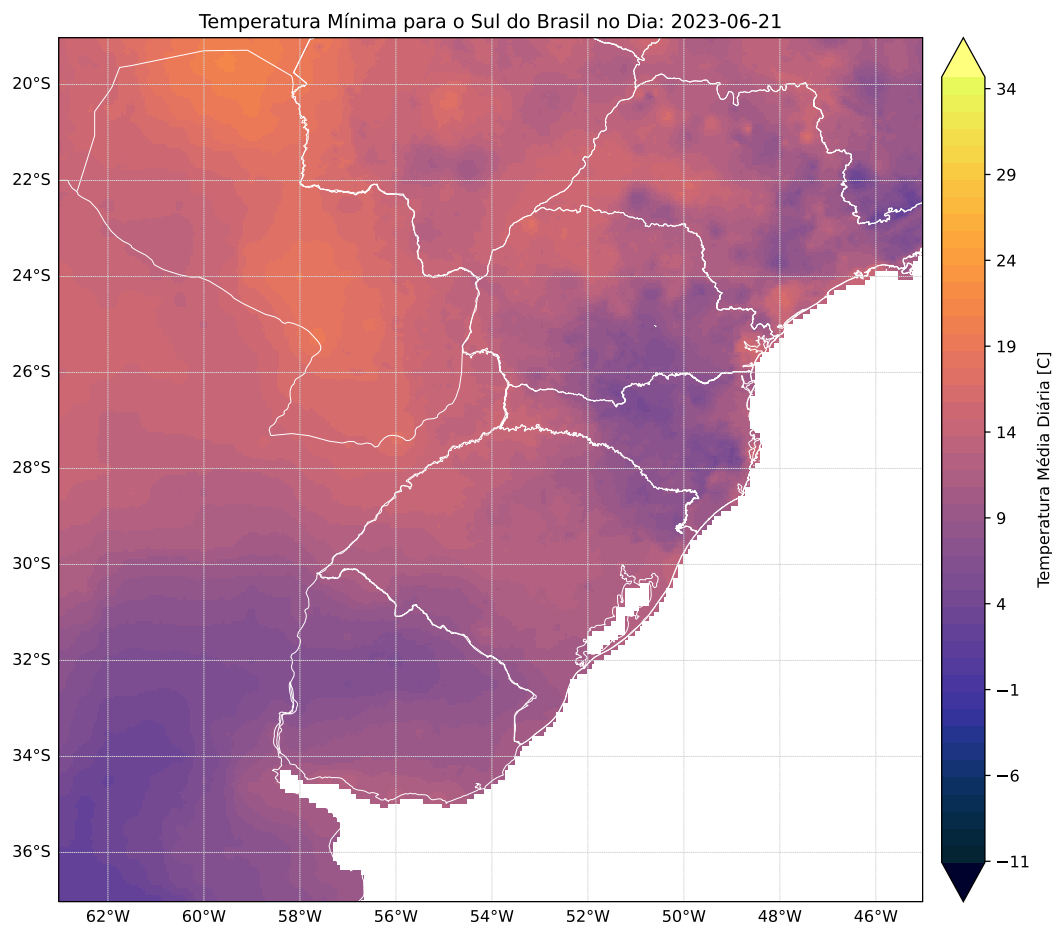
Após isso, foram extrapolados os valores dos elementos climáticos do centroide de cada município e armazenados em um novo formato de arquivo, *comma separated values (csv)* (valores separados por vírgulas), utilizando as bibliotecas *pandas*, *numpy*, *geopandas* e *shapely* (GILLIES *et al.*, 2007).

Finalmente, os principais conjuntos de dados (temperatura mínima, temperatura média, temperatura máxima, precipitação, focos de *Aedes* sp. e casos de dengue) eram próprios arquivos estruturados em tabela dinâmica, onde as colunas eram cada município catarinense e as linhas, a série histórica dada em semanas epidemiológicas no formato *datetime64[ns](YYYY-mm-dd)*. Logo, a equiparação entre essas variáveis era possível.

As temperaturas (mínima, média e máxima) foram agrupadas como médias em semanas epidemiológicas, enquanto a precipitação foi acumulada em semanas epidemiológicas. Da mesma maneira, os focos de *Aedes* sp. e casos de dengue foram somadas em semanas epidemiológicas.

Assim, o presente estudo realiza as análises descritiva e diagnóstica dos elementos climáticos e entomo-epidemiológicos, análise preditiva dos focos de *Aedes*

Figura 5 – Mapa evidenciando o recorte espacial dos dados relacionados à região sul do Brasil. Visualização dos dados de temperatura mínima durante o solstício de inverno de 2023.



Fonte: Elaboração própria (2024).

sp. e casos de dengue e, através deste projeto, cabe aos tomadores de decisão a realização da análise prescritiva.

3.3 Análise Descritiva

3.3.1 Análise Climatológica Espacial

Nessa etapa da metodologia, utilizou-se a linguagem *Python* (versão 3) (ROSSUM; DRAKE, 2009) para realizar o pré-processamento dos dados (figura 4 - item 2), comentado à frente, para estruturação básica dos mesmos. Realizou-se a decomposição sazonal dos dados para avaliar tendência na série histórica através da biblioteca *statsmodels* (SEABOLD; PERKTOLD, 2010). Para aprofundamento, utilizou-se o teste sazonal de Mann-Kendall, que pondera a sazonalidade dos dados, da biblioteca *pyMannKendall* (HUSSAIN; MAHMUD, 2019).

Também se fez o histograma das séries históricas, através da biblioteca *matplotlib* (HUNTER, 2007), como visualização da distribuição dos dados. Com a utilização das bibliotecas *pandas* (MCKINNEY, 2010; TEAM, 2020) e *numpy* (HARRIS

et al., 2020), os menores e maiores valores para os DEC do Estado catarinense foram encontrados, assim como valores médios e o maior desvio padrão para esses mesmos dados.

Após isso, como as séries históricas dos DEE e DEC, foram derivados em novos arquivos. Dessa maneira, cada variável obteve três novas derivações: série com apenas sazonalidade, série sem sazonalidade (série de anomalia) e série de anomalia estacionária (figura 4 - item 4).

Esse tratamento foi possível pela biblioteca *pandas*, extraíndo da série o conjunto de semanas epidemiológicas e realizando a média de cada semana ao longo dos anos. Logo, foi subtraído da série histórica o valor sazonal de cada semana epidemiológica, retornando uma série sem sazonalidade.

Por fim, dessa série histórica sem sazonalidade foi subtraída a linha de tendência, utilizando a própria biblioteca *pyMannKendall* para acessar o intercepto e o coeficiente angular. Melhor exemplificado na equação abaixo:

$$SAE = SSS - (a + b * x) \quad (1)$$

Onde, a variável *a* equivale ao intercepto e *b*, ao coeficiente linear. Assim, a Série de Anomalia Estacionária (SAE) é calculada a partir da Série Sem Sazonalidade (SSS), considerada série de anomalias, de onde se subtrai a tendência (obtida pela reta: $a + b * x$).

As matrizes de dados brutos e derivados foram analisadas, podendo-se distribuí-las graficamente no tempo e no espaço. Para isso, as bibliotecas *matplotlib*, *seaborn* (WASKOM, 2021), *pandas* e *geopandas* (JORDAHL *et al.*, 2020) foram utilizadas.

3.3.2 Análise Climatológica de Municípios Selecionados

Com os mesmos arquivos derivados obtidos na seção anterior, pode-se visualizar graficamente para melhor analisar comportamentos sazonais dos municípios catarinenses selecionados, sendo eles: Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó. Esses municípios foram eleitos por apresentarem frequência e volume de dados, além de representarem municípios populosos e distintos. Também, discutido mais à frente, há regionalização nos comportamentos entomo-epidemiológicos e climatológicos.

Para isso, foi necessário utilizar as bibliotecas *pandas*, *matplotlib* e *seaborn*, assim como selecionar apenas as variáveis dos municípios em questão.

3.4 Modelagem Preditiva

3.4.1 Análise de Correlações

Com os conjuntos de dados previamente estruturados, os quatro (4) municípios foram elencados para realizar análises de correlações. Os Dados Entomo-Epidemiológicos (DEE) (focos de *Aedes* sp. e casos de dengue) e Dados de Elementos Climáticos (DEC) (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) foram retro-agidos em semanas epidemiológicas para melhor evidenciar possíveis correlações. Essas análises foram realizadas entre os DEE e com os DEC, assim como entre os DEE e limiares dos DEC.

Os valores dos limiares, calculados a partir da análise climatológica e revisão de literatura, são apresentados no capítulo 4 (Resultados e Discussão). Para os limiares de temperatura mínima, foi calculado a partir da média da própria temperatura mínima, selecionando dias que apresentavam valores acima desse limiar. Os próximos limiares da temperatura mínima foram acrescidos de dois graus Celsius (2 C), totalizando seis (6) limiares de temperatura mínima (C): valores acima de 14, 16, 18, 20, 22 e 24.

Os limiares de temperatura máxima foram estabelecidos em literatura, que considera intervalo entre 22 C e 32 C como ótimo desenvolvimento do vetor (BESERRA *et al.*, 2009). Assim, o limiar de temperatura máxima apresenta dias abaixo do limite superior do intervalo encontrado, decrescendo dois graus Celsius (2 C) até atingir um total de seis (6) limiares de temperatura máxima (C), sendo: 22, 24, 26, 28, 30 e 32.

A precipitação, por ser uma variável quantitativa de razão e apresentar a maior distribuição dos dados próxima a baixos valores, optou-se por adotar a média diária como primeiro limiar, crescendo 15 mm (arredondamento do desvio padrão diário), até totalizar sete (7) limiares de precipitação (mm): 5, 20, 35, 50, 65, 80 e 95.

Considerando que as séries não seguem uma distribuição normal, que a relação entre as variáveis pode não ser linear e que há a presença de valores discrepantes (*outliers*), optou-se pelo cálculo da correlação de *Spearman*, utilizando o método `.corr()`, da biblioteca *pandas*. Essa medida é mais robusta nas condições citadas acima e permite avaliar uma possível correlação natural entre as variáveis (figura 4 - item 5). Para melhor visualização do resultado desse cálculo, foram utilizadas as bibliotecas *numpy*, *matplotlib* e *seaborn*.

3.4.2 Processamento

Inicialmente, com a utilização dos pacotes *pandas*, *numpy* e *sklearn* (PE-DREGOSA *et al.*, 2011; BUITINCK *et al.*, 2013), os conjuntos de dados entomo-epidemiológicos e climatológicos foram estruturados por município. Essa estrutura foi composta pela variável dependente (entomológica ou epidemiológica) e por variá-

veis explicativas (elementos climáticos). Esse arranjo só foi possível com municípios que apresentavam todos os conjuntos de dados presentes. Na simulação da variável epidemiológica (casos de dengue) a variável entomológica (focos de *Aedes* sp.) é determinada como explicativa junto com os elementos climáticos.

A configuração final do arranjo assume, entre a variável dependente e explicativas, horizonte preditivo de quatro (4) semanas e retroação de oito (8) semanas. Sendo a variável dependente epidemiológica, o horizonte preditivo é de duas (2) semanas e retroação de três (3) semanas. Dessa última configuração, as variáveis explicativas (x) e dependente (y) foram divididas em dois conjuntos: treino e teste (figura 4 - item 6). Também foi previamente fixado um valor para gerar números aleatórios através da biblioteca *numpy* (*seed*=0).

Em uma segunda etapa, com a utilização dos pacotes *tensorflow* (ABADI *et al.*, 2015) e *keras* (CHOLLET *et al.*, 2015), do próprio *tensorflow*, fez-se a implementação do modelo de Rede Neural Artificial Multicamada (RNAM). A primeira camada incluída (camada zero (0)) faz o achatamento dos dados de entrada (variáveis explicativas).

Logo, foram adicionadas duas camadas densas (camadas: um (1) e dois (2)) com dez (10) nós (neurônios) cada e ativadas por uma função *ReLU* (unidade linear retificada). Então, acionou-se uma camada de regularização (camada três (3)) e uma camada densa de saída (camada quatro (4)). Essa última camada foi criada com a quantidade de nós suficiente para receber o valor de saída (variável dependente) e ativada por uma função *softmax*.

Finalmente, o modelo foi compilado com otimização da taxa de aprendizagem (0,01), configuração de perda (entropia cruzada categórica esparsa) e de métrica (acurácia). Foi ajustado com 100 ciclos (épocas) máximos de treinamento e alocados 20 por cento (0,2) para validação, sendo que o número de ciclos durante a fase de treino foi limitado por um monitor de valor de perda, assim, o treinamento encerra antes de 100 ciclos.

Para o modelo *Random Forest*, utilizou-se o pacote *sklearn* e o mesmo conjunto de treino e teste das variáveis explicativas (x) e dependente (y). Ao compilar, foram utilizados hiperparâmetros padronizados e disponíveis pelo próprio método da biblioteca, a exemplo do número total de árvores presentes (100). O valor gerador de números aleatórios (previamente citado) para, então, ajustar aos conjuntos de treino das variáveis explicativas (x) e dependente (y).

O algoritmo *Random Forest* foi eleito pela capacidade de captar relações não-lineares, além de sua própria robustez em relação a valores discrepantes, como comentado por Ribeiro *et al.* (2024).

3.4.3 Pós-processamento

Obteve-se os *shapefiles* do IBGE (2022) para os limites territoriais (federal, estadual e municipais) do Estado de Santa Catarina. Para esse estudo, foi utilizado o recorte espacial durante a execução do próprio *script*, sendo: longitude entre 54°5' e 57°5', ambas sul; e latitude entre 29°5' e 25°5', ambas oeste. Com esse recorte, pode-se evidenciar a totalidade do Estado de Santa Catarina e um pouco além de seus limites.

Os modelos, previamente sintetizados, foram abertos através da biblioteca *joblib*, dos próprios desenvolvedores da biblioteca *sklearn*. Os dados de entrada são as próprias variáveis explicativas (x). Esses são abertos e estruturados pela biblioteca *pandas* e logo computados pela modelagem, retornando os valores de previsão da variável dependente (y) (figura 4 - item 8).

O centroide de cada município, que tenha algum valor de previsão, é incluído nesse novo conjunto de dados de retorno (previsão). O próprio centroide é padronizado ao Sistema de Referência de Coordenadas (Coordinate Reference System (CRS)) utilizado pelos *shapefiles* do IBGE e o conjunto de dados é transformado em *geodataframe* pela biblioteca *geopandas*. As semanas epidemiológicas também são transformadas em variável do tipo *datetime64[ns](YYYY-mm-dd)*.

Para cada semana epidemiológica prevista, e através das bibliotecas *geopandas*, *matplotlib* e *shapely*, os valores calculados da variável dependente (y) foram atribuídos ao posicionamento geográfico de cada centroide, conforme o Sistema de Referência de Coordenadas (*Coordinate Reference System (CRS)*), e sintetizados mapas temáticos (figura 4 - item 10). Um deles, o mapa temático coroplético com tem visualização e barra de legenda conforme o número previsto dos próprios municípios com modelagem. O outro, mapa temático com densidade de *kernel*, foi obtido através da biblioteca *seaborn*, onde são visualizadas áreas de concentração da previsão, ponderando o número previsto.

3.5 Validação dos Modelos

Para ambos os modelos, RNAM e *Random Forest*, fez-se, inicialmente, visualização gráfica dos valores observados e preditos. Essa exibição gráfica foi obtida através das bibliotecas *matplotlib* e *seaborn*.

Para o modelo de RNAM, como citado anteriormente, foi estabelecido no próprio código um limitador de ciclagens, que avalia perda e acurácia dos conjuntos de treino e teste. Após o ajuste do modelo, graficamente é visualizado valores de acurácia e custo/custo do treinamento e do teste/validação e exibido em tela o resumo das camadas do modelo. Todas essas exibições foram obtidas através da própria biblioteca

keras(tensorflow), *matplotlib* e *pandas*.

Para o modelo *Random Forest*, algumas métricas foram exibidas graficamente, como: o histograma do erro com seu intervalo de confiança, cálculo do Erro Médio Absoluto (EMA), da Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RQEQM), do Viés e do Coeficiente de Determinação (R^2) (LARSON; FARBER, 2010; PEDREGOSA *et al.*, 2011).

Como citado por Ribeiro *et al.* (2024), o Coeficiente de Determinação (R^2) e a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RQEQM) são métricas com relevância em quantificar o desempenho da modelagem em termos de ajuste e precisão. Muitos estudos elegem Erro Quadrático Médio (EQM), RQEQM e EMA como métricas padrão para análise de regressão e R^2 apresenta fidedignidade e interpretabilidade menos limitados que as métricas anteriores (CHICCO; WARRENS; JURMAN, 2021).

Também foram visualizadas as variáveis com maior importância para o processo de modelagem *Random Forest* e, por permutação, para a predição, assim como a própria árvore de decisão. Todas as métricas foram obtidas pela biblioteca *sklearn*.

3.6 Produto Técnico-Tecnológico (PTT)

Como descritivo das dinâmicas sazonais entomológica de focos de *Aedes* sp. e epidemiológica de casos de dengue no Estado de Santa Catarina e preditivo dessas mesmas variáveis, o PTT resultante será:

- sistema computacional;
- disponibilização *online* no *GitHub*;
- visualização cartográfica desses resultados.

O limiar temporal estipulado para previsão de casos de dengue será de 14 dias (2 semanas epidemiológicas). Durante a atual semana epidemiológica, será determinado a partir do sistema *SAMeT-MERGE*. Os demais dias/semanas epidemiológicas serão determinados através de dados de previsão do modelo *GFS*. Para melhor operacionalização, o modelo será executado de forma automatizada em frequência semanal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como forma de otimizar a leitura, os resultados são apresentados e discutidos na sequência. Nesse sentido, a ordem e numeração apresentados seguem os mesmos adotados na metodologia. Para uma análise mais detalhada, os resultados se encontram no GitHub, publicados no endereço eletrônico:

<https://github.com/matheusf30/dengue/tree/main/resultados>

4.1 Análise Climatológica Espacial

A tabela 1 apresenta a análise descritiva das variáveis de temperaturas (mínima, média e máxima) e precipitação acumulada para o Estado de Santa Catarina.

Ressalta-se que enquanto os valores médios (temperaturas e precipitação) foram calculados para todo o Estado, o que reflete os valores elevados de desvio padrão. Os valores mínimos e máximos são os absolutos da série.

Em se tratando de temperatura média diária, o menor valor que a série histórica do Estado de Santa Catarina apresentou foi de -4,4 C, sendo 1,6 C para dados semanais. O valor máximo da temperatura média foi de 37,5 C, dados diários, e 34,9 C, dados semanais. A média diária da temperatura mínima para o Estado foi de 18,3 C, tanto para valores diários quanto semanais, e o desvio padrão foi de 4,8 C e 4,2 C, dados diários e semanais, respectivamente.

Com relação a temperatura mínima absoluta diária, o menor valor que a série histórica do Estado de Santa Catarina apresentou foi de -8,3 C, sendo -2,8 C quando agrupado semanalmente. O valor máximo absoluto da temperatura mínima foi de 30,3 C, dados diários, e 25,0 C, dados semanais. A média diária da temperatura mínima para o Estado foi de 14,3 C, sendo o mesmo valor quando agrupado em semana, e o maior desvio padrão de 4,9 C para dados diários. O desvio padrão semanal foi de 4,1 C. Esse resultado mínimo foi encontrado por Oliveira (2023) como anomalia para o Planalto Sul catarinense durante os dias de inverno. "Os *outliers* mostram que as temperaturas marcaram valores abaixo de -5 C em eventos extremos durante este período"(OLIVEIRA, 2023).

Ao analisar os valores mínimos absolutos de dados diários, percebe-se a distribuição nos seguintes municípios para as temperaturas mínima, média e máxima, respectivamente: Anitápolis, Arroio Trinta e Alto Bela Vista. O município de Anitápolis está localizado na parte serrana da Grande Florianópolis. Na mesorregião Oeste, localizam-se os municípios de Alto Bela Vista (microrregião de Concórdia) e Arroio Trinta (microrregião de Joaçaba), este apresenta altitude acima de 800 metros. Observado por Oliveira (2023), em regiões mais elevadas, observam-se temperaturas menores

com extremos mais intensos.

Tabela 1 – Valores médio, desvio padrão em relação a média, mínimo e máximo absoluto das variáveis climatológicas no Estado de Santa Catarina na série histórica (2000-2023).

Variável Climatológica	Média	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
Temperatura Mínima Diária (C)	14,3	4,9	-8,3	30,3
Temperatura Mínima Semanal (C)	14,3	4,1	-2,8	25,0
Temperatura Média Diária (C)	18,3	4,8	-4,4	37,5
Temperatura Média Semanal (C)	18,3	4,2	1,6	34,9
Temperatura Máxima Diária (C)	24,1	5,4	-1,6	41,0
Temperatura Máxima Semanal (C)	24,1	4,5	7,6	38,3
Precipitação Diária (mm)	4,3	12,9	0,0	292,6
Precipitação Semanal (mm)	30,2	41,5	0,0	519,2

Fonte: Elaboração própria (2024).

Para a temperatura máxima diária, o menor valor foi de -1,6 C, sendo 7,6 C para dados semanais. O valor máximo da temperatura máxima foi de 41,0 C, dados diários, e 38,3 C, dados semanais. A média diária da temperatura máxima para o Estado de Santa Catarina foi de 24,1 C, tanto para valores diários quanto semanais, e o desvio padrão foi de 5,4 C e 4,5 C, dados diários e semanais, respectivamente.

O município de Xanxerê, na região Oeste, apresentou os maiores valores máximos absolutos de registros diários para as temperaturas mínima e máxima. O maior valor máximo absoluto para a temperatura média foi registrado em Vitor Meireles, localizado no alto vale do rio Itajaí. De acordo com Oliveira (2023), "as maiores temperaturas são observadas nas áreas litorâneas e no oeste do estado".

Ainda observado por Oliveira (2023), a região Oeste catarinense apresenta dias com temperaturas extremas, acima de 35 C, durante o período de verão. Nesse mesmo período de verão, a região litorânea pode apresentar extremos próximos a 40 C. Esse fato ocorre antecipadamente no Meio Oeste, apresentando extremos de temperatura diária acima de 35 C durante a primavera, principalmente entre setembro e outubro (OLIVEIRA, 2023).

Todas as temperaturas apresentaram comportamento semelhante, mínima, média e máxima, por compartilharem o mesmo método de agrupamento semanal, baseado na média dos dias da semana. Logo, tem-se valores de máximas e mínimas próximos a média quando agrupados semanalmente e os valores de médias diárias e semanais são semelhantes, por conta do próprio método. Essa suavização por agrupamento também é verificada no desvio padrão, sendo menor em dados semanais.

A precipitação na série histórica de Santa Catarina obteve seu maior valor em 292,6 mm diários e 519,2 mm semanais (acumulado de sete (7) dias). O fato de

Santa Catarina passar por períodos de estiagens, foi registrado o menor valor de zero (0) mm também no valor absoluto mínimo semanal. A média de precipitação para o Estado é de 4,3 mm diários e 30,2 mm semanais, tendo 12,9 mm e 41,5 mm como desvio padrão para dados diários e semanais, respectivamente.

Os valores máximos absolutos de precipitação foram observados em Águas Mornas, dados diários, e Águas de Chapecó, acumulado semanal. O município de Águas Mornas se encontra no início da região serrana da Grande Florianópolis, enquanto o município de Águas de Chapecó se localiza na região Oeste. "Enquanto no Extremo Oeste e Oeste o pico chuvoso ocorre na primavera, nas áreas litorâneas e em grande parte dos Planaltos predominam as chuvas de verão"(OLIVEIRA, 2023).

"Os maiores índices pluviométricos anuais são registrados no Oeste, Grande Florianópolis e Litoral Norte. Por outro lado, no Litoral Sul, [...], os totais anuais de precipitação são os menores"(Santa Catarina, 2016a). Para a região do Oeste, (OLIVEIRA, 2023) tem observado acumulados maiores de precipitação durante a primavera.

Para as séries diária e semanal, os valores mínimos absolutos são semelhantes, zero (0) mm, pois há períodos em que não precipita em regiões de Santa Catarina por mais de sete (7) dias. Esse valor também diz respeito a característica do dado, sendo uma variável quantitativa de razão, em contraposição às temperaturas, que são variáveis quantitativas intervalares.

Para os dados semanais, o município de Bom Jardim da Serra, no Planalto Sul, apresentou os valores mínimos absolutos para ambas as temperaturas (mínima, média e máxima). Assim como o município de Tunápolis, na região Oeste, apresentou os valores máximos absolutos para ambas as temperaturas (mínima, média e máxima).

A distribuição média anual das variáveis entomo-epidemiológicas e climatológicas é apresentada na figura 6. O período de análise para as variáveis climatológicas inicia em 2000, assim como os períodos das médias anuais de focos de *Aedes* sp. e casos de dengue iniciam, respectivamente, em 2012 e 2014.

Percebe-se que tanto para focos de *Aedes* sp. quanto para casos de dengue há concentrações regionalizadas, principalmente: Oeste Catarinense, nas proximidades dos municípios de Chapecó e Concórdia; Norte Catarinense, com especial destaque para o município de Joinville; Vale do Itajaí, nas proximidades dos municípios de Itajaí e Blumenau; e Grande Florianópolis.

Parte do comportamento entomo-epidemiológico observado no presente estudo acompanha o comportamento climático das temperaturas citado por Oliveira (2023), que também observou regionalização nos maiores valores observados; assim como a regionalização da precipitação (figura 6). Esses resultados corroboram a regionalização das variáveis.

A espacialização da temperatura também é influenciada por sistemas me-

teorológicos em associação com o diferencial de altitude entre planícies, planaltos e serras catarinenses (figura 6d, 6e e 6f). Como exposto na figura 6c, os maiores índices pluviométricos anuais são registrados nas regiões Oeste, Grande Florianópolis e Litoral Norte (Santa Catarina, 2016a).

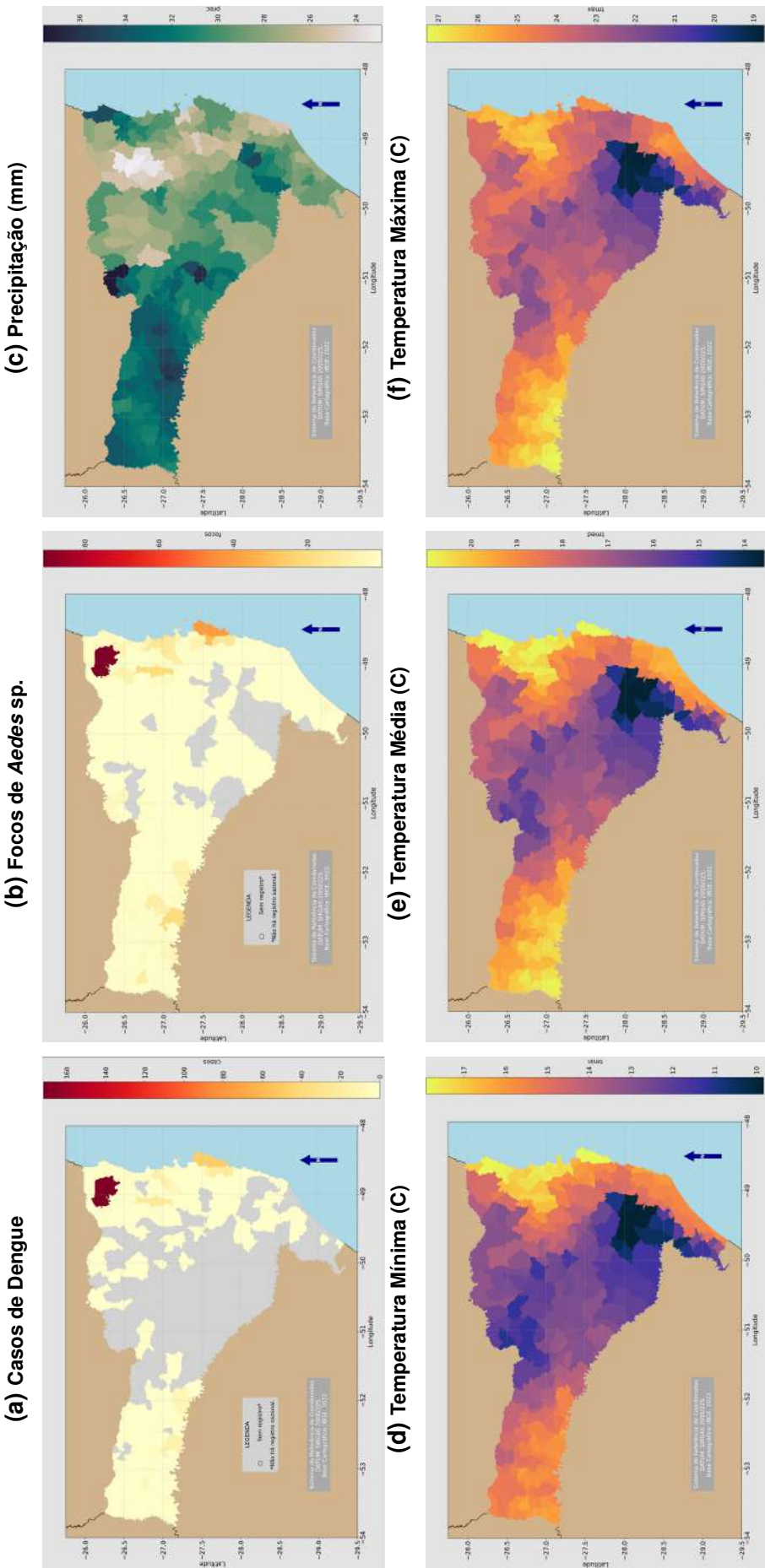
"Ao tratar-se de temperaturas, os efeitos da continentalidade são claros nos valores observados e em seus ciclos diurnos [...]. Os resultados mostram que as maiores temperaturas são observadas nas áreas litorâneas e no oeste do estado..."(OLIVEIRA, 2023, pg-152).

Em uma análise espacial de imagens termais no município de Itajaí, Matiola (2019) verificou áreas com temperaturas mais elevadas onde, nessas mesmas áreas, havia ocorrência de focos do mosquito *Aedes aegypti*. Matiola e Ribeiro (2019) chamam atenção para o comportamento que ocorre entre as variáveis climatológicas e entomológicas em Chapecó durante a primavera austral, onde não há um ciclo bem marcado entre verão e outono, como normalmente é encontrado na literatura.

"A flutuação populacional de *A. aegypti*, em Chapecó, mantém um padrão de aumento no crescimento nos meses mais quentes, diminuindo nos meses mais frios, indicando assim, relação da infestação com a sazonalidade (MATIOLA; RIBEIRO, 2019).

A figura 7, apresentada na seção 4.2 (Análise Climatológica de Municípios Seleccionados), mostra a distribuição sazonal de todas as variáveis. Essa distribuição seguiu cronologicamente as semanas epidemiológicas. Dessa maneira, há concordância temporal entre os elementos climatológicos (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) e variáveis entomológicas (focos de *Aedes* sp.) e epidemiológicas (casos de dengue).

Figura 6 – Distribuições de médias anuais de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de *Aedes* sp. e casos de dengue) e climatológicas (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) em Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2 Análise Climatológica de Municípios Selecionados

Visando uma análise regionalizada das variáveis entomo-epidemiológicas e climatológicas foram selecionadas quatro (4) municípios de Santa Catarina: Florianópolis, Itajaí, Joinville (localizados na região litorânea) e Chapecó (região oeste). Essa seleção foi realizada também por estes apresentarem maior frequência e volume de dados, além de representarem municípios populosos e características regionais distintas.

Em primeira análise, é possível perceber na figura 7 que os picos de casos de dengue são atingidos algumas semanas epidemiológicas após os valores máximos de ambas as temperaturas (máxima, mínima e média), apresentando um hiato de 10 a 15 semanas entre esses picos (máximos de temperaturas seguidos dos picos de casos de dengue).

Esses máximos valores de casos de dengue também precedem os mínimos registros de ambas as temperaturas, com hiato entre cinco (5) e 10 semanas epidemiológicas. Esse fato corrobora o comportamento sazonal da doença, ocorrendo com maior incidência durante as semanas epidemiológicas do outono austral. Ainda durante o inverno no hemisfério sul, pode-se perceber uma redução nos focos de *Aedes* sp (figura 7).

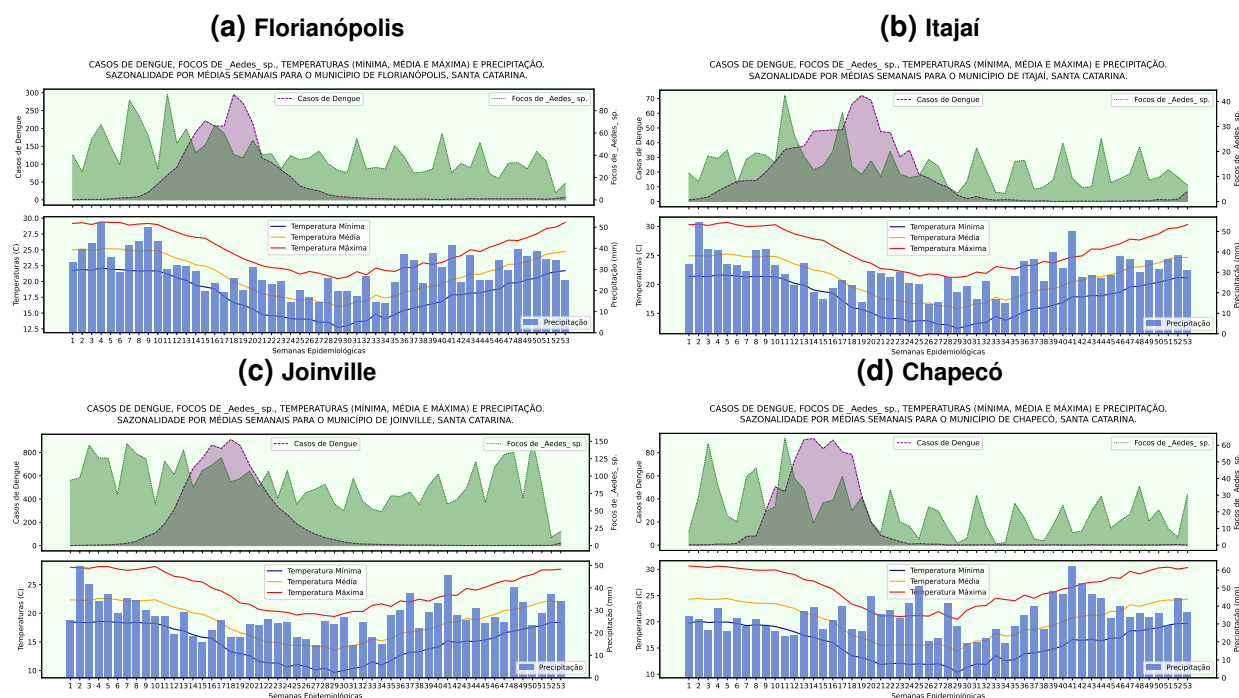
No município de Chapecó, em especial, percebe-se adiantamento da curva de casos de dengue (figura 7d), como observado por Oliveira (2023) com o comportamento climatológico da temperatura, apresentando extremos que superam 35 C em setembro e outubro.

"As estações de transição mostram valores intermediários, mas também é um período de grande amplitude térmica e com uma grande quantidade de *outliers*. No outono se observam desvios expressivos de frio, que se aproximam de zero grau já em abril, possivelmente associado a episódios de frio antecipado. Na primavera se destacam os extremos de calor fora de época, que superam até mesmo os observados no verão, com temperaturas que superam os 35 C em setembro e outubro"(OLIVEIRA, 2023, pg-113).

A partir desse padrão observado, selecionou-se semanas epidemiológicas, especialmente entre a décima primeira (11^a) e a vigésima segunda (22^a) semanas. Sendo as seis (6) primeiras semanas epidemiológicas consideradas como período de ascensão de casos de dengue e as seis(6) últimas, descendência dos mesmos. Os resultados de focos de *Aedes* sp. e casos de dengue são mostrados na figura 8.

Fica claro nessa imagem (figura 8) que há uma maior incidência de casos em mais municípios na semana central (16^a), o que não é evidente nos focos que possuem uma maior distribuição ao longo do ano. A precipitação e temperatura média são apresentados na figura 9. No caso da temperatura média, percebe-se uma redução

Figura 7 – Distribuições de sazonalidade de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de *Aedes* sp. e casos de dengue) e climatológicas (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima) para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.

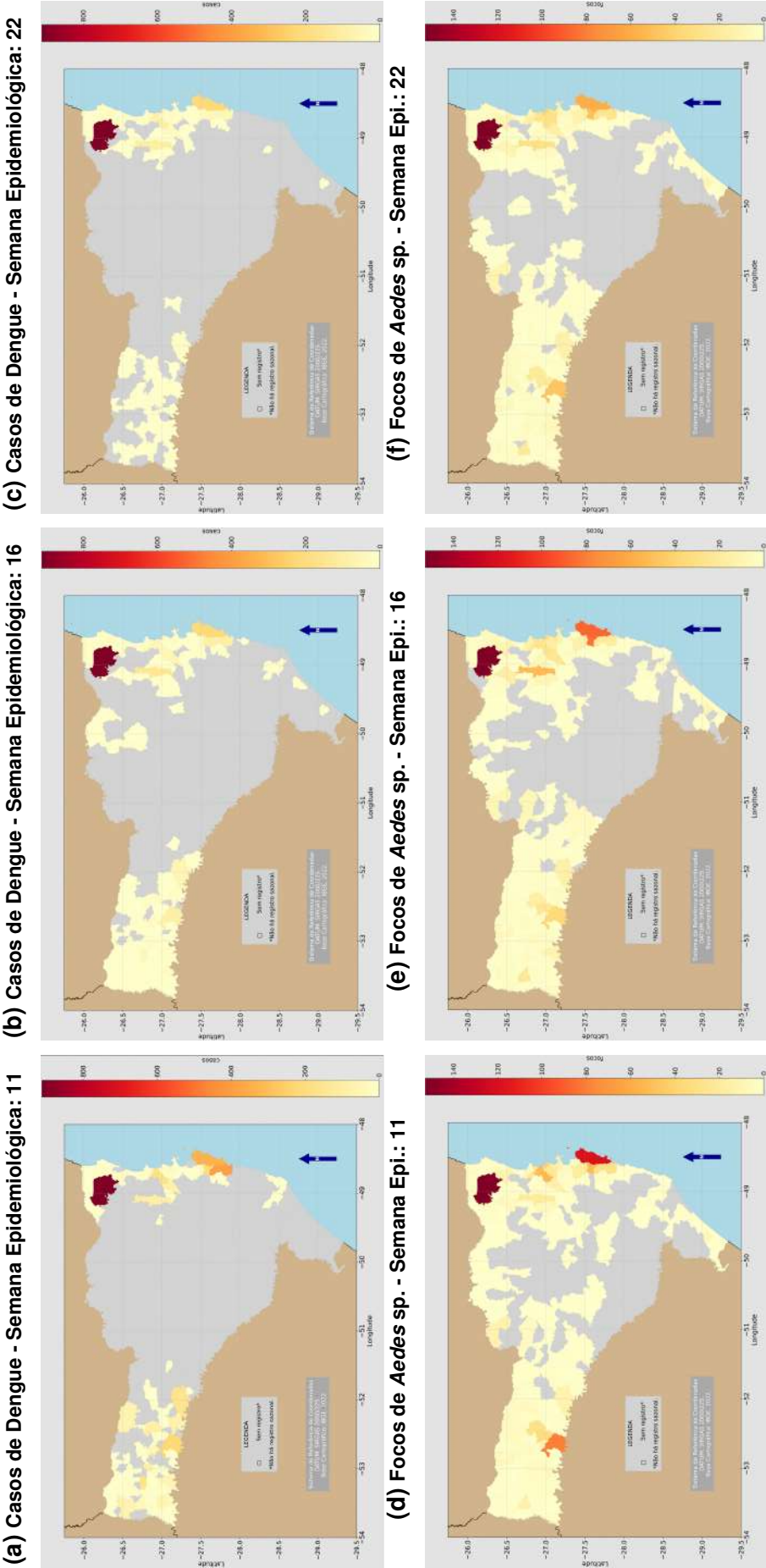


Fonte: Elaboração própria (2024).

ao longo das semanas. Em relação à precipitação, esse comportamento não é tão nítido pois o período compõe a estação do outono austral.

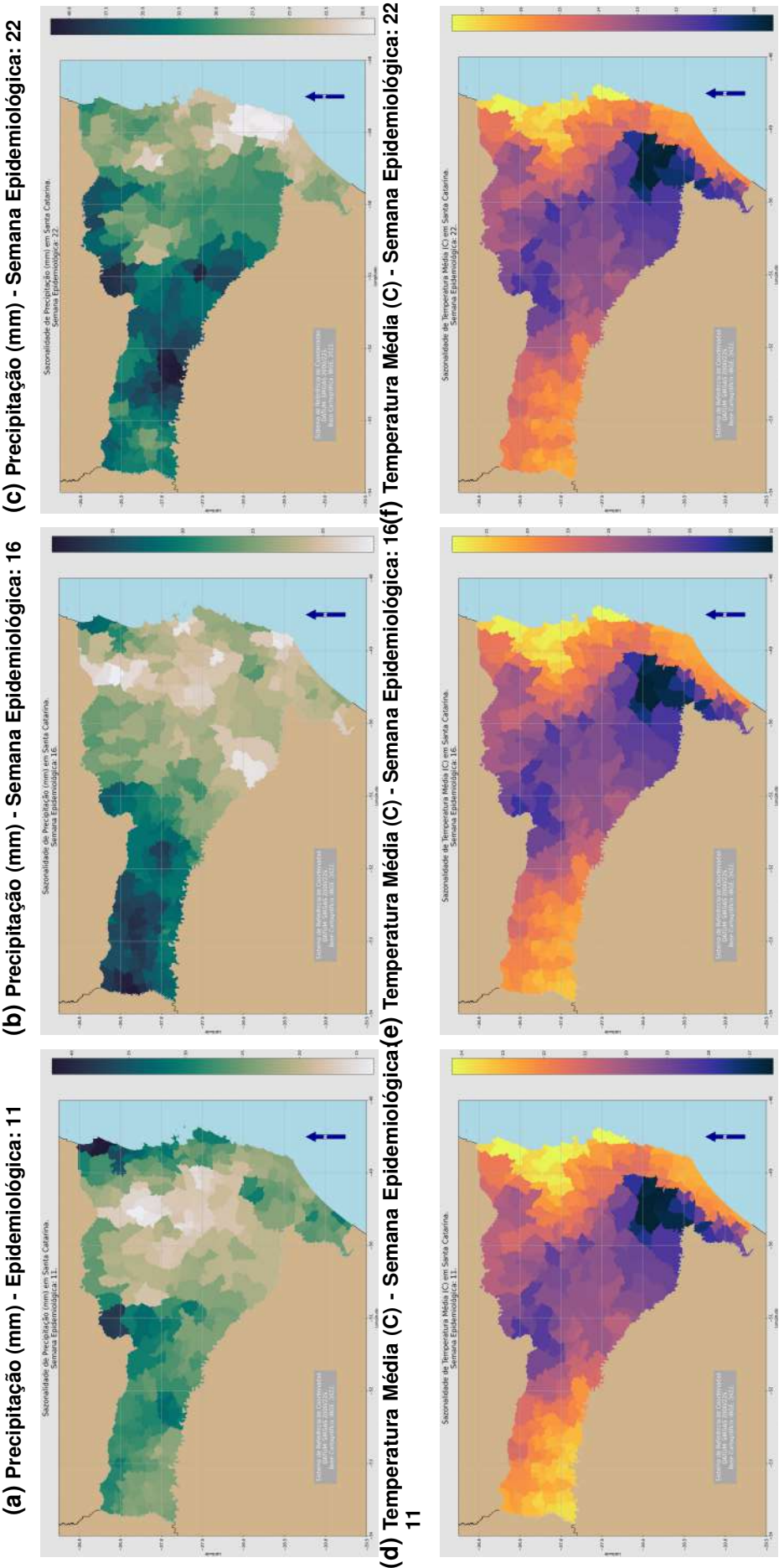
Também foram selecionadas as variáveis para visualização da sazonalidade, sendo: casos de dengue (figuras 36 e 37), focos de *Aedes* sp. (figuras 38 e 39), precipitação (figuras 40 e 41), temperatura mínima (figuras 42 e 43), temperatura média (figuras 44 e 45) e temperatura máxima (figuras 46 e 37). Essas cartografias temáticas de sazonalidade estão apresentadas no Apêndice C.

Figura 8 – Distribuições de sazonalidade de variáveis entomo-epidemiológicas (focos de *Aedes* sp. e casos de dengue) no Estado de Santa Catarina em algumas semanas epidemiológicas.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 9 – Distribuições de sazonalidade de variáveis climatológicas (precipitação e temperatura média) no Estado de Santa Catarina em algumas semanas epidemiológicas.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.3 Modelagem Preditiva

4.3.1 Pré-processamento

Durante o processo de estruturação de dados, todos os 295 municípios catarinenses apresentaram valores para todas as variáveis climatológicas em questão (precipitação e temperaturas mínima, média e máxima). Esse fato foi possível por adotar o valor do centroide do polígono atual do município para extração dos dados. Assim, municípios recentes apresentam valores climatológicos mesmo antes de sua emancipação, como, por exemplo, Pescaria Brava em 2012.

Uma nota deve ser tomada, pois o valor do centroide do polígono dos municípios não coincide com o ponto central urbano da cidade. Além disso, três (3) municípios (Balneário Camboriú, Bombinhas e Porto Belo) apresentam o centroide fora da máscara do *SAMeT*. Esse erro de *buffer* foi corrigido ao fazer o deslocamento da longitude do centroide para oeste, sendo contemplado na distribuição de temperaturas do *SAMeT*.

Em contraposição, o mesmo não ocorre com as variáveis epidemiológicas e entomológicas. Os DEE apresentam poucos registros municipais no início das séries históricas disponíveis, além de serem mais recentes. Como exemplo, 2017 foi o ano com apenas cinco (5) municípios registrando casos de dengue dentro do Estado catarinense, sendo eles: Brusque, Guaraciaba, Itajaí, Itapema e Sombrio (SANTA CATARINA, 2022).

Por isso, na padronização das datas de todas as séries históricas foi assumido o valor zero (0) para o período anterior do primeiro registro de cada município. As tabelas 3 (focos de *Aedes* sp.) e 4 (casos de dengue), disponibilizadas em Apêndices A e B, apresentam as datas do primeiro registro de cada município das séries históricas catarinenses.

4.3.2 Análise de Correlações

De acordo com Rumsey (2021), o Coeficiente de Correlação (r) é uma medida estatística que indica intensidade e direção linear de relação entre duas variáveis numéricas. Ainda para a autora, o Coeficiente de Correlação pode assumir qualquer valor entre 1 e -1 e pode ser interpretado a partir de seu sinal, direção da relação linear, e valor em módulo, intensidade dessa mesma relação.

Valores positivos indicam relação linear positiva, onde as duas variáveis oscilam conjuntamente. O oposto ocorre com valores negativos, cuja oscilação acontece em oposição, quando uma variável está em ascensão, uma outra está em descendência, indicando relação linear negativa. Interpretando a intensidade, deve-se analisar o valor em módulo. Relações lineares perfeitas apresentam módulo um (1), enquanto a ausência de relação apresenta módulo zero (0). Suas frações também podem ser

classificadas, sendo: acima de 0,7 uma alta relação; acima de 0,5, moderada; e baixa relação acima de 0,3. Nesse trabalho, foi assumido a escala supracitada e descrita por Rumsey (2021) (tabela 2):

Tabela 2 – Classificação de Coeficiente de Correlação (r) assumida no presente estudo.

Classificação de Intensidade (Valores em Módulo)	Limite Inferior	Limite Superior
Relação Linear Perfeita	1	1
Relação Alta	> 0,7	< 1
Relação Média	> 0,5	0,7
Relação Baixa	> 0,3	0,5
Ausência de Relação	0	0,3

Fonte: Rumsey (2021); adaptação própria (2024).

Porém, antes de continuar, deve-se atentar ao comentário de Calude e Longo (2015), que cita correlação como útil por conta de seu potencial poder preditivo e que, em geral, a correlação denota relação de modo covariante, onde o fenômeno varia preservando proximidade em valores de acordo com métricas pré-estabelecidas.

Ainda, o próprio autor enfatiza: "'co-relação' é essencialmente 'co-incidência'" (CALUDE; LONGO, 2015). Por esses motivos, devem-se interpretar a correlação com seu poder e seu limite, por evidenciar relação, e não por causalidade.

Sobre as correlações, realizadas pelo método de *Spearman*, o máximo de retroação foi em 16 semanas epidemiológicas entre focos de *Aedes* sp. e casos de dengue. Foram analisados os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023, assim como a própria série histórica.

"O coeficiente de *Spearman* avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis, sem fazer nenhuma suposição sobre a distribuição de frequência das variáveis" (BESERRA *et al.*, 2009).

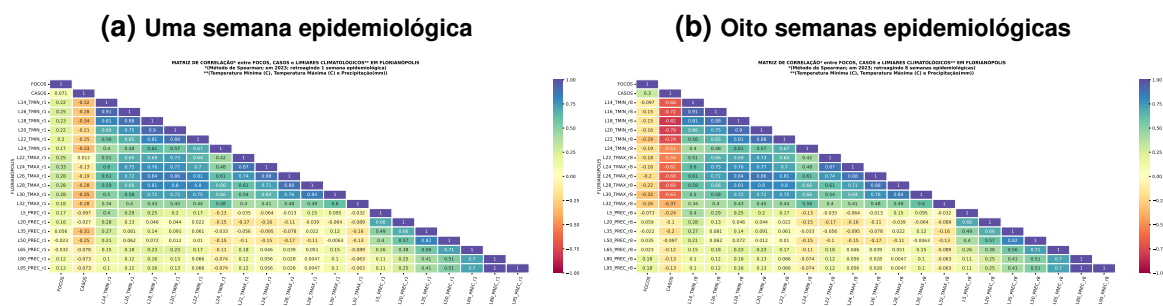
4.3.2.1 Florianópolis

Para lidar com as correlações de limiares climatológicos, será analisado cada cidade separadamente. Começando pela capital do Estado, Florianópolis (figura 10), e analisando o ano de 2023, pode-se verificar que as maiores correlações em relação aos focos de *Aedes* sp. ocorreram retrocedendo uma (1) semana epidemiológica (figura 10a), em temperaturas máximas amenas. Valle, Pimenta e Cunha (2015) citam que a embriogênese, assim o estágio pupal, apresentam duração aproximada de dois dias em temperaturas em torno de 25 C.

Enquanto as maiores intensidades de correlações, mesmo negativas, em relação aos casos de dengue ocorreram retrocedendo oito (8) semanas epidemiológicas (figura 10b), em temperaturas mínimas e máximas moderadas, diminuindo a

intensidade nos extremos. "Nas áreas temperadas, esses mosquitos se reproduzem apenas durante a época favorável do ano, permanecendo na fase de ovo durante os meses de temperatura mais fria"(VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Figura 10 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.

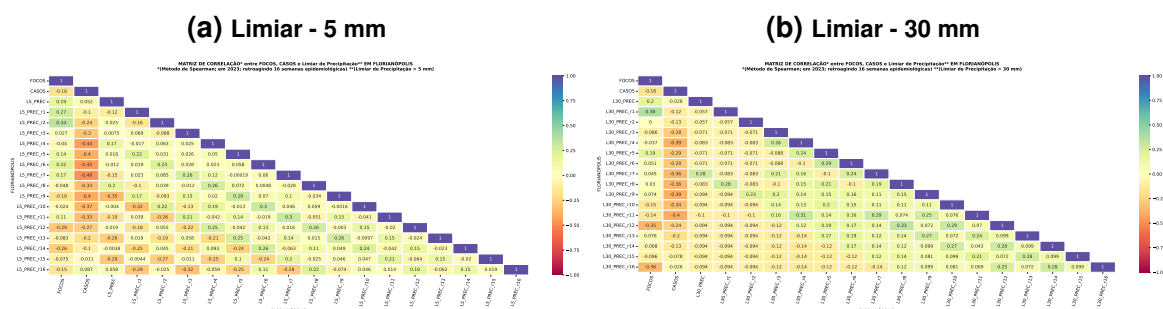


Fonte: Elaboração própria (2024).

Ainda, analisando as correlações entre focos de *Aedes* sp. e precipitação a partir de limiares em Florianópolis (figura 11), pode-se verificar correlação baixa positiva acima do limiar de 5 mm quando retrocedido duas (2) semanas epidemiológicas (figura 11a). Quando não se retrocede ou apenas retrocede uma (1) semana epidemiológica, quase se verifica correlações baixas positivas nesse mesmo limiar. Essas correlações ficam oscilando entre limiares e essas mesmas semanas retroagidas, até atingirem o valor maior no limiar de 30 mm, quando se verifica correlação baixa positiva retrocedendo uma (1) semana epidemiológica nesse limiar (figura 11b). Após o limiar de 35 mm, as correlações reduzem para baixas ou inexistentes.

Percebe-se aumento na densidade semanal de *Aedes* sp. ao aumentar valores pluviométricos, pois há aumento na ovoposição após pico de precipitação de até quatro (4) semanas (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Figura 11 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de precipitação (mm) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

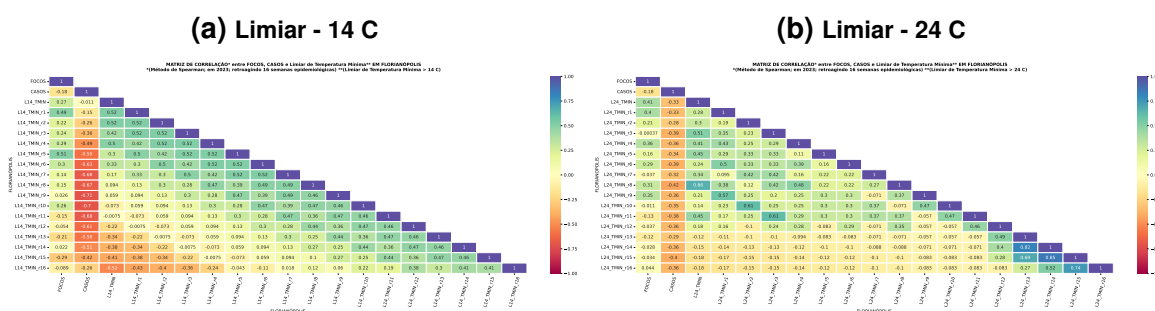
Adicionalmente, analisando as correlações entre temperatura mínima e variáveis entomo-epidemiológicas em Florianópolis (figura 12), percebe-se alguns

padrões. Ao se analisar temperaturas acima do limiar de 14 C (figura 12a), tem-se correlações que intensificam entre os casos de dengue, negativamente, quando retroagidos até a nona (9ª) semana e perdem intensidade ao prosseguir a retroação. Além de que, correlacionando limiar de 14 C da temperatura mínima e focos de *Aedes* sp., tem-se aproximado de correlação média positiva ao retroceder uma (1) e cinco (5) semanas epidemiológicas, entre esses períodos as correlações perdem intensidade.

Em relação ao limiar de 24 C na temperatura mínima (figura 12b), tem-se padrão de oscilação das correlações entre focos de *Aedes* sp., que variam entre baixa positiva a ausente ao passo que o tempo retrocede. Temperatura acima desse mesmo limiar, 24 C, correlacionada entre os casos de dengue não apresentou grande oscilação, mantendo-se em correlação baixa negativa praticamente todos as semanas epidemiológicas.

Também se percebe aumento na densidade semanal de *Aedes* sp. ao aumentar valores de temperaturas, principalmente temperaturas médias acima de 20 C em regiões temperadas (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Figura 12 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima (C) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

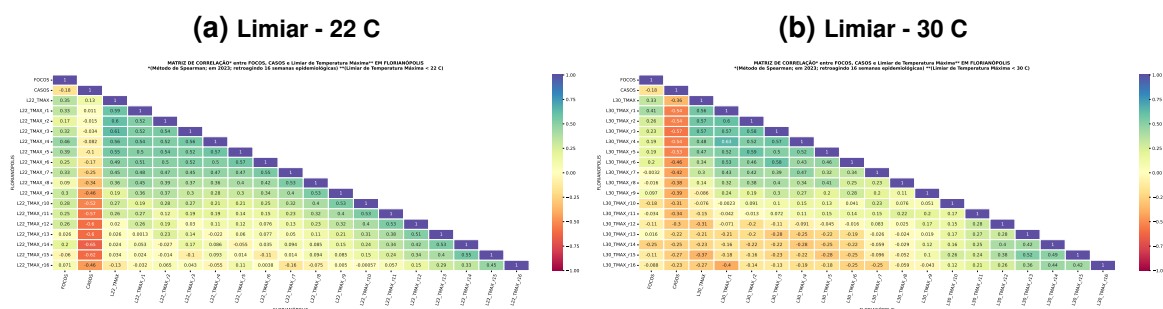
Igualmente, analisando as correlações entre temperatura máxima e variáveis entomo-epidemiológicas em Florianópolis (figura 13), percebe-se que temperaturas abaixo do limiar de 22 C (figura 13a), tem-se correlações que intensificam entre os casos de dengue, negativamente, quando retroagidos a partir da nona (9ª) semana e perdem intensidade ao prosseguir a retroação. Além de que, correlacionando esse mesmo limiar da temperatura máxima, 22 C, e focos de *Aedes* sp., tem-se correlações médias positivas oscilando entre baixas ou ausentes ao retroceder no tempo.

Esses padrões de correlações, observados em focos de *Aedes* sp. e casos de dengue no limiar de 22 C da temperatura máxima, são semelhantes aos observados no limiar de 14 C da temperatura mínima. Sobre o limiar de 30 C da temperatura máxima (figura 13b), correlações entre focos de *Aedes* sp. apresentam intensidade média positiva na própria semana e retrocedendo uma (1) semana epidemiológica,

perdendo intensidade enquanto retrocede. Correlacionando esse limiar e casos de dengue, correlações médias negativas são encontradas ao retroceder pouco no tempo, perdendo intensidade em tempos mais pretéritos.

Como debatido por Beserra *et al.* (2009), para o desenvolvimento dos mosquitos (*Aedes aegypti*), a faixa de temperatura ótima (favorável) encontrada foi entre 22 C e 32 C.

Figura 13 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes sp.*, casos de dengue e limiares de temperatura máxima (C) em Florianópolis, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.3.2.2 Itajaí

Na sequência, foram analisadas as correlações dos limiares climatológicos obtidos no município de Itajaí (figura 14). Quase se pode verificar correlação baixa positiva entre focos de *Aedes sp.* e temperatura mínima acima do limiar de 16 C, reduzindo intensidade após limiar de 20 C, quando retrocedido três (3) semanas epidemiológicas (figura 14a).

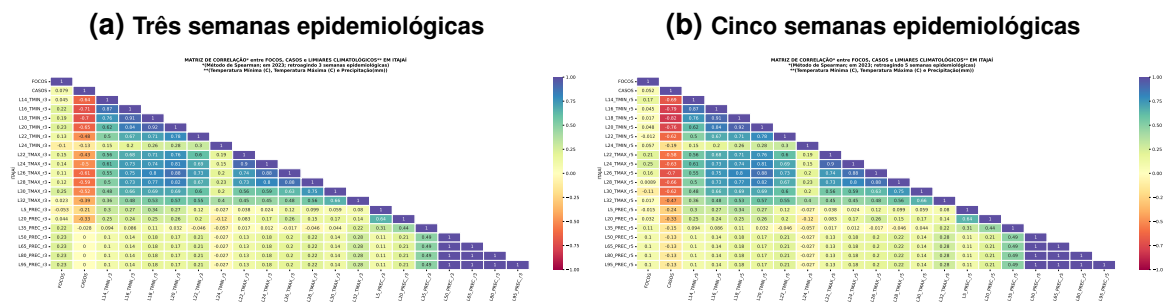
A maior correlação entre focos e temperatura máxima ocorreu abaixo do limiar de 30 C, ainda assim como correlação baixa positiva. Sobre a precipitação, retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, tenderam à correlação baixa positiva entre focos de *Aedes sp.* nos limiares acima de 35 mm.

Em relação aos casos de dengue, nessas três (3) semanas retrocedidas, as maiores correlações, altas e negativas, ocorreram com os limiares de temperatura mínima acima de 16 C. A quinta (5ª) semana epidemiológica retrocedida também é digna de nota em Itajaí (figura 14b). As correlações entre limiares de temperatura mínima e casos de dengue, nessas cinco (5) semanas retrocedidas, apresentaram maiores valores, altas e negativas, e ocorreram com os limiares de 16 C, 18 C e 20 C. Em relação aos focos de *Aedes sp.*, o maior valor, mesmo que tendendo a correlação baixa positiva, ocorreu entre o limiar de temperatura máxima abaixo de 24 C.

Conforme observado por Beserra *et al.* (2009), durante o desenvolvimento do mosquito, a temperatura tem efeito de diminuição de longevidade e fecundidade nos

extremos térmicos.

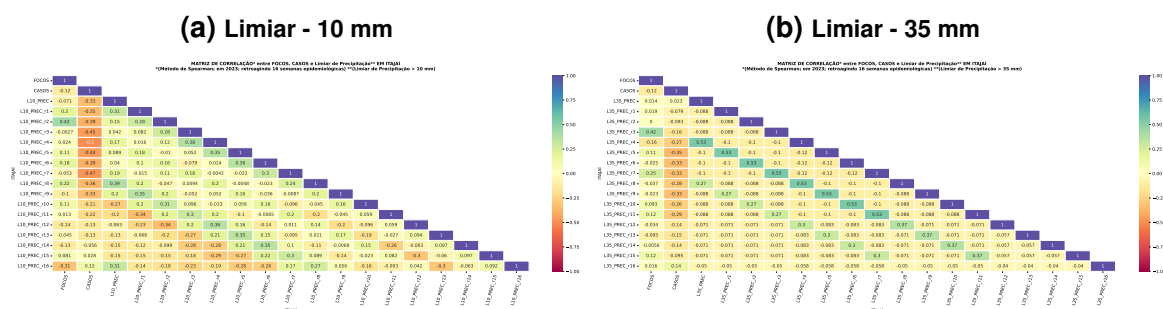
Figura 14 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Também foram analisados os limiares de precipitação em Itajaí de forma mais detalhada (figura 15). Em relação a focos de *Aedes* sp., observa-se correlação baixa positiva, quando precipita acima do limiar de dez (10) mm ao retroceder duas (2) semanas epidemiológicas (figura 15a) e, também, quando precipita acima de 35 mm ao retroceder três (3) semanas epidemiológicas (figura 15b). Em relação aos casos de dengue, as maiores correlações, baixas negativas tendendo a média negativa ao retroceder, ocorreram no limiar de dez (10) mm ao retroceder três (3), quatro (4) e cinco (5) semanas epidemiológicas.

Figura 15 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de precipitação (mm) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

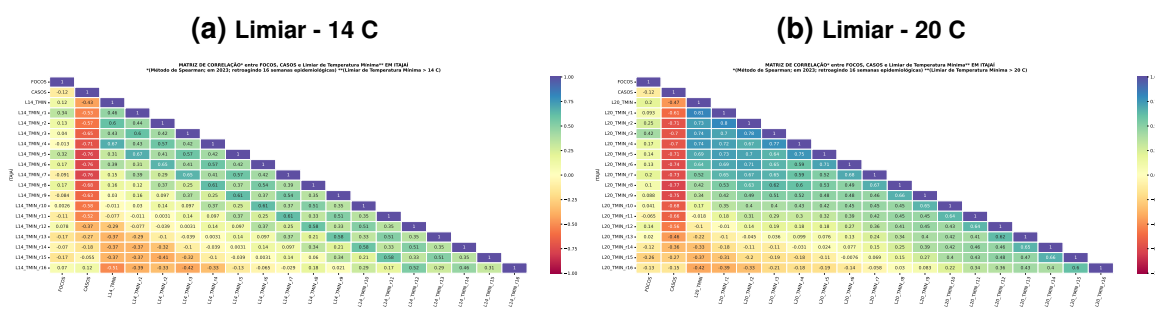
Ademais, ao se analisar as correlações entre temperatura mínima e variáveis entomo-epidemiológicas em Itajaí (figura 16), observa-se correlações baixas positivas entre os focos de *Aedes* sp. e temperaturas acima do limiar de 14 C (figura 16a) ao recuar uma (1) e cinco (5) semanas epidemiológicas. Entre esses períodos as correlações perdem intensidade. Comportamento semelhante também foi observado em Florianópolis. Matiola (2020), correlacionando limiar de temperatura mínima acima de 18 C e focos de *Aedes aegypti*, encontraram média correlação ao retroagir um (1)

mês (dados mensais). Em se tratando de casos de dengue, ganham intensidade nas correlações, atingindo altas negativas, quando retroagidos entre quarta (4^a) e sétima (7^a) semanas e perdem intensidade ao prosseguir a retroação.

Em relação ao limiar de 20 C na temperatura mínima (figura 16b), observa-se correlação média positiva entre focos de *Aedes* sp. ao recuar três (3) semanas epidemiológicas. Temperaturas acima desse mesmo limiar, 20 C, correlacionadas entre os casos de dengue ganham intensidade nas correlações, médias e altas negativas, quando retroagidos entre segunda (2^a) e nona (9^a) semanas e perdem intensidade ao prosseguir a retroação.

Esse tempo, como é enfatizado por Valle, Pimenta e Cunha (2015), é dependente da temperatura, uma vez que esta influencia fortemente o ciclo do vírus no próprio mosquito e o período de incubação extrínseco.

Figura 16 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima (C) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



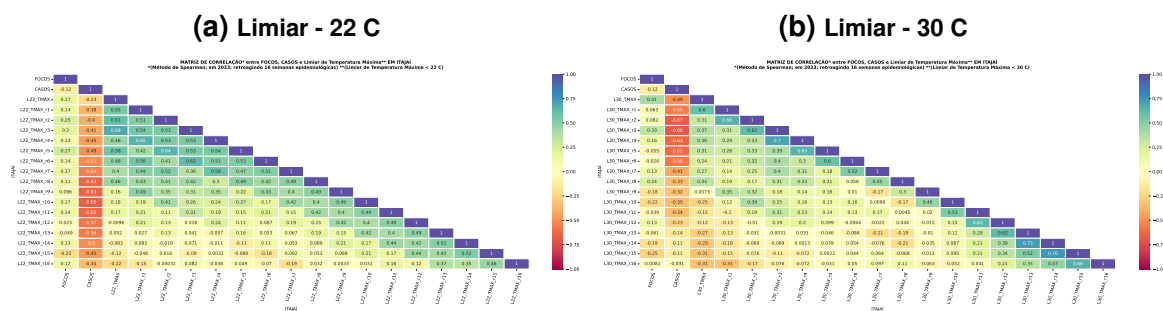
Fonte: Elaboração própria (2024).

Ainda, analisando as correlações entre temperatura máxima e variáveis entomo-epidemiológicas em Itajaí (figura 17), percebe-se que temperaturas abaixo do limiar de 22 C (figura 17a), tem-se correlações que intensificam entre os casos de dengue, negativamente, quando retroagidos entre sexta (6^a) e décima terceira (13^a) semanas e perdem intensidade ao prosseguir a retroação. Além de que, correlacionando esse mesmo limiar de temperatura máxima, 22 C, e focos de *Aedes* sp., observa-se correlações tendendo a baixas ao retroceder no tempo. Esses padrões de correlações, observados em focos de *Aedes* sp. e casos de dengue no limiar de 22 C da temperatura máxima, são semelhantes aos observados no limiar de 14 C da temperatura mínima.

Sobre o limiar de 30 C da temperatura máxima (figura 17b), correlações entre focos de *Aedes* sp. apresentam intensidade baixa positiva na própria semana e retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, perdendo intensidade entre esse período e retrocedendo além das três (3) semanas. Matiola (2020), ao correlacionar o limiar de temperatura máxima acima de 25 C e focos de *Aedes aegypti*, encontraram baixa correlação ao retroceder um (1) mês (dados mensais). Correlacionando casos

de dengue e esse limiar, 30 C, correlações médias negativas são encontradas ao retroceder pouco no tempo, perdendo intensidade em tempos mais pretéritos.

Figura 17 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima (C) em Itajaí, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.3.2.3 Joinville

Passando para o município de Joinville, valores mais expressivos de correlações dos limiares climatológicos foram observados sem retroagir e retrocedendo em três (3) semanas epidemiológicas (figura 18). Em todas as matrizes de correlações, nessa análise de semanas epidemiológicas retrocedidas, os limiares de precipitação acima de 50 mm não apresentaram valores. Não retrocedendo no tempo e correlacionando com focos de *Aedes* sp. (figura 18a), tem-se 22 C como o limiar para ambas as temperaturas, mínima e máxima, que apresenta correlações baixas positivas.

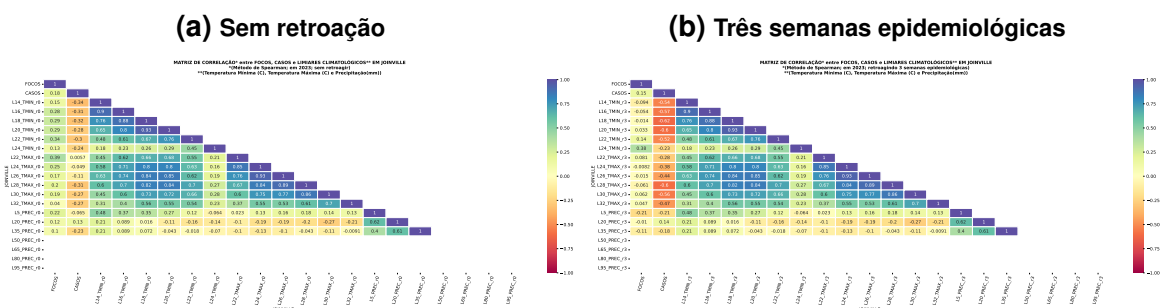
Em relação aos casos de dengue, correlações baixas negativas foram observadas nos limiares de 14 C, 16 C e 18 C de temperatura mínima, assim como no limiar de 28 C de temperatura máxima. Ao recuar três (3) semanas epidemiológicas (figura 18b), tem-se correlação baixa positiva entre o limiar de 24 C da temperatura mínima e os focos de *Aedes* sp.

Sobre os casos de dengue, apresentaram ascensão e declínio da intensidade das correlações, mesmo que negativas, nos limiares de 18 C de temperatura mínima e 28 C de temperatura máxima.

Sobre os limiares de precipitação em Joinville (figura 19), os que apresentam certa notoriedade são de 25 mm (figura 19a) e 30 mm (figura 19b). Ambos os limiares apresentam correlação baixa positiva entre focos de *Aedes* sp. e aumento na intensidade da correlação entre casos de dengue ao recuar no tempo, mesmo negativamente, a ponto que a intensidade diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

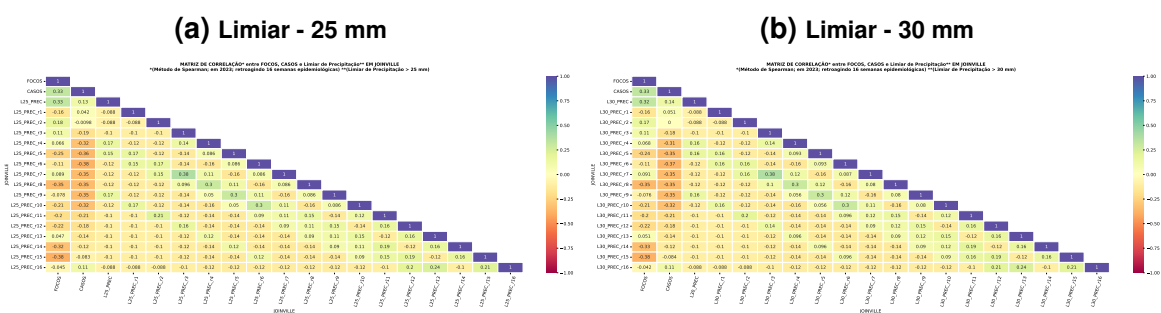
Considerando os limiares de temperatura mínima em Joinville (figura 20), o limiar de 14 C (figura 20a) tendeu à correlação baixa positiva entre focos de *Aedes* sp. ao retroceder uma (1) semana epidemiológica. Em relação aos casos de dengue,

Figura 18 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Joinville, durante o ano de 2023 sem retroagir e retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 19 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de precipitação em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

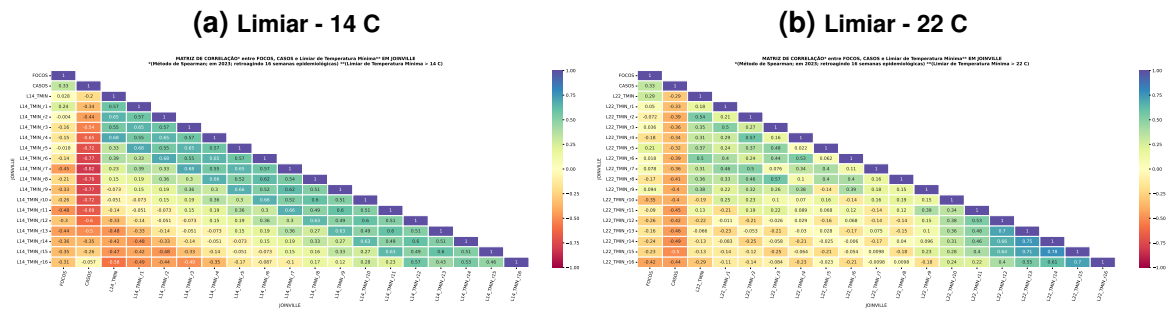
esse mesmo limiar apresentou aumento na intensidade da correlação ao recuar no tempo, atingindo o valor máximo de correlação alta negativa ao retroceder sete (7) semanas epidemiológicas, logo a intensidade diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

Para o limiar de 22 C de temperatura mínima (figura 20b), a correlação que se tendenciou à baixa positiva entre focos de *Aedes* sp. foi na mesma semana epidemiológica. Entre os casos de dengue, nesse mesmo limiar, todas as correlações se apresentaram negativas, oscilando e ganhando leve intensidade a medida retrocede no tempo.

Em relação aos limiares de temperatura máxima em Joinville (figura 21), apresentou correlação baixa positiva no limiar de 22 C (figura 21a) entre focos de *Aedes* sp. na mesma semana epidemiológica. Sobre os casos de dengue, esse mesmo limiar apresentou aumento na intensidade da correlação ao recuar no tempo, atingindo correlação média negativa, a ponto que a intensidade diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

Em seguida, no limiar de 30 C de temperatura máxima (figura 21b), houve aumento da intensidade entre os casos de dengue e esse limiar, atingindo o valor

Figura 20 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.

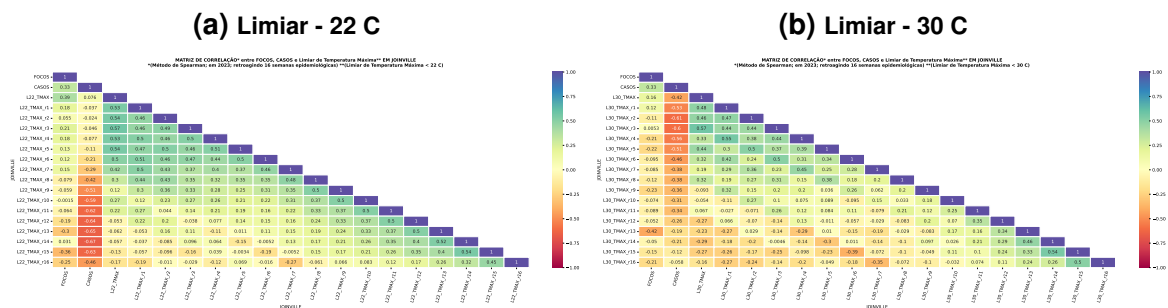


Fonte: Elaboração própria (2024).

máximo de correlação média negativa ao retroceder duas (2) semanas epidemiológicas, logo perde intensidade a medida retrocede no tempo.

O mosquito pode transmitir o vírus mais rapidamente quando os exposto a uma temperatura mais elevada e a uma menor variação diária de temperatura ambiente (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015). Fato que ocorre ao longo da região litorânea, visto que apresenta menor amplitude térmica, como observado por Oliveira (2023).

Figura 21 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima em Joinville, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.3.2.4 Chapecó

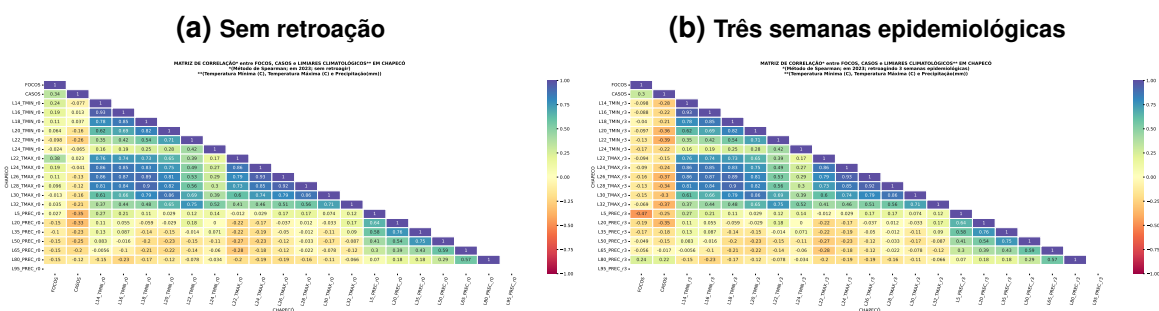
Finalmente, sobre o município de Chapecó, valores mais expressivos de correlações dos limiares climatológicos foram observados sem retroagir e retrocedendo em três (3) semanas epidemiológicas (figura 22). Em todas as matrizes de correlações, nessa análise de semanas epidemiológicas retrocedidas, o último limiar de precipitação, acima de 95 mm, não apresentou valores.

Não retrocedendo no tempo e correlacionando com focos de *Aedes* sp. (figura 22a), tem-se o limiar de 22 C de temperatura máxima apresentando correlação baixa positiva. A temperatura mínima tendeu à correlação baixa positiva nos limiares

próximos a 14 C, porém apresentou inexistência de correlações nos limiares próximos a 24 C. Em relação aos casos de dengue, correlações tenderam à baixas negativas e observadas nos limiares de 20 C e 22 C de temperatura mínima, assim como na maioria dos limiares de temperatura máxima. Entre precipitação e casos de dengue, apresentaram-se correlações baixas negativas nos limiares de 5 mm e 20 mm.

Ao recuar três (3) semanas epidemiológicas (figura 22b), tem-se correlação baixa negativa entre o limiar de 5 mm de precipitação e os focos de *Aedes* sp, porém nada expressivo em relação aos próprios limiares de temperatura. Sobre os casos de dengue, apresentaram ascensão e declínio da intensidade das correlações, mesmo que negativas, nos limiares de 20 C de temperatura mínima e 26 C de temperatura máxima. O limiar 80 mm de precipitação tendeu a apresentar correlação baixa positiva entre casos de dengue e focos de *Aedes* sp.

Figura 22 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de variáveis climatológicas em Chapecó, durante o ano de 2023 sem retroagir e retrocedendo três (3) semanas epidemiológicas, método de Spearman.



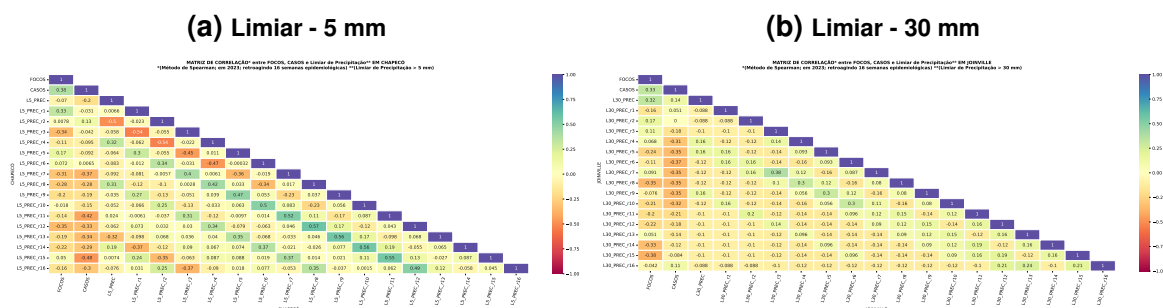
Fonte: Elaboração própria (2024).

Sobre os limiares de precipitação em Chapecó (figura 23), os que apresentam certa notoriedade são de 5 mm (figura 23a) e 30 mm (figura 23b). Ambos os limiares apresentam correlação baixa positiva entre focos de *Aedes* sp. ao retroceder uma (1) semana epidemiológica, e aumento na intensidade da correlação entre casos de dengue ao recuar no tempo, mesmo negativamente, a ponto que a intensidade diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

Já o limiar de 30 mm, apresentam também correlação baixa positiva entre casos de dengue ao retroceder duas (2) semanas epidemiológicas. Além de que entre focos de *Aedes* sp., ao retroceder cinco (5) semanas epidemiológicas, houve tendência de correlação baixa positiva.

Em relação aos limiares de temperatura mínima em Chapecó (figura 24), o limiar de 14 C (figura 24a) há tendência de correlação baixa positiva entre focos de *Aedes* sp. na própria semana epidemiológica. Matiola *et al.* (2019), correlacionando limiar de temperatura mínima acima de 15 C e focos de *Aedes aegypti*, encontraram baixa correlação no mesmo mês das observações. Em relação aos casos de dengue,

Figura 23 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de precipitação em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.

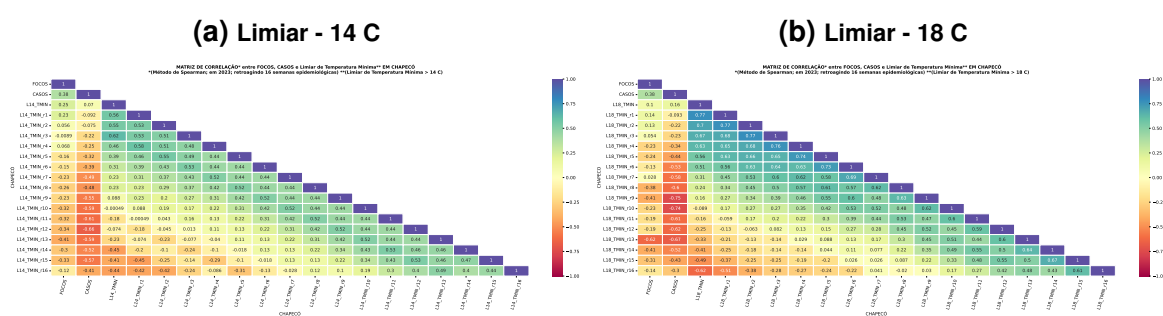


Fonte: Elaboração própria (2024).

esse mesmo limiar (14 C) apresentou aumento na intensidade da correlação ao recuar no tempo, tendendo a valor máximo de correlação alta negativa ao retroceder doze (12) semanas epidemiológicas logo a intensidade diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

Entre os casos de dengue, o limiar de 18 C de temperatura mínima, apresentou aumento na intensidade da correlação ao recuar no tempo, atingindo o valor máximo de correlação alta negativa ao retroceder nove (9) semanas epidemiológicas, logo a intensidade diminui a medida que o tempo se torna mais pretérito.

Figura 24 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura mínima em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Sobre os limiares de temperatura máxima em Chapecó (figura 25), apresentou correlação baixa positiva no limiar de 22 C (figura 25a) entre focos de *Aedes* sp. na mesma semana epidemiológica. Matiola *et al.* (2019), encontraram correlação baixa entre focos de *Aedes aegypti* e limiar de temperatura máxima acima de 25 C, quando agrupados mensalmente; e não encontraram correlação com limiar abaixo de 31 C.

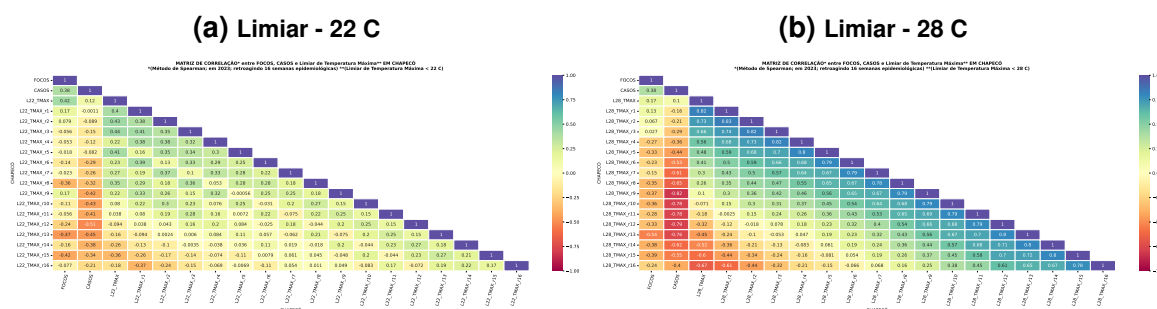
Sobre os casos de dengue, esse mesmo limiar apresentou aumento na intensidade da correlação ao recuar no tempo, atingindo o valor máximo de correlação média negativa ao recuar doze (12) semanas epidemiológicas, a ponto que a intensidade

diminui a medida que se recua ainda mais no tempo.

Em seguida, no limiar de 28 C de temperatura máxima (figura 25b), as correlações baixas positivas entre focos de *Aedes* sp. se apresentaram na mesma semana epidemiológica e retrocedendo uma (1) semana.

"Com base no tempo de desenvolvimento e viabilidade das fases de ovo, larva e pupa e na fecundidade dos adultos, verificou-se que a temperatura favorável ao vetor encontra-se acima dos 22°C e abaixo dos 32°C, portanto dentro da faixa de temperatura das suas regiões de ocorrências"(BESERRA *et al.*, 2009). Ainda em estudo de Beserra *et al.* (2009), as temperaturas abaixo de 18 C e acima de 34 C implicam em efeito negativo para o desenvolvimento do mosquito.

Figura 25 – Matriz de correlações entre focos de *Aedes* sp., casos de dengue e limiares de temperatura máxima em Chapecó, durante o ano de 2023 retrocedendo semanas epidemiológicas, método de Spearman.



Fonte: Elaboração própria (2024).

"Apesar da correlação entre casos notificados de dengue e variáveis climatológicas ter-se apresentado fraca, isto não se deve ao método de verificação estatístico aplicado, vez que, aplicando-se os mesmos métodos entre as variáveis precipitação média e temperatura média máxima e média mínima encontra-se forte correlação, o que caracteriza a validação do método estatístico utilizado"(JÚNIOR, 2011, pg-81).

Para Calude e Longo (2015), o excesso de dados tende a ter comportamento semelhante à falta dos mesmos, onde a correlação aparece apenas por conta do tamanho dos dados, não em relação ao fenômeno em si. Esses mesmos autores ainda complementam que não é necessário uma explicação de causa-efeito para realizar previsões, podendo utilizar a correlação como potente ferramenta preditiva.

4.3.3 Processamento: Comparando Modelos de Rede Neural Artificial Multicamada (RNM) e Modelos *Random Forest*

A Rede Neural Artificial Multicamada (RNM) apresentou baixo ajuste frente ao comportamento dos fenômenos. Como comentado por Fleck *et al.* (2016), quando o volume de dados não é grande, pode haver erros durante o processo de aprendizagem,

alguns de sobreajuste, *Overfitting*. Os mesmos autores citam que para esse correto aprendizado, seria necessário grande volume de dados históricos.

Ao utilizar a série histórica adquirida, resultados mais satisfatórios foram atingidos por modelos *Random Forest*. Explicado por Breiman (2001), a modelagem por *Random Forest* tem bom desempenho em não sofrer sobreajuste, fato explicado por conta da Lei dos Grandes Números, que assume resultados estáveis para médias de eventos aleatórios a longo prazo. Assim, ao aumentar o número de Árvores, o modelo sofre menor sobreajuste.

Após algumas dessas Árvores serem geradas e votarem em uma classe comum, chama-se Floresta Aleatória, *Random Forest*. Logo, *Random Forests* são combinações de Árvores de Decisão no processo de Aprendizado de Máquina, *Machine Learning* (BREIMAN, 2001).

Outra forma de diminuir problemas de sobreajuste é não utilizar a técnica de Dupla Seleção, *Double Dipping*. Essa técnica utiliza o mesmo conjunto de dados durante o processo aprendizado de máquina, selecionando uma vez o conjunto para treinamento e uma segunda vez o mesmo conjunto para teste (BALL *et al.*, 2020).

Ball *et al.* (2020) explicam que a técnica de Validação Cruzada, *Cross Validation*, evita a dupla seleção, uma vez que o conjunto de dados é dividido em dois subconjuntos: um para treinamento e outro para teste. Para essa validação cruzada, utilizou-se a função *train_test_split* da biblioteca *scikit-learn*, dividindo aleatoriamente os subconjuntos. Também foi utilizado subconjuntos divididos em limites temporais pré-estabelecidos, como exemplificado a seguir (figura 26), treinando o modelo até 2022 e testando com dados para os anos de 2023 e 2024.

Em relação as dados de casos de dengue, quando comparados entre as fontes (Dive e DataSUS), há diferença de atualização. Sendo os dados da própria Dive mais atualizados, logo, eleitos para treinamento do modelo.

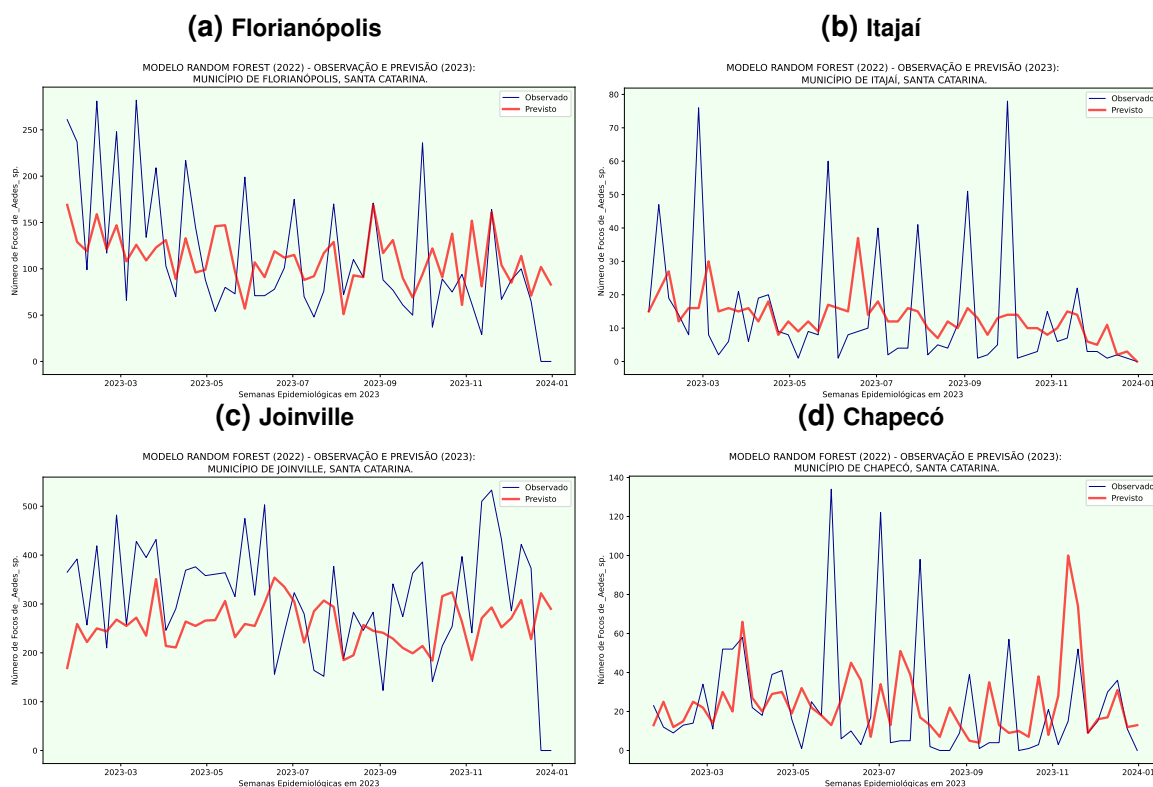
Embora os modelos para todos os municípios analisados (Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó) subestimem as previsões, não atingindo os picos de forma geral, os comportamentos preditos pelo modelo se aproximaram à oscilação observada de focos de *Aedes* sp. (figura 26).

Esse fato é mais perceptível no modelo para o município de Chapecó, onde ocorre a maior aproximação da oscilação observada, subestimando os valores extremos de focos de *Aedes* sp. (figura 26d).

4.3.4 Pós-processamento: Cartografia Preditiva

Após a modelagem, os próprios valores de previsão foram distribuídos na malha territorial de municípios catarinenses, espacializando as previsões. Como citado por Valle, Pimenta e Cunha (2015), os aportes cartográficos permitiram atualizar as

Figura 26 – Modelo *Random Forest* para focos de *Aedes* sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina; treinamento com dados até 2022 e teste com dados a partir de 2023.



Fonte: Elaboração própria (2024).

estimativas sobre a magnitude da dengue.

Ao final da execução automatizada, são retornados três (3) mapas temáticos como cartografia preditiva. O primeiro é referente à própria semana de execução; o segundo e o terceiro são as previsões das semanas subsequentes. Os mapas temáticos de previsão de dengue, compilados na semana epidemiológica 03/11/2024 (figura 27), fazem referência à semana 10/11/2024 e também estão disponíveis no GitHub, publicados no endereço eletrônico abaixo:

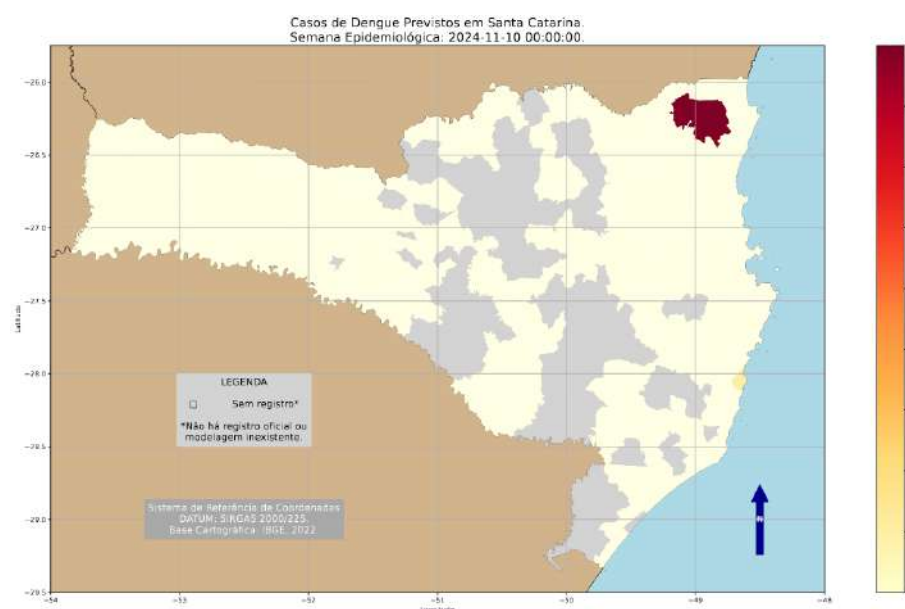
https://github.com/matheusf30/operacional_dengue/tree/main/modelagem/resultados

Como observado na figura 27, os valores são referentes apenas à semana predita, não realizando acúmulo anual de casos de dengue. Nota-se maiores valores preditos de casos de dengue para os municípios de Joinville e Garopaba, localizados na região Norte do Estado de Santa Catarina e na Grande Florianópolis, respectivamente.

Como publicado no último Informe Epidemiológico da Dive/SC (nº30/2024), esses municípios (Joinville e Garopaba) apresentam focos de *Aedes aegypti*, sendo Joinville considerado município infestado. Nesse mesmo informe, Garopaba apresentou 208 de incidência acumulada anual de dengue e Joinville, 13.159 de incidência acu-

mulada anual com registro de óbitos (Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina, 2024b). Vale ressaltar que a metodologia utilizada neste estudo realiza o aprendizado de máquina a partir de casos confirmados de dengue.

Figura 27 – Mapa temático de previsão de dengue para o Estado de Santa Catarina compilado durante a semana epidemiológica 03/11/2024.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na lógica do controle integrado, mapas temáticos, que estratificam as áreas, podem ser ferramentas para gestores definirem prioridades e ações a serem executadas. Dessa maneira, apresentam maiores possibilidades de transmissão do vírus em visualização espacial. (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

"No cenário atual, o principal objetivo de um programa de controle de dengue é evitar óbitos e manter a infestação do *Aedes aegypti* em níveis que possibilitem diminuir ou mesmo impedir a ocorrência de epidemias, o que só é possível em um sistema que proporciona a integração entre as diferentes áreas (vigilância, assistência, mobilização e educação em saúde, apoio diagnóstico, administrativa etc.) e com capacidade de resolver a maioria das necessidades da população"(VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015, pg-7659)

4.4 Validação dos Modelos

Para ambos os modelos, RNAM e *Random Forest*, observa-se, graficamente, um ajuste melhor dos modelos *Random Forest* (figura 28) frente ao comportamento dos fenômenos em relação aos modelos de RNAM entre valores observados e preditos (figura 29).

Embora Chapecó e Itajaí tenham registros de casos de dengue e focos de *Aedes* sp. há mais tempo, a RNAM não apresentou comportamento de previsão para picos. Para os modelos de *Random Forest*, todas os municípios avaliados apresentaram melhor comportamento de previsão, quando comparado à RNAM, porém a maior parte dos picos também foi subestimado (figura 28).

Quando comparados a Chapecó e Itajaí, os municípios de Florianópolis e Joinville detêm maiores números de focos de *Aedes* sp. e casos de dengue, o que pode auxiliar na previsão de valores extremos, como se observa nas figuras 28a e 28c, respectivamente.

É importante salientar que, para o caso da abordagem de aprendizado de máquina por RNAM, não houve modelo compilado para o município de Joinville, por erro de argumento inválido na função de perda por entropia cruzada categórica esparsa.

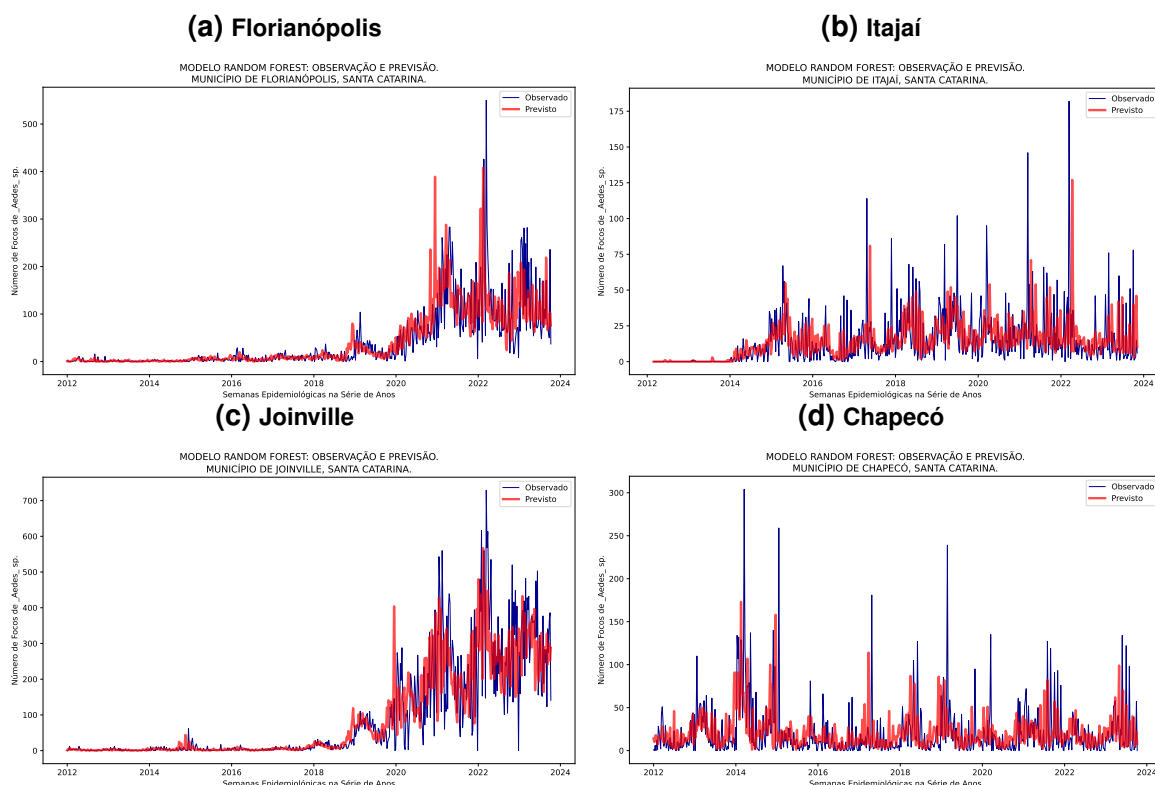
Como citado por Russel e Norvig (2010), uma estrutura simplificada da rede apresenta melhores resultados por não sobreajustar seu treinamento durante o processo de aprendizagem. Uma forma de visualizar tal sobreajuste é comparar os valores de perda tanto do treino quanto da validação.

Assim, foi estabelecido no próprio código um limitador de ciclagens, que avalia perda e acurácia dos conjuntos de treino e teste. Graficamente é visualizado valores de acurácia e custo/perda (figura 30) e exibido em tela o resumo das camadas do modelo (figura 49 - Apêndice E).

Para os modelos implementados em *Random Forest*, algumas métricas foram exibidas graficamente (figuras 31 e 32), como: o histograma do erro com seu intervalo de confiança, cálculo do Erro Médio Absoluto (EMA), da Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RQEQM), do Viés e do Coeficiente de Determinação (R^2).

Para Buitinck *et al.* (2013), o R^2 assume valor um (1) em cenários de melhor predição, diminuindo esse valor a medida que arbitrariamente piora, podendo atingir

Figura 28 – Modelo *Random Forest* para focos de *Aedes* sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

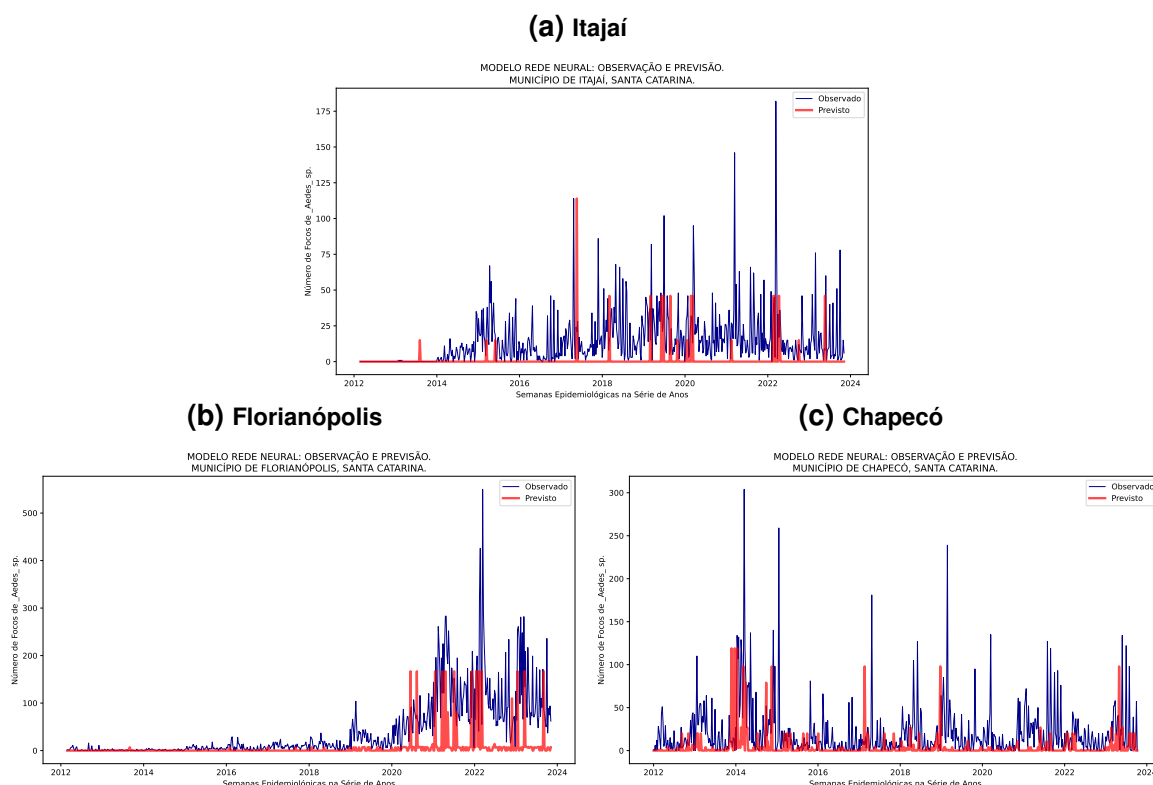
valores negativos. O Erro Médio Absoluto (EMA) mede a perda da previsão no modelo, sendo robusto a *outliers* e assumindo valor ideal igual a zero (0). O EQM é uma métrica de probabilidade/risco que corresponde ao erro quadrático. Ao extrair a raiz quadrada dessa métrica, obtém-se a RQEQM, métrica comumente utilizada e que apresenta valores com melhor interpretação (BUTINCK *et al.*, 2013).

Ao se distribuir o erro do modelo em histograma, pode-se avaliar quão próximo a zero (0) o erro se encontra. Para o modelo *Random Forest* para focos de *Aedes* sp. do município de Chapecó (figura 31d), observa-se valores de erros entre -50 e +50, onde apresentando maior parte da distribuição; há desvio à direita da média em relação a mediana, evidenciando previsão subestimada e apresentando menor Coeficiente de Determinação.

Nos quatro (4) municípios, o modelo *Random Forest* para casos de dengue concentrou a distribuição dos erros próxima a zero (0) (figura 32). Especialmente para Florianópolis (figura 32a) e Joinville (figura 32c), há deslocamento da média à direita, em relação a mediana, indicando valores discrepantes no erro à direita. Logo, os modelos estão subestimando as previsões, não acompanhando os picos observados, fato que corrobora o baixo valor de Coeficiente de Determinação.

Também foram visualizadas as variáveis com maior importância para a

Figura 29 – Modelo RNAM para focos de *Aedes* sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

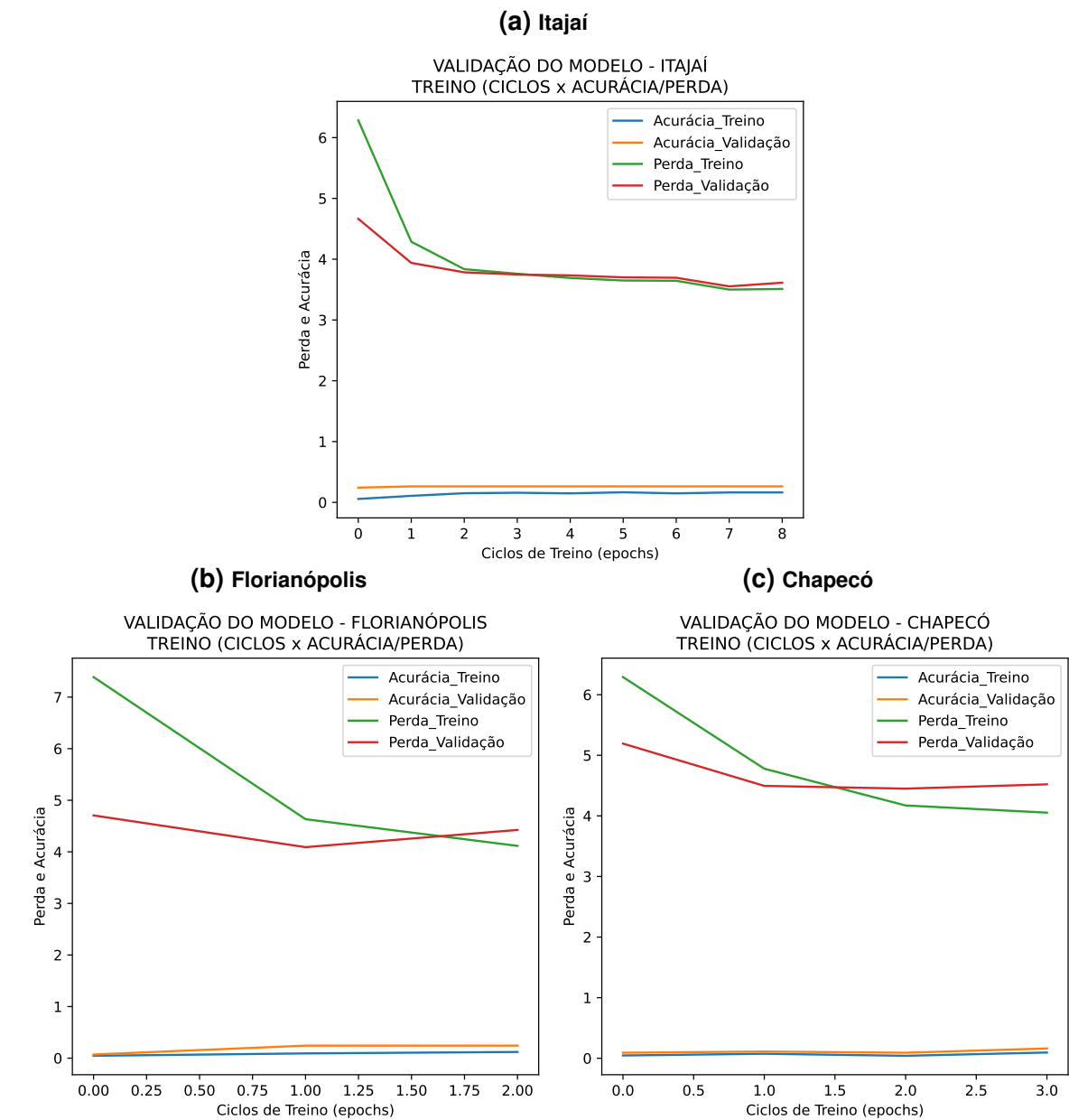
modelagem (figura 33) e, por permutação (figura 34), para a predição, assim como a própria árvore de decisão (figura 48), disponível em Apêndices (D).

De acordo com Buitinck *et al.* (2013), a importância das variáveis para síntese do modelo *Random Forest* é calculada a partir da média e desvio padrão do acúmulo de decréscimo de impureza em cada árvore. Nessa métrica, a impureza é calculada através do erro entre as árvores e a variabilidade entre elas é representada graficamente como a barra de erro.

Há maior custo computacional ao avaliar as importâncias das variáveis por permutação. Dessa maneira, o arranjo de variáveis explicativas é remodelado n vezes, de acordo com quantidade de permutações definidas. Assim, as importâncias diminuem o viés da alta cardinalidade e pode ser representativo para arranjos de dados não treinados pelo modelo, por haver ruptura na relação entre conjunto de treino e teste (BUITINCK *et al.*, 2013).

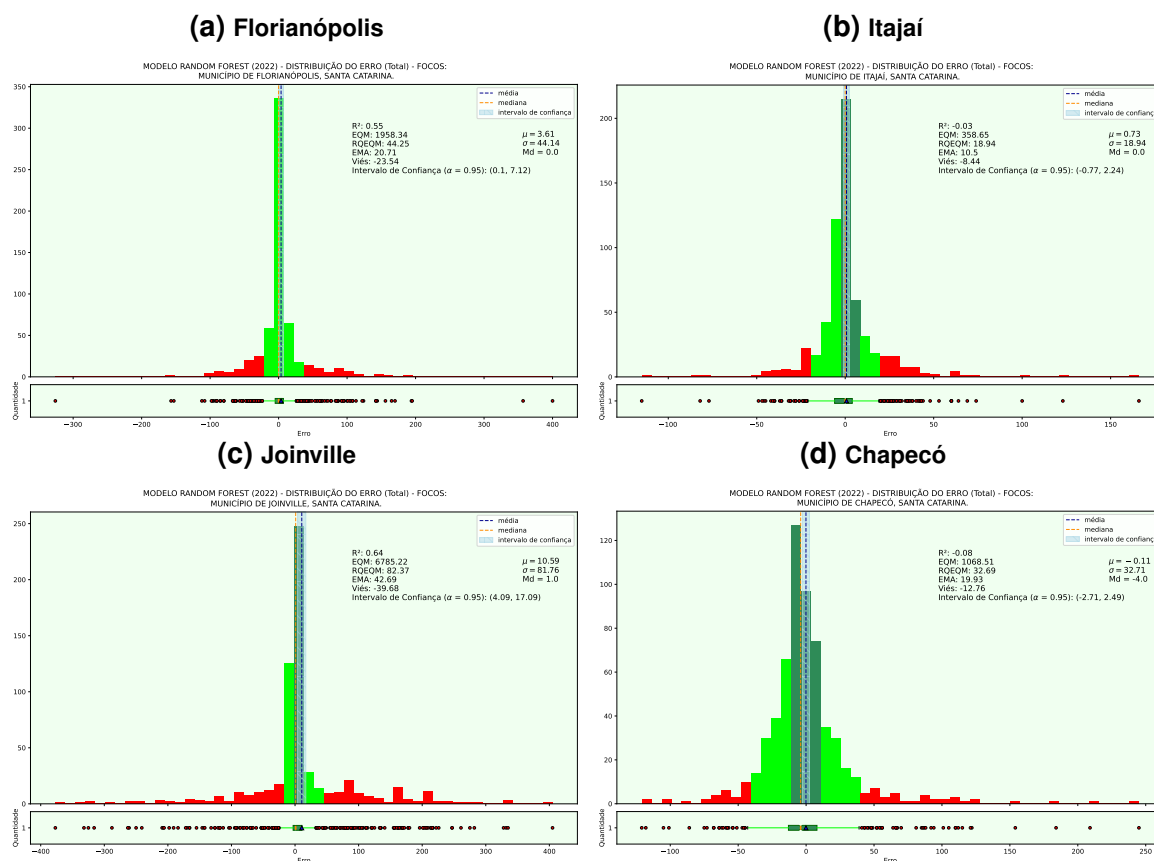
A cardinalidade de um operador relacional presente em um plano de execução é a quantidade de tuplas que o operador dará como saída no momento da execução da consulta, ou seja, refere-se ao relacionamento numérico entre as instâncias de duas entidades que são associadas entre si em um banco de dados relacional (PRACIANO, 2020).

Figura 30 – Modelo RNAM para focos de *Aedes* sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 31 – Histograma do erro para o modelo *Random Forest* para a série total de focos de *Aedes* sp. para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



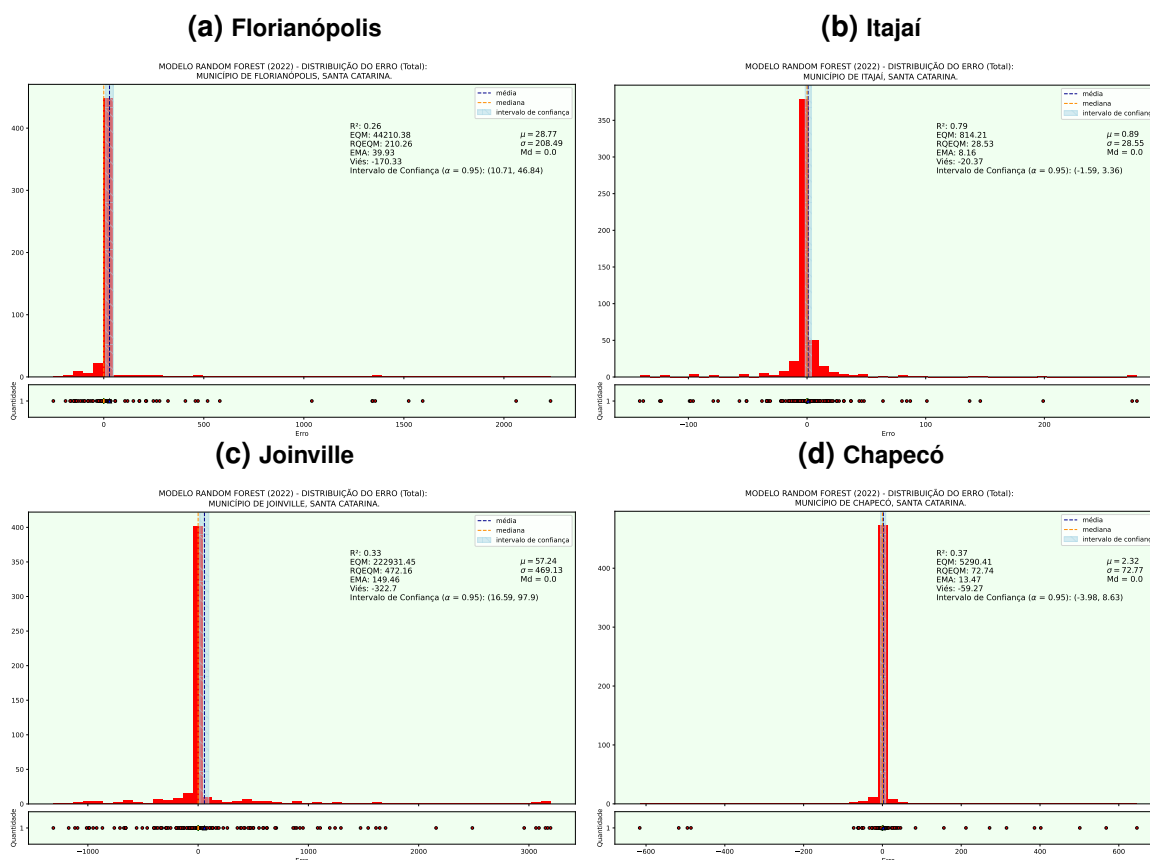
Fonte: Elaboração própria (2024).

Durante a implementação do modelo, todos os municípios apresentaram os casos de dengue retrocedidos como a variável mais importante (figura 33). Apenas Florianópolis apresentou focos de *Aedes* sp. como a segunda variável importante durante o processo de implementação (figura 33a).

Em relação a variáveis importantes por permutação (figura 34), o mesmo comportamento anterior foi observado, onde os casos de dengue retrocedidos se apresentaram como a variável mais importante para cada município. Especial atenção ao município de Chapecó (figura 34d), que apresentou a temperatura máxima retrocedida como segunda variável mais importante, acurácia acima de um (1) e baixa variabilidade entre as árvores, evidenciando uma variável climatológica com importância para a modelagem preditiva em particular.

As árvores de decisão para os modelos *Random Forest* dos casos de dengue podem ser melhor visualizadas através de um relatório de texto, disponibilizado no *GitHub* para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó. Também estão disponíveis as árvores de decisão para os modelos *Random Forest* dos focos de *Aedes* sp. dos municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó.

Figura 32 – Histograma do erro para o modelo *Random Forest* para a série total de casos de dengue de municípios catarinenses.



Fonte: Elaboração própria (2024).

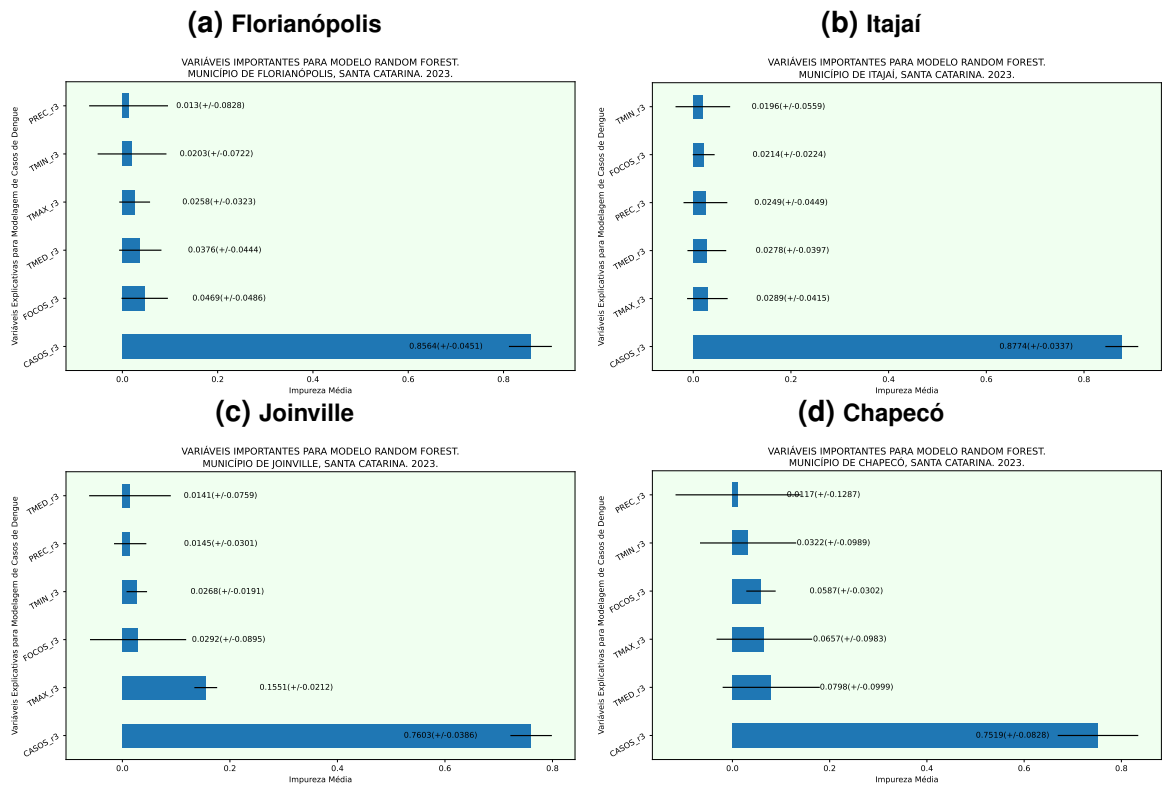
4.5 Produto Técnico Tecnológico (PTT)

Como descritivo das dinâmicas sazonais entomológica de focos de *Aedes* sp. e epidemiológica de casos de dengue no Estado de Santa Catarina e preditivo dessas mesmas variáveis, os PTTs resultante são:

- sistema computacional:
 - scripts* de tratamento dos dados;
 - modelagem preditiva.
- disponibilização *online* no GitHub:
 - https://github.com/matheusf30/operacional_dengue
- visualização cartográfica desses resultados (figura 35).

O PTT do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do IFSC visa auxiliar, como ferramenta de apoio, a gestão em saúde no Estado de Santa Catarina.

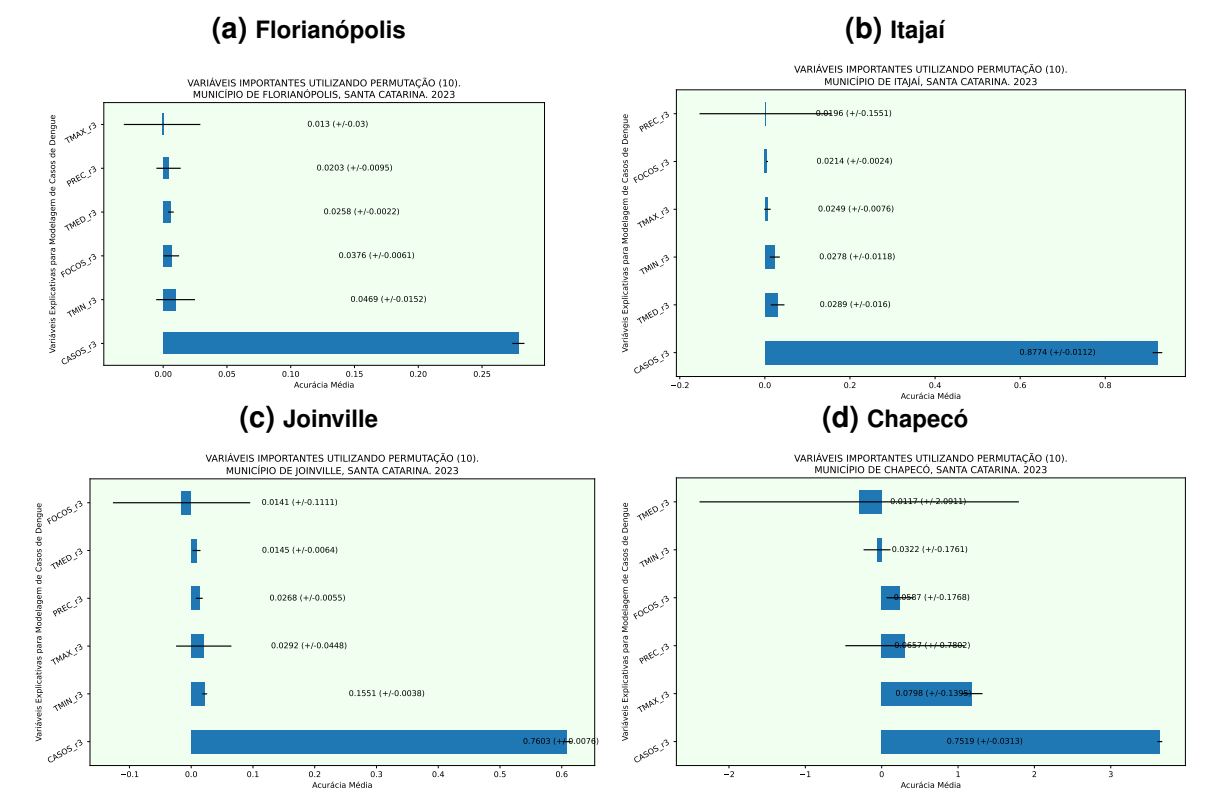
Figura 33 – Variáveis importantes para o processo de modelagem *Random Forest* para casos de dengue para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

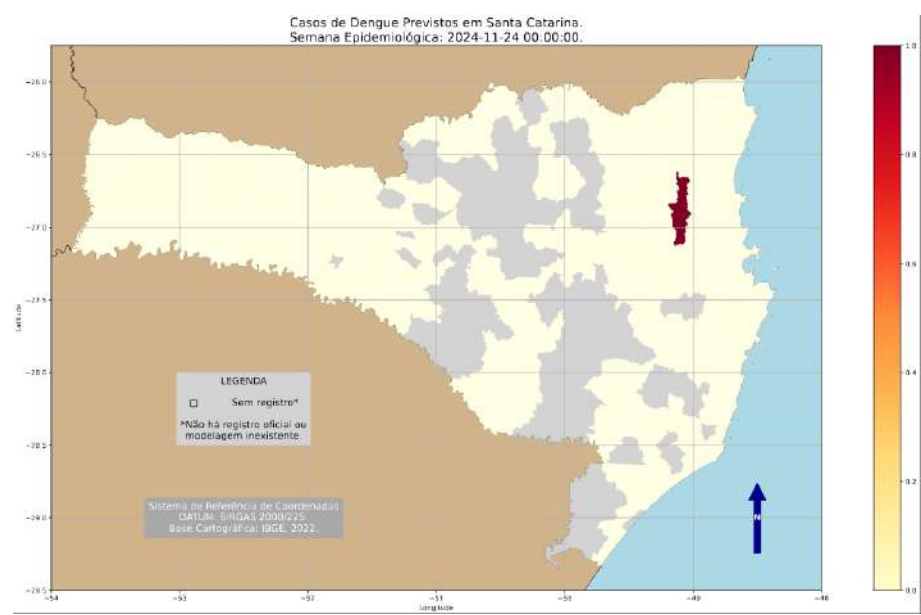
Como forma tornar o PTT operacional, o modelo será executado de modo automatizado em frequência semanal. Inicialmente a execução será realizada no Sistema Integrado de Ferramentas de Análise e Previsão Hidrometeorológica (SIFAP) de Santa Catarina (Centro Integrado de Gestão de Riscos e Desastres (CIGERD)), podendo posteriormente ser disponibilizado ao Sistema Vigilantes (Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina).

Figura 34 – Variáveis importantes para previsão do modelo *Random Forest*, por meio de 10 permutas, para casos de dengue para os municípios de Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó; Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 35 – Mapa temático de previsão de dengue para o Estado de Santa Catarina compilado na semana epidemiológica 10/11/2024.



Fonte: Elaboração própria (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto foram analisados dados entomológicos desde 2012 e epidemiológicos desde 2014, ambos com registros em semanas epidemiológicas. Os dados climatológicos foram adquiridos, em frequência de registros diários, desde 2000; porém, pôde-se analisar relação entre todos os dados ao padronizar o tempo em semanas epidemiológicas.

Logo, utilizar sazonalidade em semanas epidemiológicas para dados climatológicos é uma forma prática para fazer relações com o setor da saúde, principalmente ao se pesquisar doenças de notificação e transmitidas por vetores. Assim, o estudo possibilita auxiliar os gestores públicos, principalmente da área da saúde, visando aprimorar diretrizes de combate, controle e prevenção da dengue, como do vetor biológico *Aedes* sp. Também possibilita base e comparação para estudos futuros, padronizando dados ambientais em semanas epidemiológicas.

Para análise de relação entre os comportamentos entomo-epidemiológicos e climatológicos, o uso de produtos climáticos, *SAMeT* e *MERGE*, mostraram-se eficientes e oportunos em pesquisas que envolvam análises climatológicas e epidemiológicas, por apresentarem frequência e distribuição de dados, principalmente ao se analisar doenças vetorizadas por mosquitos do gênero *Aedes*.

Como a utilização destes produtos, é possível obter grande volume de dados com altas frequências (horário/diário), disponíveis para a malha territorial do Estado de Santa Catarina. Desse modo, estudos entomo-epidemiológicos envolvendo questões climáticas podem regionalizar comportamentos que não seriam observados em dados mensais ou estações pontuais de dados meteorológicos.

Os resultados mostram a regionalização na distribuição de focos de sp. e casos de dengue no Estado de Santa Catarina, seguindo o padrão de regionalização climatológica apresentado por Oliveira (2023). Região Oeste, Vale do Itajaí e a faixa litorânea apresentam condições climatológicas favoráveis para o desenvolvimento dos mosquitos do gênero *Aedes*. Logo, são regiões com notório risco para epidemias, não apenas, mas principalmente por dengue. Deve-se atentar para o aumento nos casos de Zika e Chikungunya nos últimos anos, também vetorizados por mosquitos do gênero *Aedes* (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

As regiões serranas e de planaltos servem como limitadores ambientais na distribuição dos vetores da dengue no Estado catarinense, tanto por altitude quanto por temperatura, uma vez que não apresentam condições ideais para o desenvolvimento do mosquito, como citado por Beserra *et al.* (2009). Por essa razão, essas regiões apresentaram baixa compilação de modelos, uma vez que há baixa ocorrência de vetor (focos de *Aedes* sp.) ou vírus circulante (casos de dengue).

As distribuições de sazonalidade com maior ocorrência de casos de dengue ocorrem entre os meses de março e abril, como evidenciado por Valle, Pimenta e Cunha (2015) e por Drumond *et al.* (2020) para outras regiões brasileiras. Esse padrão caracteriza o comportamento biológico do vetor, aumentando o desenvolvimento durante o período de verão austral, e o comportamento epidemiológico da doença, corroborando a nomenclatura de doença tropical (VALLE; PIMENTA; CUNHA, 2015).

Há comportamento epidemiológico comum entre os municípios analisados (Florianópolis, Itajaí, Joinville e Chapecó), ao correlacionar casos de dengue e limiares de temperaturas, evidenciando correlações médias a altas negativas ao retroceder no tempo. Esse fato corrobora a distribuição sazonal nesses municípios em Santa Catarina, quando há aumento no número de casos de dengue ao diminuir as temperaturas no outono austral.

Deve-se tomar nota para o município de Chapecó, assim como a região oeste catarinense, onde foi evidenciado antecipação do pico de casos registrados, estando em acordo ao observado por Oliveira (2023) com a antecipação das temperaturas elevadas durante a primavera. Esse comportamento antecipado em Chapecó também foi observado por Matiola e Ribeiro (2019) em análise a nível municipal.

Durante esse estudo, a cobertura vacinal para o vírus da dengue no Estado de Santa Catarina, assim como a soltura de mosquitos *Aedes* sp. laboratorialmente infectados com a bactéria do gênero *Wolbachia* no município de Joinville, houve pouca influência para o processo de aprendizado de máquina durante a modelagem computacional, uma vez que essas ações de controle do vírus da dengue são recentes no território catarinense. Espera-se acompanhamento dos estudos para monitorar a dinâmica entomo-epidemiológica em Santa Catarina ao longo dos anos.

Deve ser orientado que, em 2024, houve alteração na metodologia de registro de focos de *Aedes* sp., que orienta os municípios em epidemia a desativarem as armadilhas entomológicas, para priorizar atividades de bloqueio de transmissão da doença. Assim, espera-se que haja diminuição dos focos durante o período de transmissão da dengue.

Ao passo que as temperaturas globais atingem e ultrapassam os recordes máximos registrados, também é esperado que o comportamento entomo-epidemiológico tenha adaptação frente a esse novo cenário de mudança climática global. Por esse motivo, deve-se analisar e monitorar tais alterações de comportamento, tanto climáticos quanto entomo-epidemiológicos, no Estado de Santa Catarina nos próximos anos.

Por apresentar ascendência na série de anomalias estacionárias entomológicas e epidemiológicas, não ocorrendo o mesmo com as séries de anomalias estacionárias climatológicas, estudos aprofundados devem ser realizados para confirmação na mudança do comportamento entomo-epidemiológico. Especula-se influência do

confinamento (*lockdown*) durante a pandemia de coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)).

Por haver comportamentos confluentes e regionais entre dados entomo-epidemiológicos e climatológicos, é possível utilizar o tempo meteorológico para previsão de aumento de focos de *Aedes* sp. e casos de dengue, como já ocorre com outras ferramentas preditivas e pesquisas relacionadas (CODEÇO *et al.*, 2018; STOLERMAN; MAIA; KUTZ, 2019; CODEÇO *et al.*, 2023; RIBEIRO *et al.*, 2024).

Nesse estudo, a utilização de aprendizado de máquina por modelos *Random Forest* apresentou melhor resposta de predição, quando comparado à modelagem por Rede Neural Artificial Multicamada (RNM). Possivelmente, um maior volume de dados e uma melhor manipulação do processo trariam melhores resultados no aprendizado de máquina por RNM. Em ambas as modelagens, *Random Forest* para focos de *Aedes* sp. e casos de dengue, as variáveis mais importantes foram as próprias variáveis dependentes retroagidas no tempo.

Ao analisar os histogramas dos erros, é possível perceber adensamento próximo ao zero (0), indicando melhores resultados de Coeficiente de Determinação (R^2). Ainda assim, municípios como Florianópolis e Joinville apresentaram médias desviadas à direita em relação à mediana, sugerindo modelos que subestimam os valores de previsão durante o processo de aprendizado de máquina.

Finalmente, o Produto Técnico-Tecnológico demonstra capacidade preditiva de 14 dias (2 semanas epidemiológicas) para os casos de dengue no Estado de Santa Catarina, através de modelos *Random Forest* executados de forma automatizada em frequência semanal. Esses valores preditos podem ser visualizados através de cartografias temáticas, disponíveis em semanas epidemiológicas. A primeira (1ª) semana de previsão ocorre utilizando dados climatológicos da associação *SAMeT-MERGE*. Para previsão da segunda semana (2ª), utilizam-se dados de previsão do modelo *GFS*.

6 FUTUROS TRABALHOS

Assim como muitos projetos, o atual se apresenta como um recorte limitado, tendo potencial para expansão e refinamento. Espera-se que, frente a essa nova dinâmica epidemiológica da dengue no Estado de Santa Catarina, projetos continuem a linha de pesquisa, assim como esse também o foi.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para aprimorar o trabalho atual, foram listadas sugestões para implementar em trabalhos futuros, segue abaixo:

- Inclusão de dados sociais para refinamento do modelo;
- Inclusão de cálculos epidemiológicos a partir de dados sociais;
- Inclusão de casos suspeitos e inconclusivos de dengue para adequação com a nova metodologia utilizada pela Dive/SC;
- Utilização de pontos urbanos centrais das cidades;
- Utilização de dados de estações meteorológicas observacionais;
- Utilização de mediana para análises relacionadas à precipitação;
- Utilização de série histórica de temperaturas (mínima, média e máxima) do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (Bdmep/Inmet) para cobrir a máscara do *SAMeT* nos municípios de Balneário Camboriú, Bombinhas e Porto Belo;
- Utilização do método SHAP (SHapley Additive exPlanations) como métrica de validação;
- Utilização do diagrama de Taylor como métrica de validação;
- Utilização de outras bases de dados secundários para pesquisa em saúde;
- Utilização de dados do *Climate Forecast System (CFS)* do *NCEP/NOAA*;
- Utilização dos primeiros registros entomo-epidemiológicos para avaliar a distribuição temporal no território catarinense;
- Derivação dos dados, tanto climatológicos quanto entomo-epidemiológicos, para síntese de índices e taxas;

- Adaptação da modelagem para modelo dinâmico a partir de cálculos epidemiológicos e história natural da doença;
- Adaptação da modelagem com novas metodologias de registro de focos de *Aedes* sp.;
- Adaptação dos dados conforme Níveis de Emergência do Plano de Contingência de Dengue em SANTA CATARINA (2023);
- Ajustes de hiperparâmetros durante a modelagem;
- Ajustes de modelagem a partir de outras metodologias;
- Ajustes de validação de modelagem a partir de outras métricas;
- Análise pormenorizada das séries de anomalias estacionais entomo-epidemiológicas e climatológicas;
- Análise de modelagem a partir de novos cenários presentes (vacinação e presença de *Aedes-Wolbachia*).

REFERÊNCIAS

- ABADI, M. *et al.* *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems*. 2015. Software available from tensorflow.org. Disponível em: <https://www.tensorflow.org/>. 59
- ALDANA, K. B. *et al.* Serological and molecular detection of dengue virus in animals: A systematic review and meta-analysis. *Infezioni in Medicina*, Edizioni Internazionali srl, Divisione EDIMES Edizioni Medico-Scientifiche, v. 32, n. 2, jun 1 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38827825/>; Acesso em: 2024-09-05. 39
- ANDRIOLI, D. C.; BUSATO, M. A.; LUTINSKI, J. A. Características da epidemia de dengue em Pinhalzinho, Santa Catarina, 2015-2016. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, jun 30 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000400007>; Acesso em: 2024-06-04. 21
- BALL, T. M. *et al.* Double Dipping in Machine Learning: Problems and Solutions. *Health Human Service*, v. 5, n. 3, p. 261–263, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7422774/pdf/nihms-1615959.pdf>; Acesso em: 2024-03-08. 84
- BARTH, O. M. *Atlas of Dengue Viruses: Morphology and Morphogenesis*. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2010. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40612>; Acesso em: 2024-06-03. 40, 41
- BESERRA, E. B. *et al.* Effects of temperature on life cycle, thermal exigency and number of generations per year estimation of aedes aegypti (diptera, culicidae). *Iehingia. Série Zoologia*, 2009. 42, 58, 72, 75, 83, 95
- BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União*. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm; Acesso em: 2024-08-06. 26
- BRASIL. *Lei No 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União*. 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm; Acesso em: 2024-08-06. 34, 35
- BRASIL. *Decreto nº 7.616, de 17 de novembro de 2011. Dispõe sobre a declaração de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional - ESPIN e institui a Força Nacional do Sistema Único de Saúde - FN-SUS*. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7616.htm; Acesso em: 2024-07-14. 45
- BRASIL. *Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. 2. ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2012. v. 1. 24, 28
- BRASIL. *Lei No 12.864, de 24 de setembro de 2013. Altera o caput do art. 3º da Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, incluindo a atividade física como fator determinante*

e condicionante da saúde. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12864.htm; Acesso em: 2024-08-06. 34

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 588, de 13 de agosto de 2018. Fica instituída a Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS). 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/resolucoes/2018/resolucao-no-588.pdf/view>; Acesso em: 2024-07-14. 45

BRASIL. Decreto nº 11.358, de 1º de janeiro de 2023. Aprova a Estrutura Regimental e Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Saúde e remaneja Cargos em Comissão e Funções de Confiança. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11358.htm; Acesso em: 2024-08-06. 49

BRASIL. Decreto nº 11.78, de 28 de novembro de 2023. Aprova a Estrutura Regimental e Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Saúde e remaneja Cargos em Comissão e Funções de Confiança. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11798.htm#art5; Acesso em: 2024-08-06. 45, 49

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm; Acesso em: 2024-12-18. 35

BRASIL. Lei No 14.792, de 5 de janeiro de 2024. Institui o Dia Nacional da Saúde Única. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2024. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.792-de-5-de-janeiro-de-2024-536210882>; Acesso em: 2024-08-06. 37

BRASIL; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Sanitário Internacional. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/paf/regulamento-sanitario-internacional/arquivos/7181json-file-1>; Acesso em: 2024-07-14. 44, 45

BREIMAN, L. Random Forests. *Machine Learning*, Springer Science and Business Media LLC, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/a:1010933404324>; Acesso em: 2024-03-08. 84

BUITINCK, L. et al. API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. In: *ECML PKDD Workshop: Languages for Data Mining and Machine Learning*. [s.n.], 2013. p. 108–122. Disponível em: <https://inria.hal.science/hal-00856511/document>. 58, 87, 88, 89

CALUDE, C. S.; LONGO, G. The Deluge of Spurious Correlations in Big Data. *Foundations of Science*, Springer Science and Business Media LLC, v. 22, n. 3, p. 595–612, 2015. Disponível em: <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/27857>; Acesso em: 2024-07-23. 72, 83

- CAMPOS, G. W. d. S. *et al. Tratado de Saúde Coletiva*. 2. ed. [S.l.]: São Paulo: HUCITEC; Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2009. ISBN 9788527107044. 33, 34
- CAVALCANTI, I. F. de A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. [S.l.]: São Paulo: Oficina de Textos, 2009. ISBN 978-85-86238-92-5. 25
- CHICCO, D.; WARRENS, M. J.; JURMAN, G. The coefficient of determination r-squared is more informative than smape, mae, mape, mse and rmse in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 2021. Disponível em: <https://peerj.com/articles/cs-623/>; Acesso em: 2024-12-15. 61
- CHOLLET, F. *et al. Keras*. [S.l.]: GitHub, 2015. 59
- CODEÇO, C. T. *et al. Relatório 02/23 do Grupo Infodengue (versão revisada em 26 de outubro de 2023)*. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: ; Acesso em: 2024-06-07. 21, 22, 97
- CODEÇO, C. T. *et al. Infodengue: A nowcasting system for the surveillance of arboviruses in Brazil. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, Elsevier BV, v. 66, p. S386, 7 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0398762018311088>; Acesso em: 2024-06-07. 21, 97
- CODEÇO, C. T. *et al. Fast expansion of dengue in Brazil. The Lancet Regional Health - Americas*, Elsevier BV, v. 12, p. 100274, 8 2022. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(22\)00091-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(22)00091-6/fulltext); Acesso em: 2024-06-07. 21
- CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA. *PORTARIA no 115, de 12 de junho de 2024. Cria e nomeia membros da Comissão Nacional de Saúde (CNSU) do CFMV. Brasília, DF: Conselho Federal de Medicina Veterinária*. 2024. Disponível em: <https://manual.cfmv.gov.br/arquivos/portaria/2024.115.pdf>; Acesso em: 2024-08-04. 38
- CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA. *Saúde Única*. 2024. Disponível em: <https://www.cfmv.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/folder-saude-unica>; Acesso em: 2024-07-31. 32, 36, 37, 38, 44
- CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. *Tratado de Animais Selvagens: Medicina Veterinária (2a. ed.)*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2014. 44, 46
- DAVENHALL, B. *Geomedicine: Geography and Personal Health*. Redlands, California: ESRI, 2012. 31
- Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina, S. *Informe Epidemiológico No 8 - Vigilância Entomológica do Aedes aegypti e Situação Epidemiológica de Dengue, Chikungunya e Zika em Santa Catarina*. [S.l.], 2024. Disponível em: <https://dive.sc.gov.br/index.php/dengue>; Acesso em: 2024-06-08. 22
- Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina, S. *Informe Epidemiológico Nº 30/2024 - Vigilância Entomológica do Aedes aegypti e Situação Epidemiológica de Dengue, Chikungunya e Zika em Santa Catarina*. [S.l.], 2024. Disponível em: <https://dive.sc.gov.br/index.php/dengue>; Acesso em: 2024-11-11. 46, 86

- DRUMOND, B. *et al.* Dinâmica espaço-temporal da dengue no Distrito Federal, Brasil: ocorrência e permanência de epidemias. *Ciência & Saúde Coletiva*, FapUNIFESP (SciELO), v. 25, n. 5, p. 1641–1652, 5 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/HSsykFprmPrKBKP8cJnLtKx/>; Acesso em: 2022-06-17. 20, 96
- FLECK, L. *et al.* Redes neurais artificiais: Princípios básicos. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 2016. Disponível em: <https://dive.sc.gov.br/index.php/dengue>; Acesso em: 2024-03-08. 83
- FOUCAULT, M. *Microfísica do Poder*. 9. ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1990. v. 7. 32, 33
- GERSCHAMN, S.; SANTOS, M. A. B. d. O sistema Único de saúde como desdobramento das políticas de saúde do século xx. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 21, 2006. 34, 35
- GILLIES, S. *et al.* *Shapely: manipulation and analysis of geometric objects*. 2007. Disponível em: <https://github.com/Toblerity/Shapely>. 55
- GNU, P. *Free Software Foundation. Bash (3.2. 48)[Unix shell program*. 2007. 54
- GWEE, S. X. W. *et al.* Animals as potential reservoirs for dengue transmission: A systematic review. *One Health*, Elsevier BV, v. 12, p. 100216–16, 6 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352771421000069?via%3Dihub>; Acesso em: 2024-05-29. 39
- HARRIS, C. R. *et al.* Array programming with NumPy. *Nature*, Springer Science and Business Media LLC, v. 585, n. 7825, p. 357–362, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>. 57
- HEROLD, H. *Linux-Unix-Shells: Bourne-Shell, Korn-Shell, C-Shell, bash, tcsh*. [S.l.]: Pearson Deutschland GmbH, 1999. 54
- HOYER, S. *et al.* *xarray: v0.8.0*. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.59499>. 54
- HOYER, S.; HAMMAN, J. *xarray: N-D labeled arrays and datasets in Python*. *Journal of Open Research Software*, Ubiquity Press, v. 5, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5334/jors.148>. 54
- HUFFMAN, G.; BOLVIN, D.; NELKIN, E. *Day 1 IMERG Final Run Release Notes*. [S.l.]: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2015. Disponível em: https://gpm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_FinalRun_Day1_release_notes.pdf; Acesso em: 2024-06-17. 49
- HUFFMAN, G. *et al.* *TRMM (TMPA) Precipitation L3 1 day 0.25 degree x 0.25 degree V7*. [S.l.]: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 2016. Disponível em: https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM_3B42_Daily_7/summary; Acesso em: 2024-06-17. 49
- HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2d graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, IEEE COMPUTER SOC, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007. 56

- HUSSAIN, M.; MAHMUD, I. pymanndkendall: a python package for non parametric mann kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*, The Open Journal, v. 4, n. 39, p. 1556, 7 2019. ISSN 2475-9066. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21105/joss.01556>. 56
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/aceso-informacao/institucional/o-ibge.html>; Acesso em: 2022-10-30. 49
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques.html?destaque=36362>; Acesso em: 2023-03-02. 49
- JORDAHL, K. et al. *geopandas/geopandas: v0.8.1*. Zenodo, 2020. Software. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3946761>. 57
- JÚNIOR, E. V. B. *Variabilidades climáticas (temperatura e precipitação) e sua influência na propagação do vetor da dengue, Aedes aegypti (Linnaeus, 1762), no Estado de Pernambuco*. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6562>; Acesso em: 2022-06-10. 83
- JUNQUEIRA, R. D. Geografia médica e geografia da saúde. *Hygeia*, 2009. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/viewFile/16931/9336>; Acesso em: 2024-10-26. 31, 32
- LÄG, J. *Geomedicine (1990)*. [S.l.]: CRC Press, 1990. 31
- LAGES, V. N.; BRAGA, C.; MORELLI, G. *Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégia de inserção competitiva*. 1. ed. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2004. –1-1 p. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E1C3CE6A43DBDB3203256FD6004907B7/\\$File/NT00031436.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E1C3CE6A43DBDB3203256FD6004907B7/$File/NT00031436.pdf); Acesso em: 2024-05-06. 28
- LARSON, R.; FARBER, B. *Elementary Statistics*. 4. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2010. ISBN 9788576053729. 61
- MATIOLA, C. Avaliação da relação entre focos de *Aedes aegypti* com a distribuição espacial da temperatura no município de Itajaí/SC, por geoprocessamento. *Metodologias e Aprendizado*, Instituto Federal Catarinense, v. 1, p. 30–35, sep 29 2019. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/645>; Acesso em: 2022-06-15. 65
- MATIOLA, C. *A Avaliação dos Elementos Climáticos, Socioeconômicos e sua Relação com o Aedes aegypti nos Municípios de Chapecó/SC e Itajaí/SC*. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1515>; Acesso em: 2022-06-10. 21, 22, 76, 77
- MATIOLA, C.; RIBEIRO, E. A. W. Análise exploratória dos dados climáticos e sua influência no *Aedes aegypti*, no município de Chapecó/SC: Resultados Parciais. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia, v. 15, n. 33, p. 29–41, nov 21 2019. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/51663>; Acesso em: 2022-06-15. 65, 96

- MATIOLA, C. *et al.* O uso de dados de temperatura e precipitação de MERRA2 para compreender a dinâmica ecológica do *A. aegypti* no município de Chapecó/SC - 2007 a 2017 (The use of MERRA2 temperature and precipitation data to understand the ecological dynamics of *A. aegypti* in the municipality of Chapecó / SC - 2007 to 2017). *Revista Brasileira de Geografia Física*, Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 4, p. 1385, nov 11 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337460050_O_uso_de_dados_de_temperatura_e_precipitacao_de_MERRA2_para_compreender_a_dinamica_ecologica_do_A_aegypti_no_municipio_de_ChapecoSC_-_2007_a_2017_The_use_of_MERRA2_temperature_and_precipitation_data_t; Acesso em: 2022-06-17. 81, 82
- MCKINNEY Wes. Data Structures for Statistical Computing in Python. In: WALT Stéfan van der; MILLMAN Jarrod (Ed.). *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 56 – 61. 56
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. [S.l.]: São Paulo: Oficina de Textos, 2007. ISBN ISBN 978-85-86238-54-3. 25
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Tabela de Áreas de Conhecimento/Avaliação*. [S.l.]: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>; Acesso em: 2024-05-29. 31
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Tabela de Áreas do Conhecimento*. [S.l.]: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2022. Disponível em: <https://www.lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7>; Acesso em: 2024-05-29. 31
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Sinan - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Normas e Rotinas*. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. 48
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Guia de Vigilância em Saúde*. 5. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. 20, 45
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *SINANWEB*. 2022. Disponível em: <https://portalsinan.saude.gov.br/>; Acesso em: 2022-11-10. 48
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *TABNET - DATASUS*. 2022. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>; Acesso em: 2022-11-11. 48
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Sistema de Informação de Agravos de Notificação: Calendário de Notificação para o Ano de 2024*. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://dive.sc.gov.br/index.php/dengue>; Acesso em: 2024-06-13. 48, 53
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Uma Só Saúde*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude>; Acesso em: 2024-08-14. 38
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. *Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres: GIRD+10*. 1. ed. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10_.pdf; Acesso em: 2024-06-06. 20, 44

- National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. *Integrated Taxonomic Information System (ITIS)*. [S.l.]: National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, 2023. Disponível em: GBIF.org; Acesso em: 2024-06-04. 21
- NCEP. *Global Forecast System (GFS) - National Centers for Environmental Prediction (NCEP)*. [S.l.]: NOAA, 2022. Disponível em: https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/gfs/documentation.php; Acesso em: 2022-10-21. 51
- NOAA. *Global Forecast System (GFS) - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. 2024. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast>; Acesso em: 2024-10-21. 52
- OLIVEIRA, C. G. d. *Regionalização do Clima em Santa Catarina*. 2023. –184 p. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2930>; Acesso em: 2024-03-29. 20, 62, 63, 64, 65, 67, 80, 95, 96
- OLIVEIRA, R. d. *Sistema de Detecção de Frentes Frias Associadas a Eventos Meteorológicos de Médio e Alto Impacto no Centro Sul da América do Sul*. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2716>; Acesso em: 2024-03-29. 26
- Organização Pan-Americana da Saúde. *Módulos de Princípios de Epidemiologia para o Controle de Enfermidades. Módulo 2: Saúde e doença na população*. [S.l.]: Ministério da Saúde, 2010. ISBN ISBN 978-85-7967-020-6. 40
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *ODS - Brasil*. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>; Acesso em: 2022-06-29. 38
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. *Home*. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/one-health/en>; Acesso em: 2022-06-28. 37
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Saúde Única: um enfoque integral para abordar as ameaças à saúde na interface homem-animal-ambiente*. Sessão Virtual, 2021. 1–24 p. 36, 37
- PAIM, J. S. O sistema Único de saúde como desdobramento das políticas de saúde do século xx. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 23, 2018. 36
- PARRAN, T.; BOUDREAU, F. G. The World Health Organization: Cornerstone of Peace. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, American Public Health Association, v. 36, n. 11, p. 1267–1272, 11 1946. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1625891/>; Acesso em: 2023-03-21. 33
- PEDREGOSA, F. *et al.* Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, v. 12, p. 2825–2830, 2011. 58, 61
- PIMPAO, T. d. S. R. *et al.* Ações de Vigilância e Controle do *Aedes aegypti* em Santa Catarina - Sistema Vigilantes. In: GALOA. *Anais do Congresso Brasileiro de Epidemiologia*. Florianópolis - SC, Brazil, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/epi/trabalhos/>

acoes-de-vigilancia-e-controle-do-aedes-aegypti-em-santa-catarina-sistema-vigila?lang=pt-br; Acesso em: 2022-11-10. 49

PRACIANO, F. D. B. d. S. *Refinamento das Estimativas de Cardinalidade no Processamento de Consultas*. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54406/6/2020_dis_fdbspraciano.pdf; Acesso em: 2024-12-15. 89

QUADRO, M. F. L. de. Estudo de episódios de zonas de convergência do atlântico sul (zcas) sobre a américa do sul. *Revista Brasileira de Geofísica*, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X1999000200009>; Acesso em: 2024-10-21. 25

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. 20, 24

REPERANT, L. A.; OSTERHAUS, A. D. M. E. The Human-Animal Interface. *Microbiology Spectrum*, American Society for Microbiology, v. 1, n. 1, oct 31 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26184816/>; Acesso em: 2024-08-06. 38, 39

RIBEIRO, E. A. W. *et al.* Modelo preditivo para a proliferação do aedes aegypti em itajaí (santa catarina): Uma abordagem integrando fatores climáticos locais e globais. *Estrabão*, v. 5, 2024. 59, 61, 97

ROCKLÖV, J.; TOZAN, Y. Climate change and the rising infectiousness of dengue. *Emerging Topics in Life Sciences*, Portland Press Ltd., v. 3, n. 2, p. 133–142, apr 16 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7288996/>; Acesso em: 2024-06-04. 20

ROSSUM, G. V.; DRAKE, F. L. *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009. ISBN 1441412697. 56

ROSSUM, G. V.; JR, F. L. D. *Python reference manual*. [S.l.]: Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, 1995. 54

ROZANTE, J. R. *et al.* Performance of precipitation products obtained from combinations of satellite and surface observations. *International Journal of Remote Sensing*, International Journal of Remote Sensing, 2020. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/MERGE/GPM/Rozante_et.al.2020.pdf; Acesso em: 2024-06-17. 24, 50

ROZANTE, J. R. *et al.* Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. *Weather and Forecasting*, American Meteorological Society, v. 25, n. 3, p. 885–894, jun 1 2010. Disponível em: https://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/MERGE/GPM/Rozante_et.al.2010.pdf; Acesso em: 2022-09-30. 49

ROZANTE, J. R.; RAMIREZ, E.; FERNANDES, A. d. A. A newly developed South American Mapping of Temperature with estimated lapse rate corrections. *International Journal of Climatology*, Wiley, v. 42, n. 4, p. 2135–2152, sep 5 2021. Disponível em: https://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/SAMeT/Rozante_et_al_2021.pdf; Acesso em: 2022-09-30. 51

RUMSEY, D. J. *Statistics II for Dummies*. 2. ed. [S.l.]: Learning Made Easy, 2021. ISBN 1119827396. 71, 72

RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2010. 87

SANTA CATARINA. *Vigilância e Controle de Aedes aegypti: Orientações Técnicas para Pessoal de Campo*. 2. ed. Florianópolis: Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina, 2022. 98 p. Produzido em agosto de 2007. Revisão em junho de 2022. 22, 41, 42, 71

SANTA CATARINA. *Plano de Contingência para o Enfrentamento da Dengue, Chikungunya e Zika no Estado de Santa Catarina*. [S.l.]: Secretaria de Estado da Saúde. Superintendência de Vigilância em Saúde. Diretoria de Vigilância Epidemiológica., 2023. 46, 99

SANTA CATARINA et al. *Atlas Geográfico de Santa Catarina: Diversidade da Natureza*. 2. ed. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016. v. 2. 20, 24, 25, 26, 27, 28, 64, 65

SANTA CATARINA et al. *Atlas Geográfico de Santa Catarina: Estado e Território*. 2. ed. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016. v. 1. 26, 29

SANTA CATARINA et al. *Atlas Geográfico de Santa Catarina: População*. 2. ed. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2019. v. 3. 27, 28, 29, 30, 31

SANTOS, F. d. O. Geografia médica ou geografia da saúde? uma reflexão. *Formação (Online)*, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/download/7468/5519/27249>; Acesso em: 2024-10-26. 31

SCHULZWEIDA, U. *CDO User Guide*. Zenodo, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10020800>. 54

SEABOLD, S.; PERKTOLD, J. statsmodels: Econometric and statistical modeling with python. In: *9th Python in Science Conference*. [S.l.: s.n.], 2010. 56

Sociedade Brasileira Técnico-Científica de Parasitologia. *Glossário*. 2021. Disponível em: <https://www.parasitologia.org.br>; Acesso em: 2022-10-29. 41

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, aug 8 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6687106/>; Acesso em: 2024-06-04. 21, 97

TEAM, T. pandas development. *pandas-dev/pandas: Pandas*. Zenodo, 2020. Software. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>. 56

THONGYUAN, S.; KITTAYAPONG, P. First evidence of dengue infection in domestic dogs living in different ecological settings in Thailand. *PLOS ONE*, Public Library of Science (PLoS), v. 12, n. 8, p. e0180013, aug 30 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28854207/>; Acesso em: 2024-09-13. 39

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. d. *Dengue [livro eletrônico]: teorias e práticas*. [S.l.]: SciELO - Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2015. ISBN: 978-85-7541-552-8. 31, 34, 40, 41, 42, 43, 72, 73, 74, 77, 80, 84, 86, 87, 95, 96

WASKOM, M. L. seaborn: statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, The Open Journal, v. 6, n. 60, p. 3021, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21105/joss.03021>. 57

WEAVER, S. C.; BARRETT, A. D. T. Transmission cycles, host range, evolution and emergence of arboviral disease. *Nature Reviews Microbiology*, Springer Science and Business Media LLC, v. 2, n. 10, p. 789–801, 10 2004. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro1006>; Acesso em: 2024-06-03. 40, 41

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Zoonoses. *World Health Organization: WHO*, jul 29 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>; Acesso em: 2022-10-29. 39

WORLD HEALTH ORGANIZATION. One health GLOBAL. *One Health*, jul 31 2024. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_{1}; Acesso em: 2024-07-31. 33, 37

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* *The Manhattan Principles on "One World, One Health": Addressing the linkages between conservation, human and animal health, and security*. New York, 2004. Disponível em: <https://www.oneworldonehealth.org/WCCresolution2004.pdf>; Acesso em: 2024-08-13. 36, 37

YUE, H.; GEBREMICHAEL, M.; NOURANI, V. Performance of the global forecast system's medium-range precipitation forecasts in the niger river basin using multiple satellite-based products. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 26, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357818118_Performance_of_the_Global_Forecast_System's_medium-range_precipitation_forecasts_in_the_Niger_river_basin_using_multiple_satellite-based_products; Acesso em: 2022-11-11. 52

ZHOU, X.; JUANG, H.-M. H. A model instability issue in the national centers for environmental prediction global forecast system version 16 and potential solutions. *Geoscientific Model Development*, v. 16, 2023. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/articles/16/3263/2023/>; Acesso em: 2024-11-11. 52

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRIMEIROS REGISTROS DE FOCOS DE *Aedes* SP. EM SANTA CATARINA

Tabela 3 – Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2012-01-01	2	BALNEÁRIO CAMBORIÚ
2012-01-01	1	BLUMENAU
2012-01-01	2	BOMBINHAS
2012-01-01	1	CHAPECÓ
2012-01-01	1	FLORIANÓPOLIS
2012-01-01	3	SÃO MIGUEL DO OESTE
2012-01-01	2	TIJUCAS
2012-01-01	1	XANXERÊ
2012-01-08	1	JOINVILLE
2012-01-15	2	ARAQUARI
2012-01-15	1	BRUSQUE
2012-01-15	1	GUARAMIRIM
2012-01-22	1	DIONÍSIO CERQUEIRA
2012-01-29	1	BIGUAÇU
2012-01-29	1	JARAGUÁ DO SUL
2012-01-29	1	SAUDADES
2012-01-29	1	SÃO JOSÉ
2012-02-05	1	SÃO JOÃO DO OESTE
2012-02-12	2	JAGUARUNA
2012-02-12	3	SÃO JOSÉ DO CEDRO
2012-02-19	1	ITAPOÁ
2012-02-26	1	BARRA VELHA
2012-02-26	1	CRICIÚMA
2012-02-26	1	MASSARANDUBA
2012-02-26	1	PALMITOS
2012-03-04	1	ARARANGUÁ
2012-03-04	1	GAROPABA
2012-03-04	1	PALHOÇA
2012-03-04	1	PAULO LOPES
2012-03-11	1	BENEDITO NOVO
2012-03-11	2	CAPIVARI DE BAIXO
2012-03-11	5	CONCÓRDIA

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2012-03-11	1	PORTO UNIÃO
2012-03-11	1	RIO DO SUL
2012-03-11	1	SIDERÓPOLIS
2012-03-11	1	SOMBRIO
2012-03-18	1	LAURENTINO
2012-03-25	1	APIÚNA
2012-03-25	1	CANOINHAS
2012-03-25	2	SÃO FRANCISCO DO SUL
2012-03-25	1	TUBARÃO
2012-04-01	1	NAVEGANTES
2012-04-01	14	PINHALZINHO
2012-04-15	1	PIRATUBA
2012-04-22	1	GARUVA
2012-04-22	1	POMERODE
2012-05-06	1	XAXIM
2012-05-20	1	PORTO BELO
2012-05-20	1	SÃO BENTO DO SUL
2012-05-27	1	GASPAR
2012-06-10	1	COCAL DO SUL
2012-06-10	1	ITAPIRANGA
2012-07-15	1	SÃO LOURENÇO DO OESTE
2012-08-12	1	CAMPO ALEGRE
2012-09-02	1	CAIBI
2012-09-02	1	MARAVILHA
2012-09-16	1	BRAÇO DO NORTE
2012-10-07	1	INDAIAL
2012-10-07	1	ITAPEMA
2012-10-28	1	LAGES
2012-11-18	1	IMBITUBA
2012-12-23	1	SÃO DOMINGOS
2012-12-30	10	GUATAMBÚ
2013-01-20	13	BALNEÁRIO PIÇARRAS
2013-01-20	3	CORONEL FREITAS
2013-01-20	1	LAGUNA
2013-01-27	1	CORDILHEIRA ALTA

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2013-01-27	1	ITAJAÍ
2013-02-10	1	RIQUEZA
2013-02-24	1	PRINCESA
2013-02-24	2	SANTA ROSA DO SUL
2013-03-03	1	BELMONTE
2013-03-03	1	CAÇADOR
2013-03-17	1	ITUPORANGA
2013-03-17	3	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ
2013-04-14	1	IMARUÍ
2013-04-14	1	MONDAÍ
2013-04-14	1	NOVA ERECHIM
2013-05-05	1	ÁGUAS DE CHAPECÓ
2013-05-19	1	ANTÔNIO CARLOS
2013-05-26	1	QUILOMBO
2013-06-02	1	GUARACIABA
2013-06-02	1	IRANI
2013-06-02	1	VIDEIRA
2013-06-16	1	SÃO JOÃO BATISTA
2013-06-30	1	FORMOSA DO SUL
2013-06-30	1	RIO NEGRINHO
2013-06-30	1	SÃO LUDGERO
2013-07-28	1	DESCANSO
2013-07-28	1	JOAÇABA
2013-09-29	1	CAMBORIÚ
2013-09-29	1	CORUPÁ
2013-09-29	1	MAFRA
2013-10-06	1	IBIRAMA
2013-10-06	1	ITÁ
2013-10-06	1	PARAÍSO
2013-11-03	1	CAPÃO ALTO
2013-11-24	1	ORLEANS
2013-12-29	3	CATANDUVAS
2013-12-29	1	GUARUJÁ DO SUL
2013-12-29	1	RIO DO OESTE
2014-01-05	1	IPUAÇU

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2014-01-12	1	GRAVATAL
2014-01-19	5	IÇARA
2014-02-09	1	PENHA
2014-02-16	1	GOVERNADOR CELSO RAMOS
2014-02-16	1	PASSO DE TORRES
2014-02-16	1	TIMBÓ
2014-03-02	1	SALTINHO
2014-03-09	1	CAMPO ERÊ
2014-03-09	2	LUZERNA
2014-03-09	1	SERRA ALTA
2014-03-23	1	TREZE TÍLIAS
2014-04-06	2	CUNHATAÍ
2014-04-06	2	IRATI
2014-04-06	2	SUL BRASIL
2014-04-13	1	NOVA TRENTO
2014-04-13	1	SÃO CARLOS
2014-04-20	1	ENTRE RIOS
2014-04-20	1	SCHROEDER
2014-04-27	1	VARGEM BONITA
2014-05-11	2	CUNHA PORÃ
2014-05-11	1	TRÊS BARRAS
2014-05-18	1	ÁGUAS MORNAS
2014-05-25	3	UNIÃO DO OESTE
2014-08-10	2	CAPINZAL
2014-08-10	3	FORQUILHINHA
2014-08-10	1	SÃO JOÃO DO ITAPERIÚ
2014-08-10	5	TREVISÓ
2014-09-07	1	ARVOREDO
2014-09-07	1	CAXAMBU DO SUL
2014-09-07	1	IBICARÉ
2014-09-07	5	OURO
2014-10-05	1	BOM JESUS
2014-10-12	1	PLANALTO ALEGRE
2014-11-09	4	GUABIRUBA
2014-12-14	1	ARABUTÃ

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2014-12-14	8	BALNEÁRIO BARRA DO SUL
2014-12-14	3	BALNEÁRIO RINCÃO
2014-12-14	3	BOTUVERÁ
2014-12-14	7	ILHOTA
2014-12-14	1	JARDINÓPOLIS
2014-12-14	1	LUIZ ALVES
2014-12-14	4	PERITIBA
2014-12-14	2	PESCARIA BRAVA
2014-12-14	3	SEARA
2014-12-21	10	HERVAL D'OESTE
2014-12-21	1	IBIAM
2014-12-21	1	TANGARÁ
2014-12-28	2	SANTA TEREZINHA DO PROGRESSO
2015-01-04	1	ANCHIETA
2015-01-04	3	NOVA ITABERABA
2015-01-04	1	SÃO BERNARDINO
2015-01-11	1	ARMAZÉM
2015-01-18	1	CAMPOS NOVOS
2015-01-25	1	CORONEL MARTINS
2015-02-01	1	ABELARDO LUZ
2015-02-08	1	JUPIÁ
2015-02-15	1	XAVANTINA
2015-03-01	1	PALMA SOLA
2015-03-29	1	LONTRAS
2015-04-12	2	BOM JESUS DO OESTE
2015-04-12	2	NOVO HORIZONTE
2015-04-19	1	NOVA VENEZA
2015-04-26	2	GALVÃO
2015-04-26	1	SÃO MARTINHO
2015-05-03	1	FLOR DO SERTÃO
2015-05-10	1	SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA
2015-05-31	1	IRINEÓPOLIS
2015-12-13	2	MODELO
2016-01-03	1	IPUMIRIM
2016-01-03	1	PASSOS MAIA

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2016-01-17	1	RIO DOS CEDROS
2016-01-24	1	SANGÃO
2016-02-14	1	IRACEMINHA
2016-02-14	1	OURO VERDE
2016-02-21	1	TUNÁPOLIS
2016-03-13	1	BANDEIRANTE
2016-03-13	3	CORREIA PINTO
2016-03-13	2	SÃO MIGUEL DA BOA VISTA
2016-03-20	1	ROMELÂNDIA
2016-03-20	1	ÁGUA DOCE
2016-04-10	1	CURITIBANOS
2016-05-08	1	PRESIDENTE GETÚLIO
2016-06-05	1	MORRO DA FUMAÇA
2016-10-02	1	TURVO
2016-10-30	1	ASCURRA
2016-11-06	1	AGROLÂNDIA
2016-11-20	1	MARACAJÁ
2016-11-27	1	FRAIBURGO
2016-11-27	1	SALETE
2016-12-18	1	ÁGUAS FRIAS
2017-01-01	1	MELEIRO
2017-03-05	1	PAINEL
2017-03-12	1	TIGRINHOS
2017-03-19	5	IPORÃ DO OESTE
2017-04-16	1	AGRONÔMICA
2017-04-30	1	SANTIAGO DO SUL
2017-05-21	1	LAJEADO GRANDE
2017-06-18	1	SÃO JOÃO DO SUL
2017-07-09	1	ALTO BELA VISTA
2017-07-30	1	MONTE CASTELO
2017-07-30	1	VARGEÃO
2017-12-31	3	FAXINAL DOS GUEDES
2018-01-07	1	BALNEÁRIO GAIVOTA
2018-01-21	1	LINDÓIA DO SUL
2018-01-28	1	BARRA BONITA

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2018-03-25	1	BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA
2018-03-25	1	GRÃO-PARÁ
2018-05-13	6	PONTE SERRADA
2018-06-10	1	JACINTO MACHADO
2018-07-01	1	PAIAL
2018-11-11	1	LACERDÓPOLIS
2019-01-06	3	MAREMA
2019-01-13	1	LAURO MÜLLER
2019-01-13	2	PONTE ALTA DO NORTE
2019-01-13	3	SANTA HELENA
2019-01-20	1	SÃO CRISTÓVÃO DO SUL
2019-01-20	1	WITMARSUM
2019-02-10	1	POUSO REDONDO
2019-02-10	1	SALTO VELOSO
2019-02-17	1	IPIRA
2019-03-03	1	TAIÓ
2019-03-24	3	PAPANDUVA
2019-06-30	1	BRAÇO DO TROMBUDO
2019-10-20	1	PRAIA GRANDE
2019-11-24	1	URUSSANGA
2020-01-26	1	PETROLÂNDIA
2020-02-09	1	ZORTÉA
2020-02-16	1	RODEIO
2020-03-15	1	AURORA
2020-04-12	1	JOSÉ BOITEUX
2020-04-19	1	CANELINHA
2020-04-26	1	TROMBUDO CENTRAL
2020-05-03	1	ANGELINA
2020-05-03	1	MACIEIRA
2020-05-03	1	SÃO BONIFÁCIO
2020-06-14	1	MAJOR GERCINO
2020-08-16	1	TREZE DE MAIO
2021-01-03	1	JABORÁ
2021-01-10	1	ATALANTA
2021-01-10	1	ERVAL VELHO

Continua na próxima página

Tabela 3 – (Continuação) Primeiros registros de focos de *Aedes* sp. em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2021-01-10	1	PRESIDENTE NEREU
2021-01-17	1	ERMO
2021-01-24	1	ITAIÓPOLIS
2021-02-21	1	RIO DAS ANTAS
2021-02-28	1	RIO DO CAMPO
2021-03-14	1	LEBON RÉGIS
2021-03-14	2	MAJOR VIEIRA
2021-05-09	1	CELSO RAMOS
2021-08-08	1	ARROIO TRINTA
2021-09-12	1	VIDAL RAMOS
2021-10-31	1	MORRO GRANDE
2021-11-28	1	MIRIM DOCE
2022-01-09	5	IOMERÊ
2022-01-16	1	DONA EMMA
2022-01-23	1	PINHEIRO PRETO
2022-01-30	1	DOUTOR PEDRINHO
2022-02-27	1	SÃO JOSÉ DO CERRITO
2022-03-13	1	BOCAINA DO SUL
2022-03-13	2	IMBUIA
2022-03-13	2	PRESIDENTE CASTELLO BRANCO
2022-03-20	1	BOM RETIRO
2022-07-31	1	MATOS COSTA
2023-02-26	1	SANTA TEREZINHA
2023-03-19	1	ANITÁPOLIS
2023-03-26	1	SANTA CECÍLIA
2023-05-14	5	ABDON BATISTA
2023-11-12	1	PEDRAS GRANDES

Finalização da tabela

APÊNDICE B – PRIMEIROS REGISTROS DE CASOS DE DENGUE EM SANTA CATARINA (A PARTIR DE 2014)

Tabela 4 – Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2014-04-13	1	RIO DO SUL
2014-05-18	1	MORRO DA FUMAÇA
2014-06-01	1	MASSARANDUBA
2014-07-06	1	ITAJAÍ
2014-12-21	1	MARAVILHA
2015-02-15	1	BLUMENAU
2015-03-01	1	JOINVILLE
2015-03-08	1	ARAQUARI
2015-03-08	2	BALNEÁRIO CAMBORIÚ
2015-03-22	1	CAÇADOR
2015-03-22	4	ITAPEMA
2015-03-22	5	CHAPECÓ
2015-04-05	1	MAJOR GERCINO
2015-04-12	1	CORUPÁ
2015-04-19	1	BOMBINHAS
2015-04-19	1	TUBARÃO
2015-04-26	1	CORDILHEIRA ALTA
2015-04-26	1	SÃO MIGUEL DO OESTE
2015-05-24	1	CANOINHAS
2015-06-07	1	GUARACIABA
2015-11-29	1	BOM JESUS DO OESTE
2015-11-29	2	PINHALZINHO
2015-12-06	1	MODELO
2015-12-27	1	GAROPABA
2015-12-27	1	INDAIAL
2016-01-10	1	BOM JESUS
2016-01-17	2	CORONEL FREITAS
2016-01-17	1	SÃO JOSÉ DO CEDRO
2016-01-24	1	ITAPOÁ
2016-01-24	1	SÃO LOURENÇO DO OESTE
2016-01-24	1	CAIBI

Continua na próxima página

Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2016-01-24	1	SERRA ALTA
2016-01-31	2	DESCANSO
2016-02-07	1	FLORIANÓPOLIS
2016-02-14	2	SAUDADES
2016-02-21	1	XANXERÊ
2016-03-06	1	GUATAMBÚ
2016-03-13	2	BRUSQUE
2016-03-13	3	PALMITOS
2016-04-03	2	UNIÃO DO OESTE
2016-04-17	2	NOVA ITABERABA
2016-05-01	1	QUILOMBO
2016-11-13	1	SÃO JOÃO BATISTA
2017-12-03	1	SOMBRIÓ
2018-05-14	1	CAMBORIÚ
2018-09-24	1	LAGUNA
2019-02-03	1	CUNHA PORÃ
2019-03-03	1	PORTO BELO
2019-03-17	1	NAVEGANTES
2019-04-14	1	RIQUEZA
2019-06-09	1	BALNEÁRIO PIÇARRAS
2020-01-12	1	JARAGUÁ DO SUL
2020-02-02	1	GASPAR
2020-02-09	1	ÁGUAS DE CHAPECÓ
2020-02-16	1	PENHA
2020-02-23	1	SÃO CARLOS
2020-03-01	2	TIJUCAS
2020-03-01	2	SÃO JOSÉ
2020-03-08	1	ANCHIETA
2020-03-08	1	DIONÍSIO CERQUEIRA
2020-03-22	1	SÃO FRANCISCO DO SUL
2020-03-29	3	PALMA SOLA
2020-03-29	1	FORMOSA DO SUL
2020-03-29	2	XAXIM
2020-04-05	1	NOVA ERECHIM
2020-04-05	3	IPUAÇU

Continua na próxima página

Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2020-04-12	1	ITAPIRANGA
2020-04-26	1	IRATI
2020-04-26	1	GUARUJÁ DO SUL
2020-05-10	2	ABELARDO LUZ
2020-05-24	1	ENTRE RIOS
2020-06-07	3	MONDAÍ
2020-06-21	1	SANTA TEREZINHA DO PROGRESSO
2020-11-29	1	CAMPO ERÊ
2021-01-31	1	CONCÓRDIA
2021-02-14	1	IPORÃ DO OESTE
2021-02-14	1	BALNEÁRIO BARRA DO SUL
2021-03-14	2	SEARA
2021-03-14	1	SANTA HELENA
2021-03-14	1	CAMPO ALEGRE
2021-03-28	1	BARRA VELHA
2021-04-04	1	PALHOÇA
2021-04-04	2	TUNÁPOLIS
2021-04-18	3	GARUVA
2021-04-18	1	FLOR DO SERTÃO
2021-04-18	1	ITÁ
2021-04-25	1	ILHOTA
2021-05-09	1	GUARAMIRIM
2021-05-09	1	BELMONTE
2021-06-27	1	SÃO BERNARDINO
2022-01-30	1	ROMELÂNDIA
2022-02-06	1	IPUMIRIM
2022-02-20	1	SANTIAGO DO SUL
2022-02-20	1	ALTO BELA VISTA
2022-02-27	1	PRINCESA
2022-02-27	1	PLANALTO ALEGRE
2022-02-27	3	IRACEMINHA
2022-02-27	2	SÃO MIGUEL DA BOA VISTA
2022-02-27	1	CAXAMBU DO SUL
2022-02-27	1	GUABIRUBA
2022-03-06	3	ASCURRA

Continua na próxima página

Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2022-03-06	4	SÃO JOÃO DO OESTE
2022-03-06	1	LINDÓIA DO SUL
2022-03-06	1	FAXINAL DOS GUEDES
2022-03-06	1	TIGRINHOS
2022-03-06	1	VARGEÃO
2022-03-06	1	PERITIBA
2022-03-13	1	SALTINHO
2022-03-13	1	PONTE SERRADA
2022-03-13	1	XAVANTINA
2022-03-20	3	PIRATUBA
2022-03-20	2	CUNHATAÍ
2022-03-20	2	PARAÍSO
2022-03-20	2	RODEIO
2022-03-27	1	NOVA TRENTO
2022-03-27	1	LAJEADO GRANDE
2022-03-27	1	IMBITUBA
2022-03-27	3	BARRA BONITA
2022-03-27	1	OURO VERDE
2022-03-27	1	MAREMA
2022-03-27	1	SÃO DOMINGOS
2022-03-27	5	ÁGUAS FRIAS
2022-03-27	1	TIMBÓ
2022-04-03	1	SUL BRASIL
2022-04-03	1	IPIRA
2022-04-10	1	BRAÇO DO NORTE
2022-04-10	1	IRANI
2022-04-10	1	JOAÇABA
2022-04-10	1	POMERODE
2022-04-10	2	GALVÃO
2022-04-10	2	IÇARA
2022-04-10	1	CRICIÚMA
2022-04-10	1	BIGUAÇU
2022-04-17	1	BANDEIRANTE
2022-04-17	1	APIÚNA
2022-04-24	1	CANELINHA

Continua na próxima página

Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2022-05-01	1	NOVA VENEZA
2022-05-01	1	BOTUVERÁ
2022-05-01	1	URUBICI
2022-05-01	2	LAURENTINO
2022-05-01	1	PAIAL
2022-05-08	1	JARDINÓPOLIS
2022-05-08	1	URUSSANGA
2022-05-08	1	ARABUTÃ
2022-05-08	1	POUSO REDONDO
2022-05-08	1	GOVERNADOR CELSO RAMOS
2022-05-15	1	COCAL DO SUL
2022-05-22	1	SCHROEDER
2022-05-29	1	IBICARÉ
2022-06-12	1	CATANDUVAS
2022-12-18	1	RANCHO QUEIMADO
2023-01-22	1	DOUTOR PEDRINHO
2023-02-19	1	RIO DOS CEDROS
2023-02-26	1	PASSO DE TORRES
2023-03-05	1	SÃO LUDGERO
2023-03-05	3	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ
2023-03-12	1	LUZERNA
2023-03-19	1	PAULO LOPES
2023-03-26	1	SÃO JOÃO DO ITAPERIÚ
2023-03-26	1	ÁGUAS MORNAS
2023-04-02	1	LAURO MÜLLER
2023-04-09	1	ANTÔNIO CARLOS
2023-04-09	1	FORQUILHINHA
2023-04-09	1	MAFRA
2023-04-16	1	SANTA TEREZINHA
2023-04-16	1	GRAVATAL
2023-04-16	1	PAPANDUVA
2023-04-23	1	HERVAL D'OESTE
2023-04-30	1	SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA
2023-04-30	2	PRESIDENTE GETÚLIO
2023-04-30	1	ANITÁPOLIS

Continua na próxima página

Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2023-05-07	1	LEOBERTO LEAL
2023-05-14	1	ALFREDO WAGNER
2023-05-21	1	ITUPORANGA
2023-06-04	1	SÃO BENTO DO SUL
2023-06-11	1	SALETE
2023-07-09	1	ORLEANS
2023-11-05	1	SÃO BONIFÁCIO
2023-12-31	1	SÃO CRISTÓVÃO DO SUL
2024-01-14	2	CORONEL MARTINS
2024-01-21	1	IBIRAMA
2024-01-21	1	CAPINZAL
2024-01-28	1	RIO NEGRINHO
2024-01-28	1	TROMBUDO CENTRAL
2024-02-11	1	LAGES
2024-02-18	1	TREZE TÍLIAS
2024-02-18	1	TAIÓ
2024-02-25	1	CAMPOS NOVOS
2024-02-25	1	NOVO HORIZONTE
2024-02-25	1	FRAIBURGO
2024-02-25	1	PASSOS MAIA
2024-02-25	1	ARARANGUÁ
2024-03-03	1	CURITIBANOS
2024-03-03	2	VIDEIRA
2024-03-10	1	BALNEÁRIO RINCÃO
2024-03-10	1	IMBUIA
2024-03-10	1	JAGUARUNA
2024-03-10	1	PORTO UNIÃO
2024-03-10	1	ARROIO TRINTA
2024-03-17	2	LUIZ ALVES
2024-03-17	1	CORREIA PINTO
2024-03-17	1	GRÃO PARÁ
2024-03-17	1	ARVOREDO
2024-03-17	1	CAPIVARI DE BAIXO
2024-03-24	1	LONTRAS
2024-03-24	1	JUPIÁ

Continua na próxima página

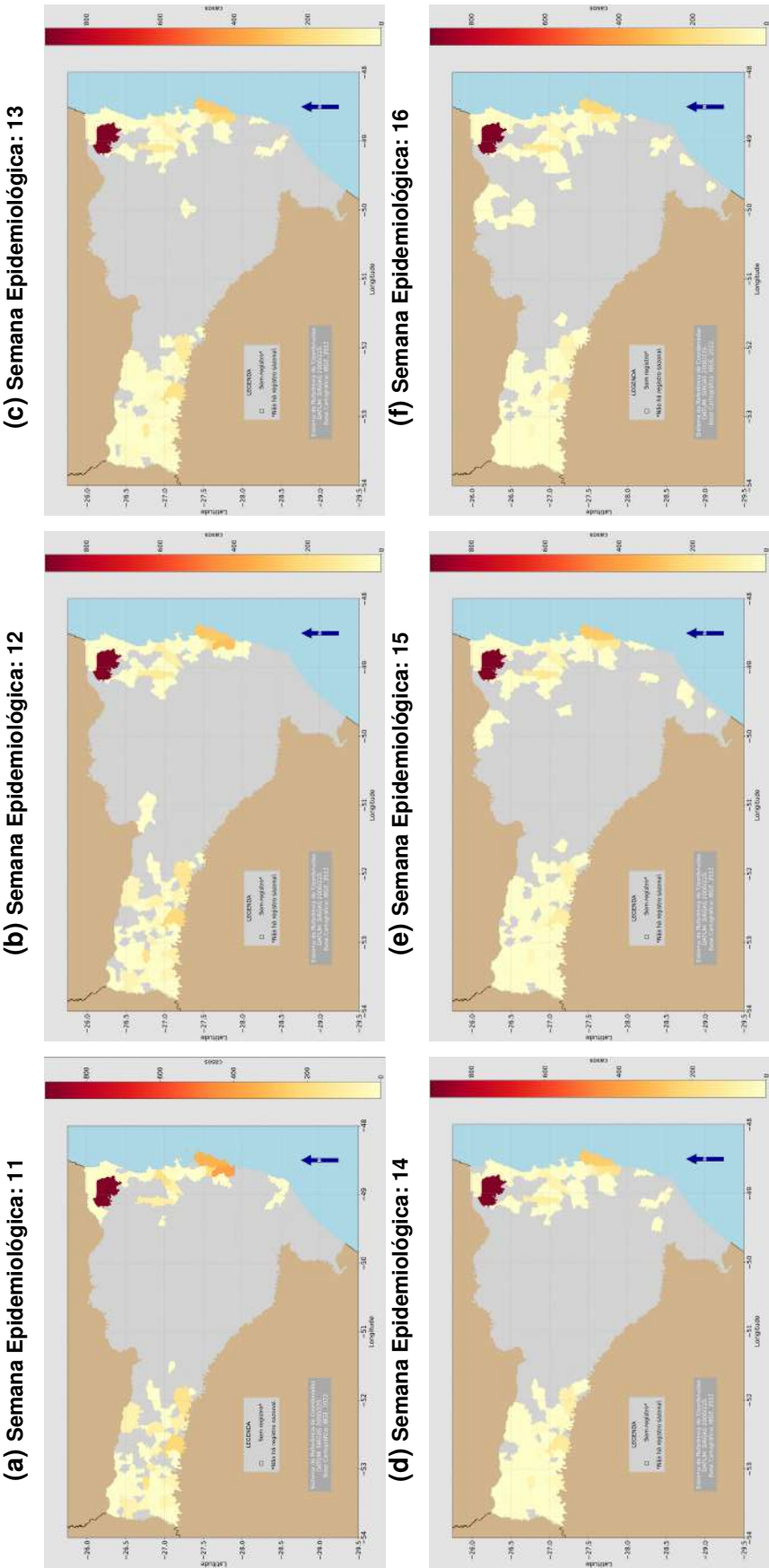
Tabela 4 – (Continuação) Primeiros registros de casos de dengue em municípios catarinenses.

Semana	Casos	Município
2024-03-24	1	ERVAL VELHO
2024-03-24	1	CAPÃO ALTO
2024-03-24	1	MARACAJÁ
2024-03-31	1	AURORA
2024-03-31	1	SALTO VELOSO
2024-03-31	1	IMARUÍ
2024-03-31	2	OURO
2024-03-31	1	RIO DO OESTE
2024-03-31	2	ZORTÉA
2024-04-07	1	ÁGUA DOCE
2024-04-07	1	ABDON BATISTA
2024-04-07	2	JABORÁ
2024-04-07	1	VARGEM BONITA
2024-04-07	1	BENEDITO NOVO
2024-04-14	1	VIDAL RAMOS
2024-04-14	1	TANGARÁ
2024-04-14	1	CELSO RAMOS
2024-04-14	1	IOMERÊ
2024-04-28	1	JOSÉ BOITEUX
2024-04-28	3	BALNEÁRIO GAIVOTA
2024-05-05	1	BOM JARDIM DA SERRA
2024-05-05	2	IRINEÓPOLIS
2024-05-12	2	LACERDÓPOLIS
2024-05-12	1	PONTE ALTA
2024-05-19	1	PRESIDENTE NEREU

Finalização da tabela

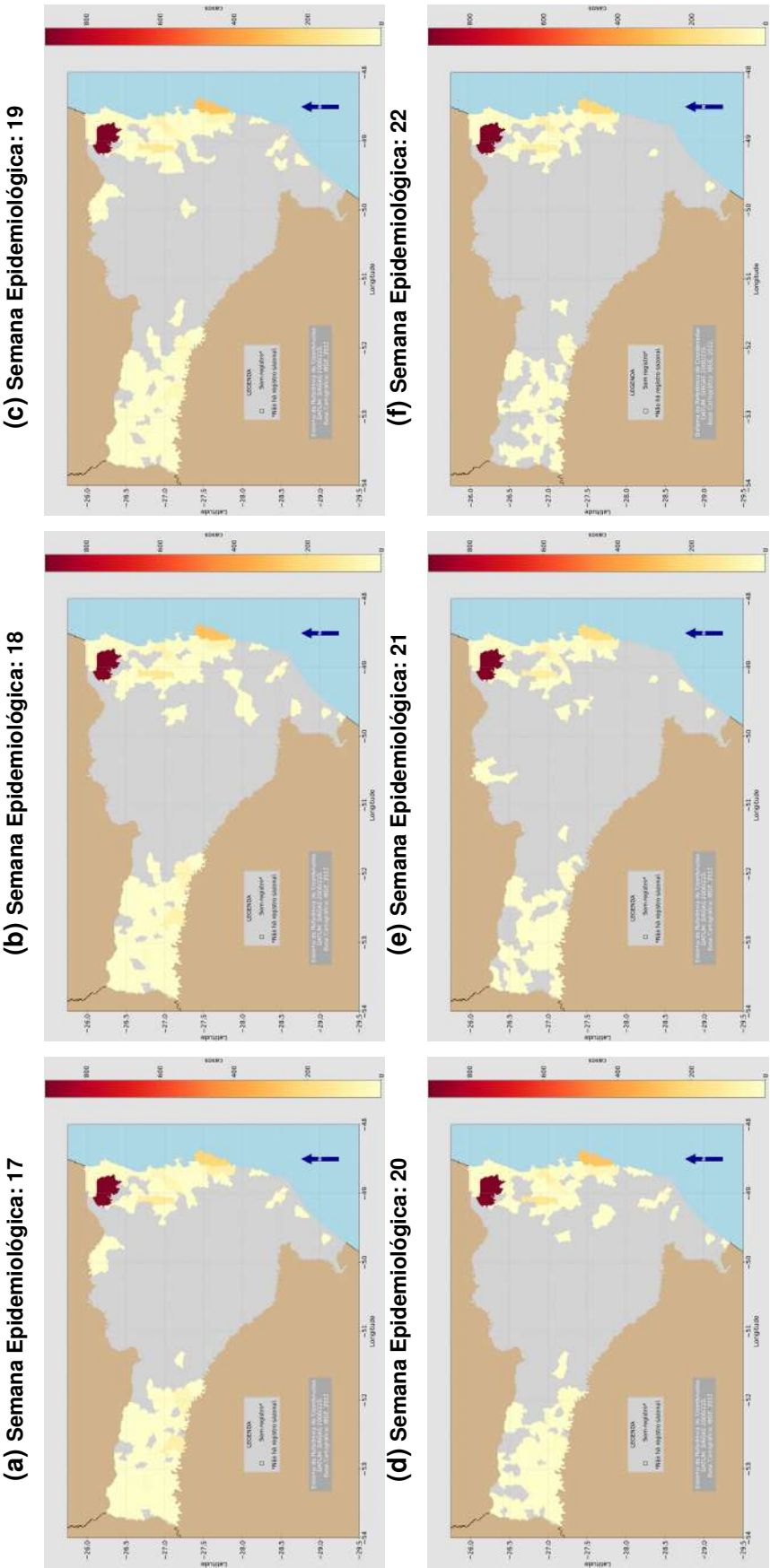
**APÊNDICE C – DISTRIBUIÇÃO DE SAZONALIDADES EM SANTA CATARINA POR
MAPAS TEMÁTICOS**

Figura 36 – Distribuições de sazonalidade de casos de dengue em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão).



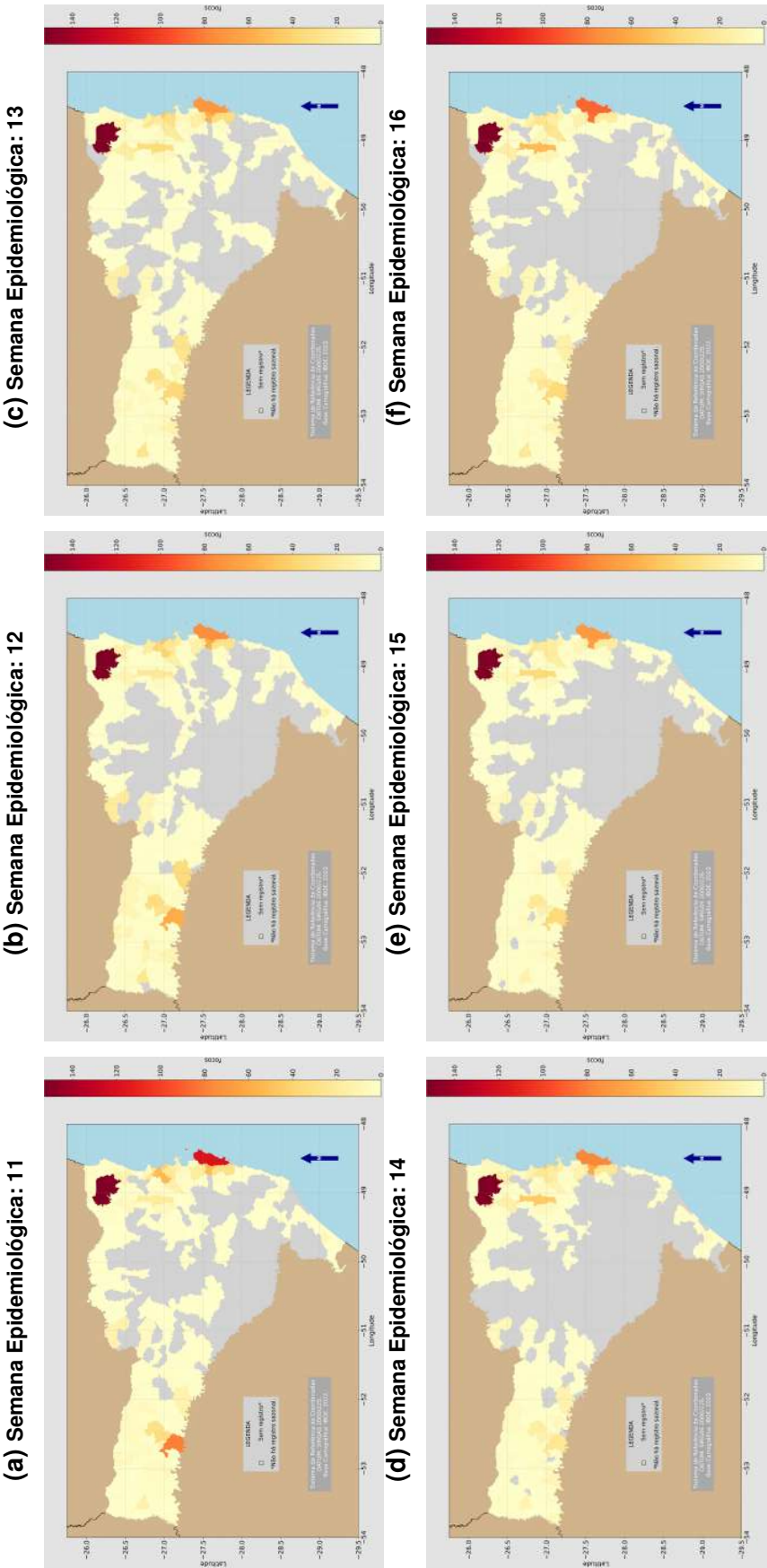
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 37 – Distribuições de sazonalidade de casos de dengue em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descensão).



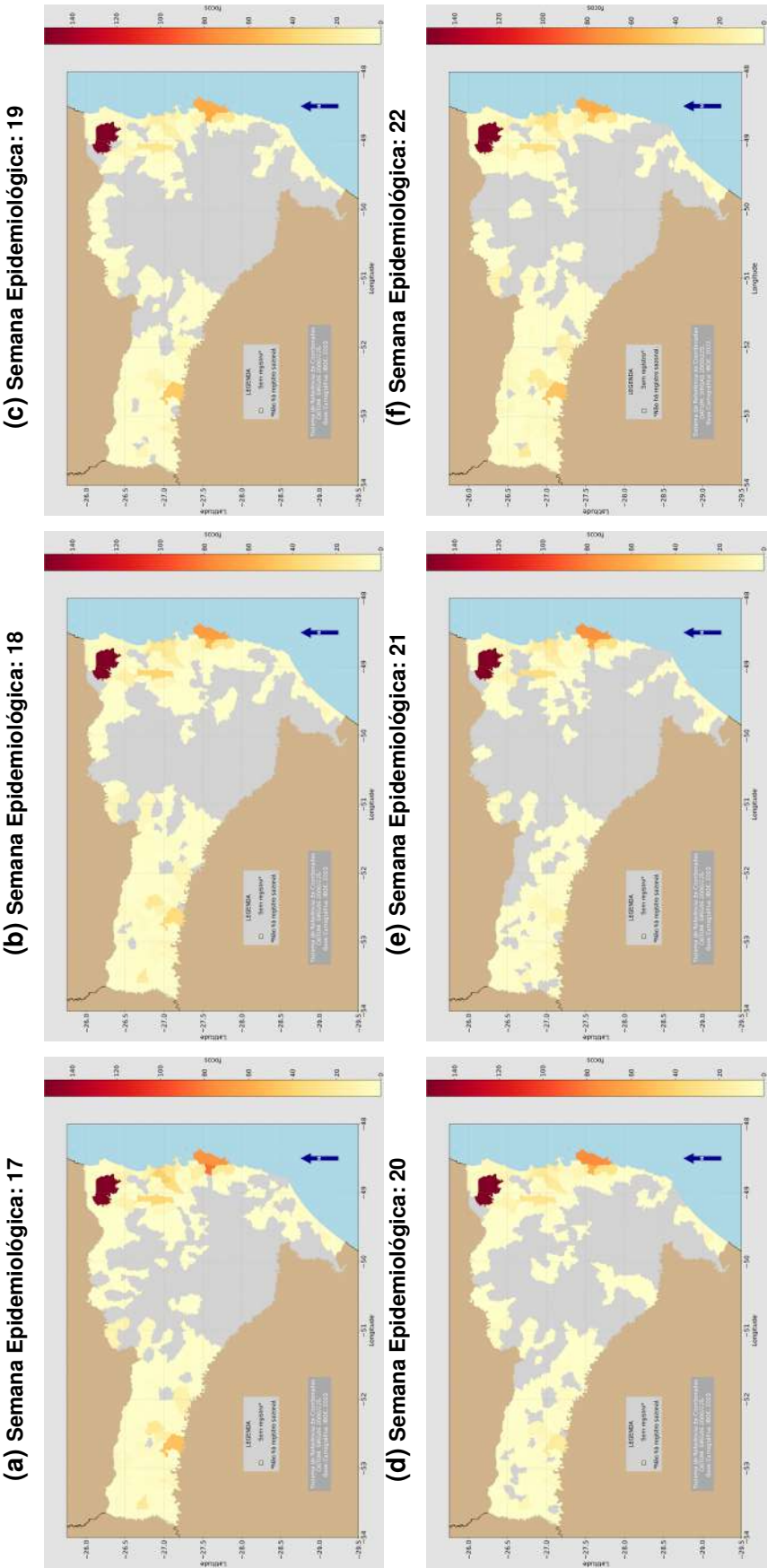
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 38 – Distribuições de sazonalidade de focos de *Aedes* sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).



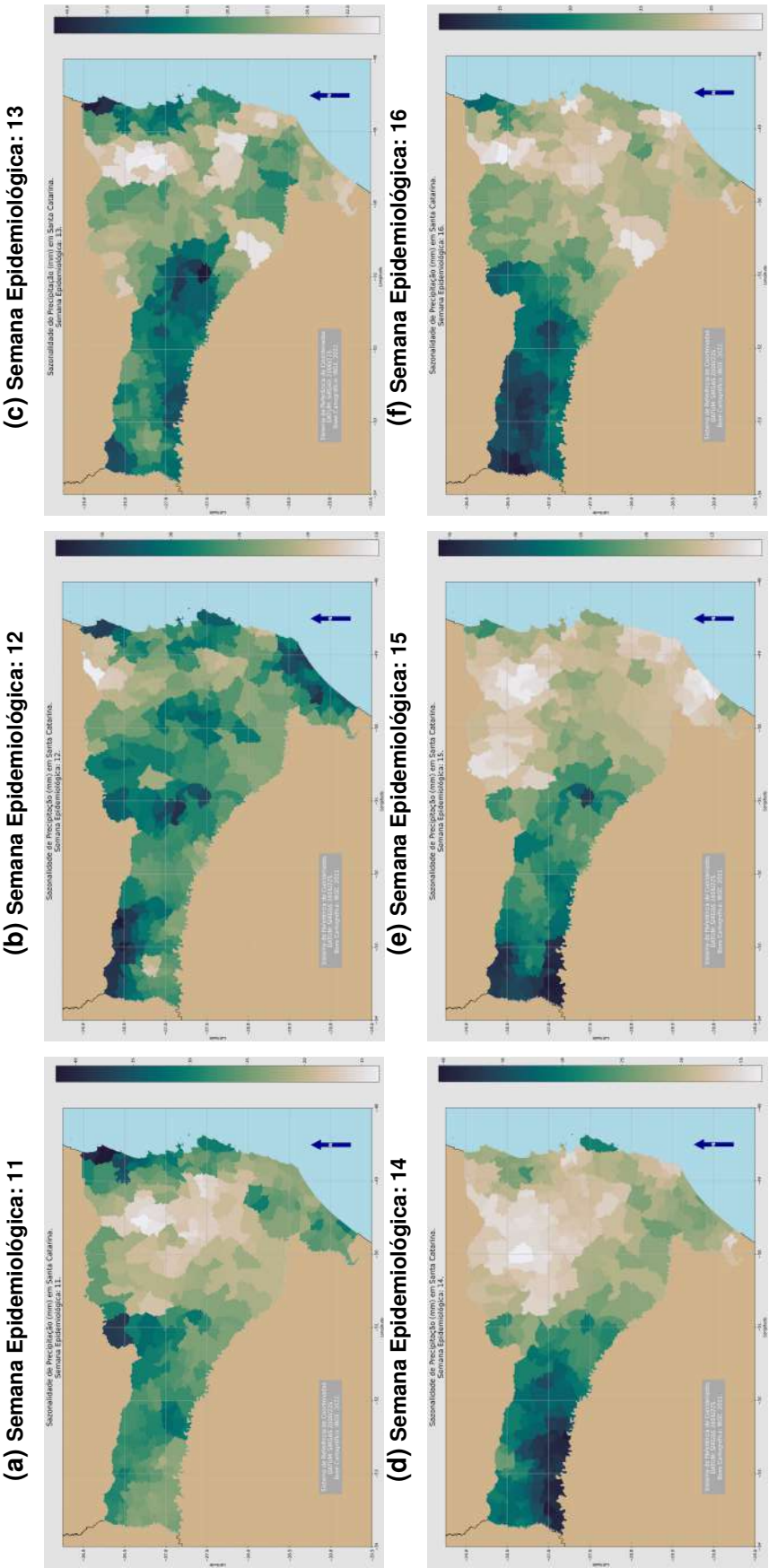
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 39 – Distribuições de sazonalidade de focos de *Aedes* sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).



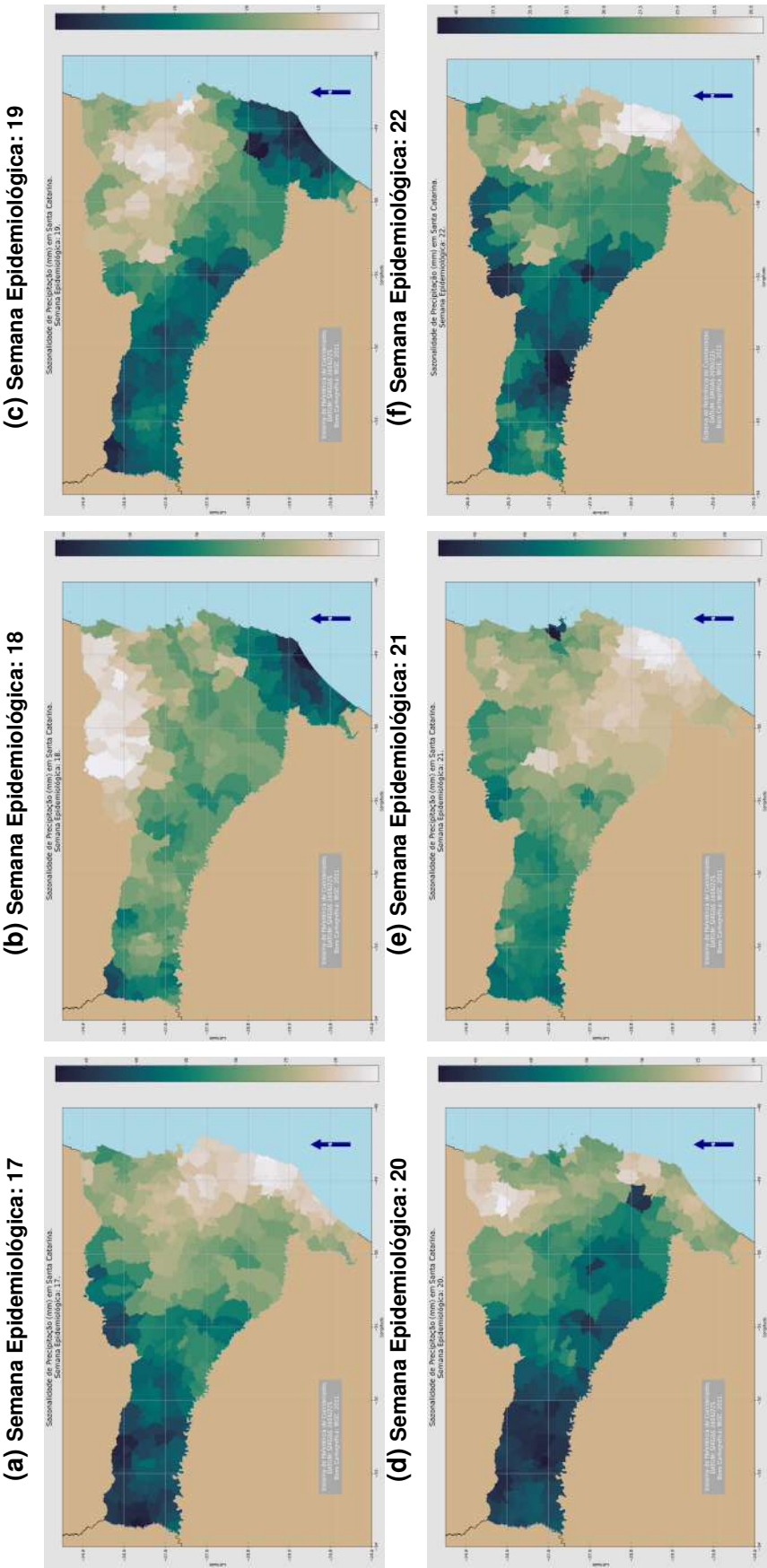
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 40 – Distribuições de sazonalidade de precipitação (mm) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).



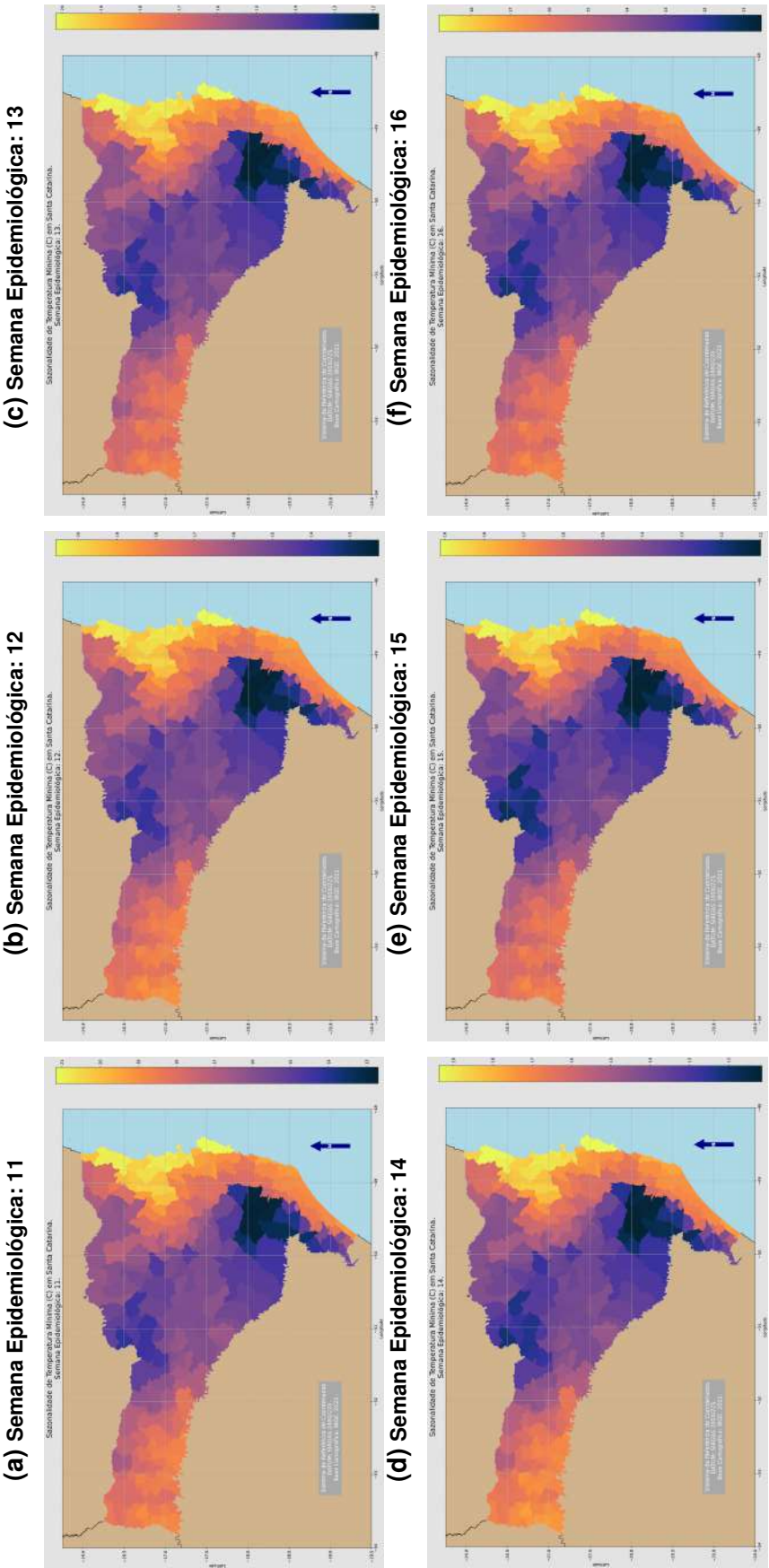
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 41 – Distribuições de sazonalidade de precipitação (mm) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).



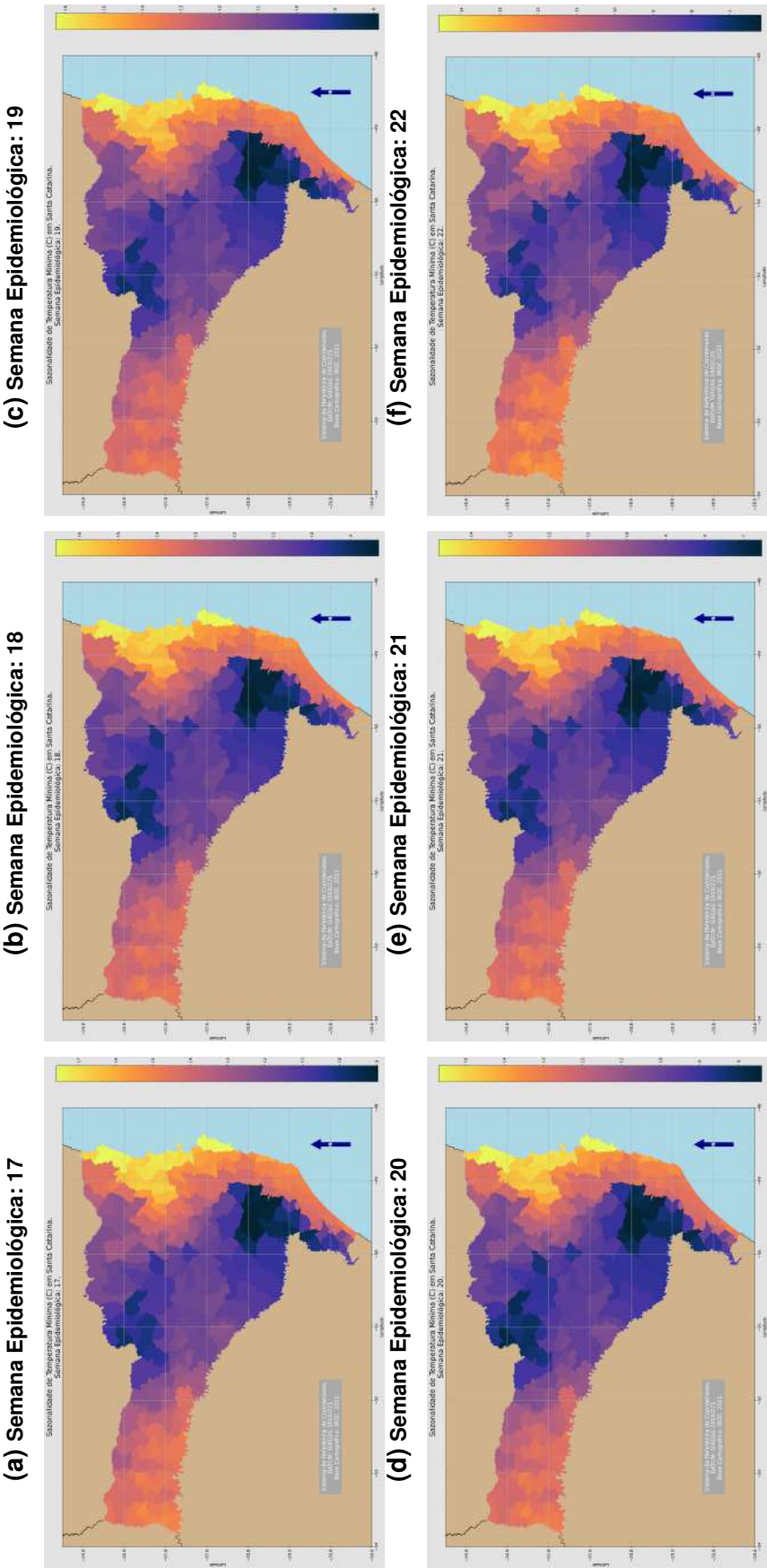
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 42 – Distribuições de sazonalidade de temperatura mínima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).



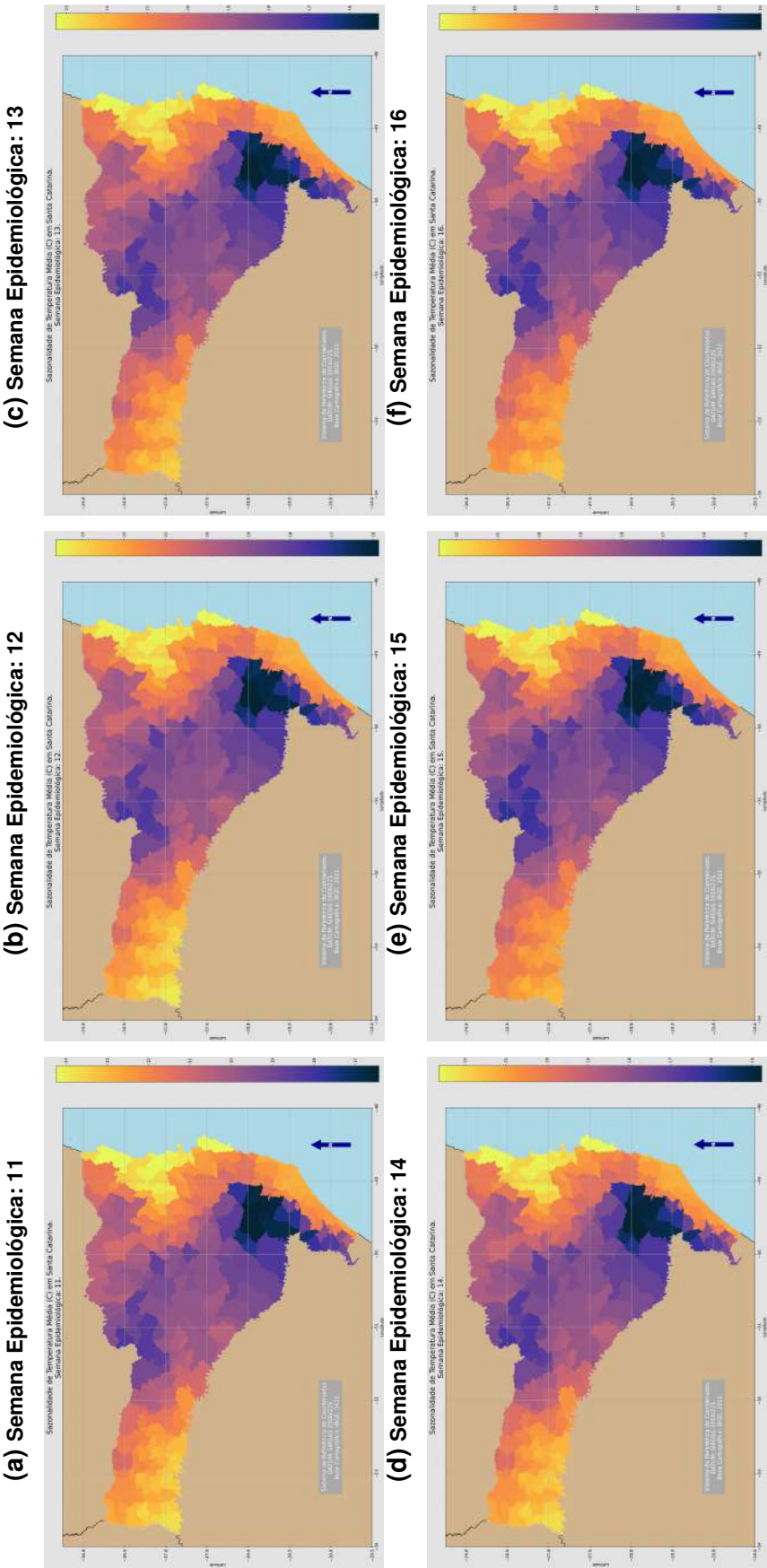
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 43 – Distribuições de sazonalidade de temperatura mínima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).



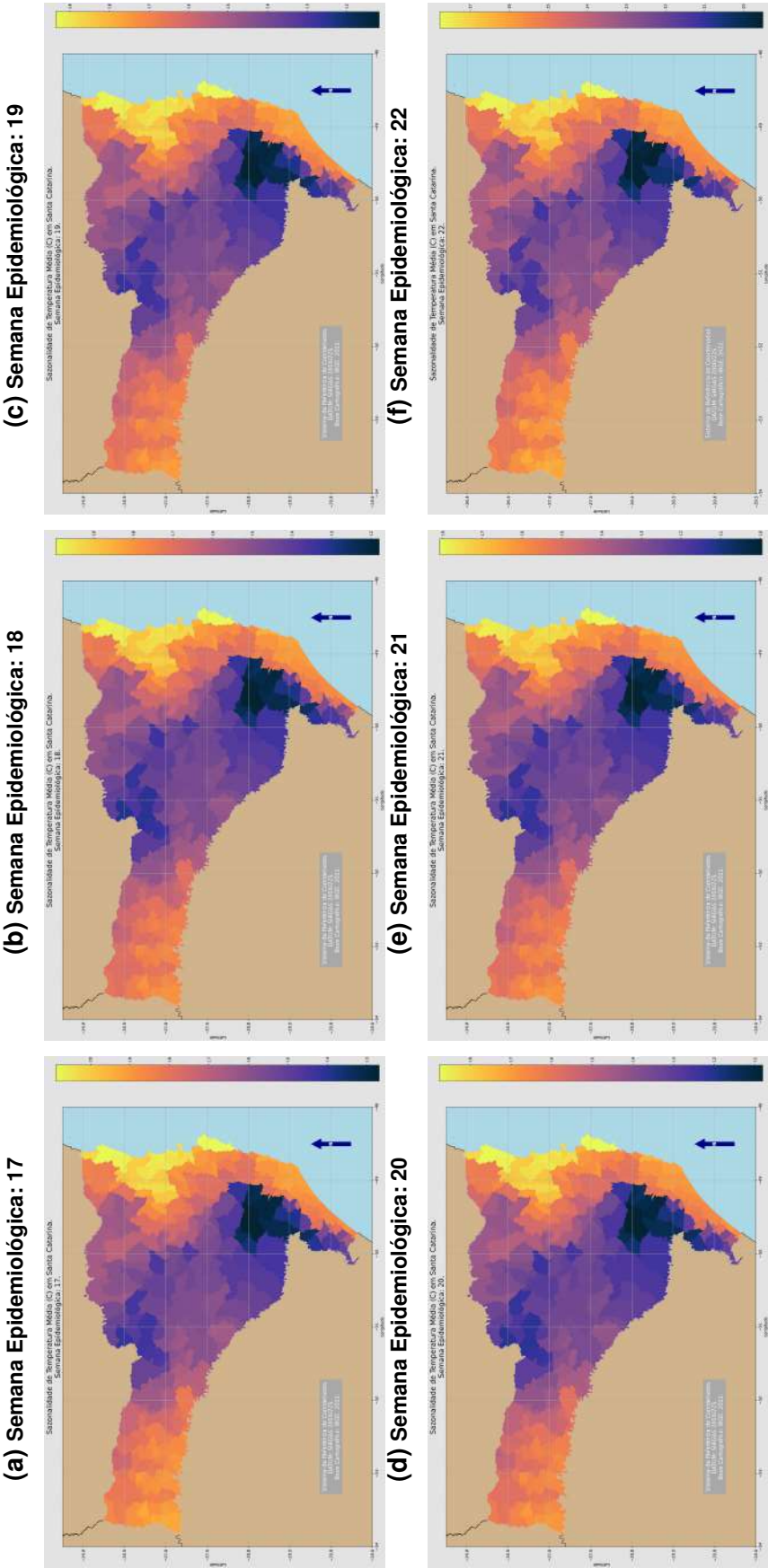
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 44 – Distribuições de sazonalidade de temperatura média (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).



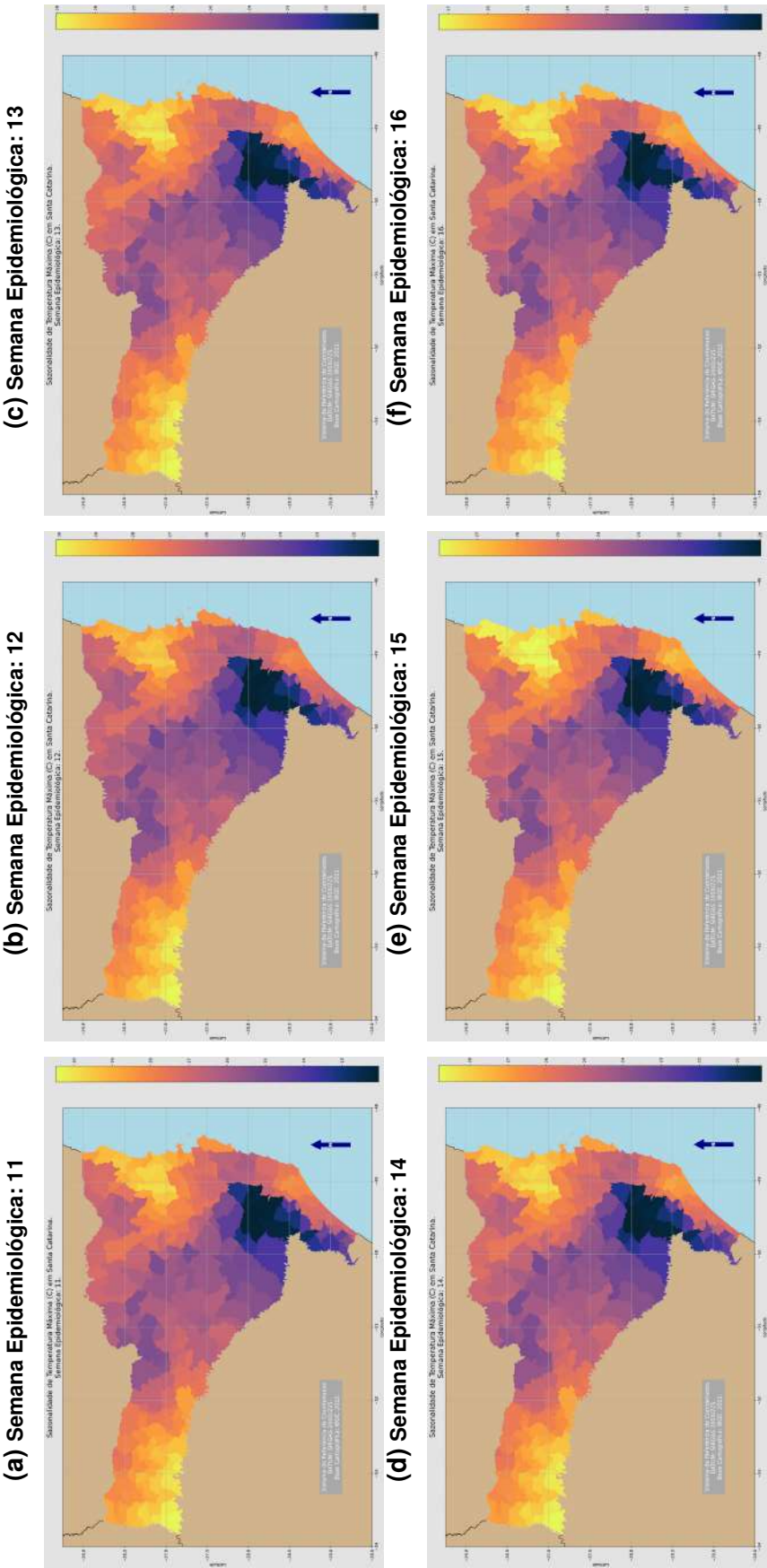
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 45 – Distribuições de sazonalidade de temperatura média (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).



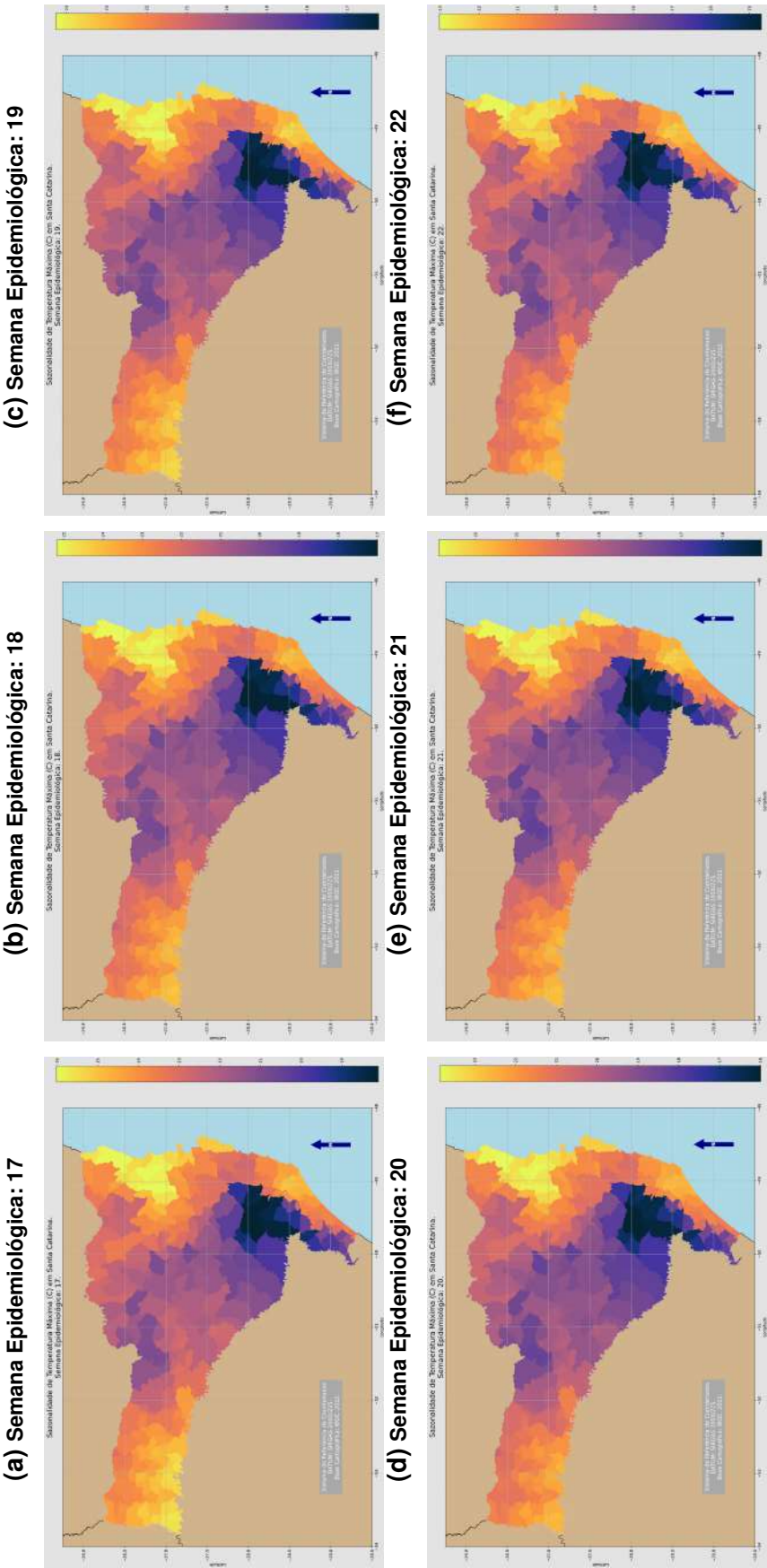
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 46 – Distribuições de sazonalidade de temperatura máxima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de ascensão de casos de dengue).



Fonte: Elaboração própria (2024).

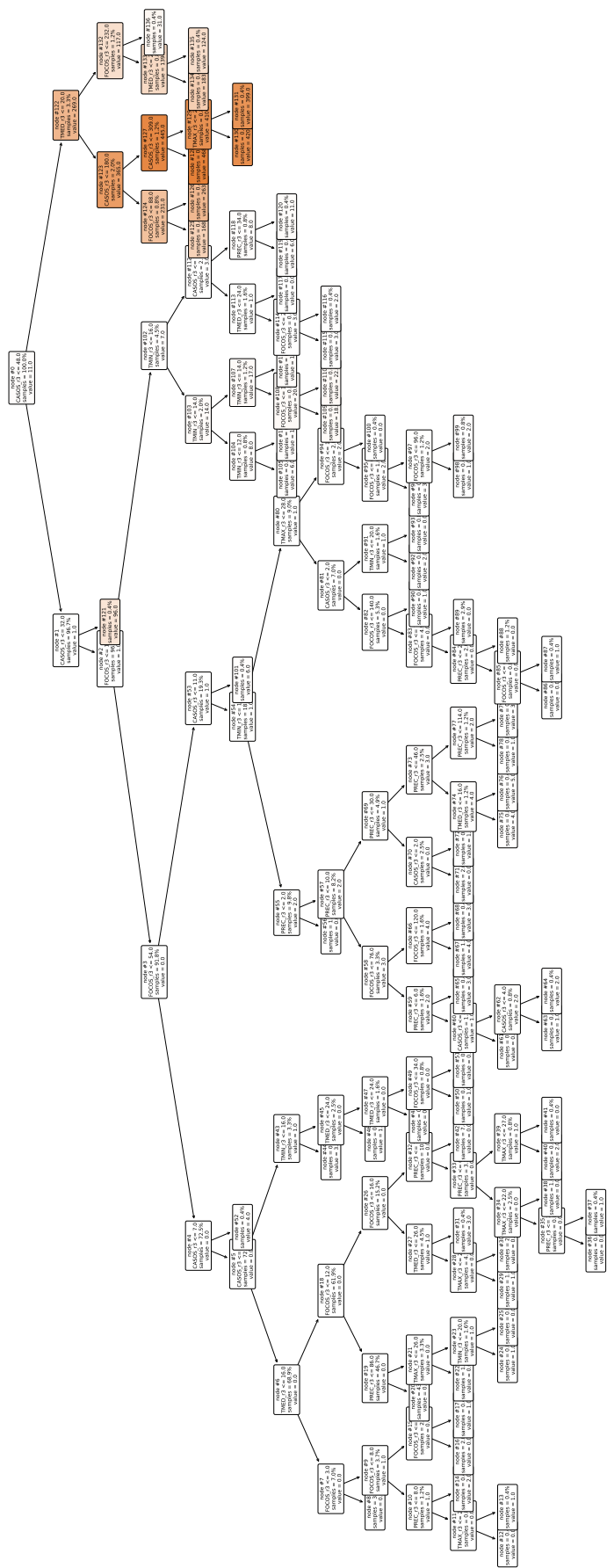
Figura 47 – Distribuições de sazonalidade de temperatura máxima (C) sp. em Santa Catarina durante algumas semanas epidemiológicas (período de descendência de casos de dengue).



Fonte: Elaboração própria (2024).

APÊNDICE D – ÁRVORE DE DECISÃO (EXEMPLO)

Figura 48 – Árvore de Decisão para o modelo Random Forest dos casos de dengue do município de Florianópolis.



Fonte: Elaboração própria (2024).

APÊNDICE E – VISUALIZAÇÃO DA INTERFACE DE LINHA DE COMANDO (*bash*)

Figura 49 – Exibição em tela do resumo das camadas do modelo RNAM.

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
flatten (Flatten)	(None, 20)	0
dense (Dense)	(None, 10)	210
dense_1 (Dense)	(None, 10)	110
dropout (Dropout)	(None, 10)	0
dense_2 (Dense)	(None, 614)	6754

=====

Total params: 7074 (27.63 KB)

Trainable params: 7074 (27.63 KB)

Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)

Fonte: Elaboração própria (2024).