

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA E PARASITOLOGIA
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA

Jéssica Cardoso Silveira

**ANÁLISE DOS FOCOS DE *Aedes aegypti* NO ESTADO DE SANTA CATARINA,
de 2011 a 2020**

Florianópolis

2023

Jéssica Cardoso Silveira

**ANÁLISE DOS FOCOS DE *Aedes aegypti* NO ESTADO DE SANTA CATARINA,
de 2011 a 2020**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas - Licenciatura (Noturno) do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto

Florianópolis

2023

Silveira, Jéssica Cardoso

Análise dos focos de *Aedes aegypti* no estado de Santa Catarina, de 2011 a 2020 / Jéssica Cardoso Silveira ; orientador, Carlos José de Carvalho Pinto, 2023.

52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Biologia. I. Pinto, Carlos José de Carvalho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Jéssica Cardoso Silveira

**ANÁLISE DOS FOCOS DE *Aedes aegypti* NO ESTADO DE SANTA CATARINA,
de 2011 a 2020**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciada e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 26 de junho de 2023.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto
Orientador(a)

Profa. Evelise Maria Nazari, Dra.
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Edmundo Carlos Grisard, Dr.
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

*A Sophie e Laurina, queridas filha e avó que,
com carinho e apoio, foram a motivação
para a conclusão deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Carlos Pinto, por ter sido meu orientador, e ter me dedicado seu tempo, me dando apoio e suporte, com paciência até a finalização deste trabalho.

Aos amigos Diogo, Carlos e Gabriele, pelo acolhimento, incentivo e pelas incontáveis horas de estudos dedicadas a me auxiliar de alguma forma. Vocês tornaram a minha jornada menos árdua e muito mais divertida.

Ao Fábio, pelo auxílio na elaboração deste trabalho. Obrigado por esclarecer inúmeras dúvidas e ser tão gentil e paciente.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento desta pesquisa e também aos que contribuíram de alguma maneira para minha formação.

Finalmente, agradeço às minhas avós, pais, tia e filha que acreditaram em mim e com muito amor, não mediram esforços para que eu chegasse até a conclusão desta etapa da minha vida. Sem eles, este trabalho e muitos dos meus sonhos não se realizariam.

RESUMO

Aedes aegypti é um inseto díptero vetor de diversas doenças, incluindo a dengue. Esta espécie é holometábola, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adultos. A postura dos ovos ocorre preferencialmente em recipientes artificiais, contendo água limpa e assim que o nível da água no reservatório sobe e entra em contato os ovos, eles eclodem em larvas, que se transformam em pupas e dão origem aos adultos. Apenas as fêmeas são hematófagas e, no momento do repasto sanguíneo, repassam os vírus para os seres humanos. A dengue é uma doença febril aguda autolimitada, ocasionada por uma infecção viral sistêmica causada pelo vírus dengue, pertencente ao gênero *Flavivirus*. A dengue pode ser assintomática, mas também apresentar uma gama de manifestações clínicas, podendo levar ao óbito. Atualmente, a dengue é um dos principais problemas de saúde mundial e acomete cerca de 390 milhões de pessoas por ano, principalmente em países tropicais. Sabe-se que o método mais eficaz de combate à dengue é o controle dos vetores, ou seja, do *Ae. aegypti*. O crescimento desordenado das cidades favorece a disseminação dessa espécie, selecionando indivíduos mais aptos e condicionando a expansão da doença. No Brasil, em 2019, foram notificados mais de 1,5 milhões de casos da doença. Em Santa Catarina, 118 municípios foram considerados como infestados pelo mosquito *Ae. aegypti* no final de 2021; nesse mesmo ano, 19.133 casos de dengue foram registrados no estado e quatro municípios relataram epidemia. Desse modo, o presente estudo analisou a distribuição de focos do *Ae. aegypti* encontrados no estado de Santa Catarina, com o objetivo de relacionar os focos de *Ae. aegypti* e casos de dengue nas mesorregiões do Estado, com fatores geográficos e aspectos ambientais, entre 2011 e 2020. As mesorregiões Oeste, Leste e Norte, com maiores índices de precipitação e o Vale do Itajaí apresentam maior número de focos do mosquito, além disso, os municípios que não têm a presença de *Ae. aegypti* estão localizadas nos locais mais altos do estado, com temperaturas médias anuais abaixo da temperatura ótima de desenvolvimento do mosquito. Observou-se um aumento significativo no número de focos no período estudado, sendo Joinville o município com maior número e também apresentando o maior número de casos de dengue. Verificou-se que um maior número de focos é positivamente associado ao número de registros da doença. Houve diferença

significativa no número de casos entre os últimos dez anos, indicando um aumento ao longo dos anos. Não foi encontrada relação entre a área de um município com o número de focos de *Ae. aegypti*. Desse modo, conclui-se que fatores abióticos como chuva e temperatura podem influenciar o número de focos de *Ae. aegypti* e que esse número está aumentando nos últimos anos. Estudos em escalas municipais devem ser realizados a fim de entender o que influencia no número de casos em cada localidade, buscando mitigar a transmissão da doença e fazer o controle do vetor.

Palavras-chave: Arbovirose, dengue; focos de mosquitos; vetores de doenças.

ABSTRACT

Aedes aegypti is a dipteran insect vector of several diseases, including dengue. Its species is holometabola, passing through the phases of egg, larva, pupa and adult. The laying of eggs occurs preferably in natural containers, close to clean water and, when in contact with the liquid, the eggs hatch into larvae, which transform into pupae and give rise to adults. Only females are hematophagous and at the time of blood meal pass the viruses to humans. Dengue is a self-limiting acute febrile illness caused by a systemic viral infection caused by the dengue virus, belonging to the genus *Flavivirus*. Dengue can be asymptomatic, but also present a range of clinical manifestations, which can lead to death. Currently, dengue is one of the main health problems worldwide and affects about 390 million people per year, mainly in tropical countries. It is known that the most effective method of combating dengue is the control of vectors, that is, the *Ae. aegypti*. The disorderly growth of cities favors the dissemination of this species, selecting more fit individuals and conditioning the expansion of the disease. In Brazil, in 2019, more than 1.5 million cases of the disease were reported. In Santa Catarina, 118 municipalities were considered infested with the mosquito *Ae. aegypti* at the end of 2021; in the same year, 19,133 dengue cases were recorded in the state and four municipalities reported an epidemic. Thus, the present study analyzed the distribution of outbreaks of *Ae. aegypti* found in the state of Santa Catarina, in order to relate outbreaks of *Ae. aegypti* and cases of dengue in the mesoregions of the State, with geographical factors and environmental aspects between 2011 and 2020. The mesoregions with the highest rainfall rates and the Itajaí Valley have the highest number of mosquito outbreaks, in addition, the cities that do not have the presence of *Ae. aegypti* are located in the highest places in the state, with average annual temperatures below the optimal temperature of mosquito development. There was a significant increase in the number of outbreaks during the study period, with Joinville being the municipality with the highest number and also presenting the highest number of dengue cases; It was observed that a greater number of outbreaks is positively associated with the number of disease records. There was a significant difference in the number of cases between the last ten years, indicating an increase over the years. There is no correlation between the number of inhabitants of a municipality and the number of outbreaks of *Ae. aegypti*. Thus, it is concluded that abiotic factors such as rainfall and

temperature can influence the number of outbreaks of *Ae. aegypti* and that this number is increasing. Studies on smaller scales should be conducted in order to understand what influences the number of cases in each location, seeking to mitigate the transmission of the disease and control the vector.

Keywords: Arbovirus, dengue, mosquitoes breeding places , disease vectors

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Fêmea do <i>Aedes aegypti</i> , com destaque para o desenho em forma de "lira" prateada na face dorsal do tórax..... | 18 |
| Figura 2 Ciclo de desenvolvimento do <i>Aedes aegypti</i> | 19 |
| Figura 3 Ovos do <i>Aedes aegypti</i> , tendo como características a cor escura e contorno alongado, com aproximadamente 1 mm de comprimento..... | 20 |
| Figura 4 Pupa do <i>Aedes aegypti</i> , dividida em cefalotórax e abdómen, e possuindo formato de vírgula..... | 21 |
| Figura 5 Fêmea da espécie <i>Aedes aegypti</i> fazendo o repasto sanguíneo..... | 22 |
| Figura 6 À esquerda, mapa de Santa Catarina destacando os municípios com focos de <i>Aedes aegypti</i> . À direita, mapa de Santa Catarina indicando as áreas com cores de acordo com o nível de precipitação média de cada região no estado..... | 32 |
| Figura 7 À esquerda, mapa de Santa Catarina com municípios destacados, sendo aqueles que não registraram nenhum foco de dengue entre 2011 e 2020. À direita, o mapa de Santa Catarina indicando as variações de altitude da área do estado..... | 33 |
| Figura 8 Evolução da infestação por <i>Aedes aegypti</i> no estado de Santa Catarina...35 | |
| Figura 9 Número de focos de <i>Aedes aegypti</i> por ano, no estado de Santa Catarina, entre 2011 e 2020..... | 36 |
| Figura 10 O mapa apresenta os 235 municípios de Santa Catarina que registraram focos de <i>Aedes aegypti</i> no sistema da DIVE, durante o período de 2011 a 2020..... | 38 |
| Figura 11 Comportamento do número de casos de dengue e focos de <i>Aedes aegypti</i> no estado de Santa Catarina, entre os anos de 2011 e 2020..... | 39 |
| Figura 12 Regressão entre casos de dengue e número de focos, com dados de dez anos, de dez municípios, no estado de Santa Catarina. A modo de minimizar os pontos de dispersão do gráfico, que possuem uma amplitude de valor muito grande, foi utilizado a transformação em log para melhor entendimento das variáveis..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Figura 13 Resultado da análise de variância entre número de focos, nos anos de 2011 a 2019, com os dez municípios com mais focos de <i>Aedes aegypti</i> neste período, no estado de Santa Catarina..... | 42 |
| Figura 14 Número de focos, entre os anos de 2011 e 2019, com os dez municípios com mais focos de <i>Aedes aegypti</i> neste período, no estado de Santa Catarina..... | 42 |
| Figura 15 Regressão entre área de municípios do estado de Santa Catarina com o número de focos de <i>Aedes aegypti</i> encontrados entre os anos de 2011 e 2020. A modo de minimizar os pontos de dispersão do gráfico, que possuem uma amplitude de valor muito grande, foi utilizado a transformação em log para melhor entendimento das variáveis..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Mesorregiões do estado de Santa Catarina, com o número respectivo do total de focos, casos de dengue e média de precipitações..... | 31 |
| Tabela 2 Municípios que mais registraram focos de <i>Aedes aegypti</i> no estado de Santa Catarina, entre 2011 e 2020, e suas respectivas mesorregiões..... | 37 |
| Tabela 3 Municípios do estado de Santa Catarina com maiores números de casos autóctones de dengue, entre 2011 e 2020, e suas respectivas mesorregiões..... | 40 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | Aedes aegypti: HISTÓRICO E DISTRIBUIÇÃO | 16 |
| 1.2 | BIOLOGIA DO Aedes aegypti | 17 |
| 1.2.1 | Ovo | 19 |
| 1.2.2 | Pupa | 21 |
| 1.2.3 | Adulto | 22 |
| 1.3 | DENGUE | 23 |
| 1.4 | CONTROLE | 26 |
| 2 | OBJETIVOS | 28 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 28 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 28 |
| 3 | MÉTODOS | 29 |
| 3.1 | FONTES DE DADOS | 29 |
| 3.2 | ÁREA DE ESTUDO | 29 |
| 3.3 | ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 30 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 4.1 | FOCOS NOS ANOS DE ESTUDO | 34 |
| 4.2 | FOCOS E CASOS DENGUE | 38 |
| 4.3 | FOCOS POR ÁREA | 43 |
| 5 | CONCLUSÃO | 46 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 *Aedes aegypti*: HISTÓRICO E DISTRIBUIÇÃO

O *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) é um inseto díptero, da família Culicidae (Knight and Stone, 1977; Brasil, 2001). Esta família é de grande interesse para a parasitologia médica, em vista de nela serem encontrados o maior número e os mais importantes insetos hematófagos dentre todos os artrópodes (Neves *et al.*, 2005).

O *Ae. aegypti* é um importante vetor em saúde pública devido à sua antropofilia (preferência por sangue humano), seus hábitos urbano-domésticos e sua alta eficiência na transmissão de arboviroses, sendo considerado o principal transmissor da febre amarela urbana e da dengue em todo o mundo, além de ser capaz de transmitir outras doenças, como chikungunya e zika (Gubler, 1998; Figueiredo *et al.*, 2015).

Acredita-se que a origem do *Ae. aegypti* (AEDES do grego: “odioso”, AEGYPTI do latim: “do Egito”) ocorreu no Velho Mundo, provavelmente na região da Etiópia, sendo descrito pela primeira vez no Egito e, desde então, vem acompanhando o homem em sua migração pelo mundo, permanecendo onde as alterações antrópicas ofereceram condições favoráveis para seu desenvolvimento e proliferação (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

Há consenso de que a partir de uma população silvestre, uma variedade genética do mosquito tenha saído das florestas africanas, onde se reproduzia independentemente dos humanos, e se adaptado com grande sucesso ao ambiente peridoméstico. Relaciona-se este processo a pressões seletivas, causadas pela destruição dos habitats naturais decorrentes de ações antrópicas e a adaptação da reprodução do *Ae. aegypti* em recipientes de armazenamento de água (Christophers, 1960, Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

Com o tráfico de escravos, por meio de navios e o comércio com o resto do mundo a espécie se espalhou, sendo introduzida também no Novo Mundo nos séculos XVII e XIX (Kyle & Harris, 2008). Durante a Segunda Guerra Mundial, o

mosquito se dispersou ainda mais, disseminando-se também para áreas do interior, devido ao aumento da navegação por barcos em sistemas fluviais (WHO, 2011).

O aumento da urbanização, dos meios de transporte, do contato humano e a irradiação de sistemas de abastecimento de água potável, junto ao alto grau de domesticação da espécie favoreceu a dispersão do *Ae. aegypti* por todas as partes do mundo, tanto em áreas urbanas quanto rurais (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; WHO, 2011).

No Brasil, o *Ae. aegypti* foi introduzido durante o período colonial, provavelmente na época do tráfico de escravos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994). Por causa da sua importância como principal vetor da febre amarela, o mosquito foi intensamente combatido no Brasil e nas Américas como um todo durante as décadas de 40 e 50, tendo sido considerado erradicado em 1955 em quase todos os países americanos, com exceção do sul dos EUA, algumas ilhas do Caribe e de uma porção norte da América do Sul (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Neves *et al.*, 2005). Esse descuido, juntamente à falhas na vigilância epidemiológica e por causa das mudanças sociais e ambientais decorrentes da urbanização acelerada da época, acarretou na reintrodução do *Ae. aegypti* em 1967 em Belém e São Luís; em 1976, em Salvador e em 1977, no Rio de Janeiro e Santos. As medidas de controle durante esse período de re-infestação eram isoladas, culminando que, entre 1985 e 1998, o *Ae. aegypti* já era encontrado em praticamente em todos os estados brasileiros (Neves *et al.*, 2005; Braga & Valle, 2007).

De acordo com os registros relacionados à distribuição, o *Ae. aegypti* é considerado cosmopolita, persistindo na maioria dos países, mesmo naqueles de onde já foi considerado erradicado, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais entre os paralelos (latitudes) 45° N e 35° S, tendo resistência limitada a baixas temperaturas e altitudes elevadas (OMS, 1999; Brasil, 2001; DIVE, 2015).

1.2 BIOLOGIA DO *Aedes aegypti*

O *Ae. aegypti* possui hábito diurno, apresenta coloração preta ou marrom, com listras e manchas brancas/prateadas, sendo mais escuro que outros mosquitos e é extremamente adaptado ao ambiente urbano (Taveira *et al.*, 2001). Essa espécie possui um desenho em formato de “lira” (Figura 1), formada por listras prateadas, na

porção dorsal do tórax, característica que possibilita facilmente a identificação da espécie (Christophers, 1960; Marcondes, 2011). Podemos distinguir os machos das fêmeas por possuírem antenas plumosas e palpos mais longos (Brasil, 2001).

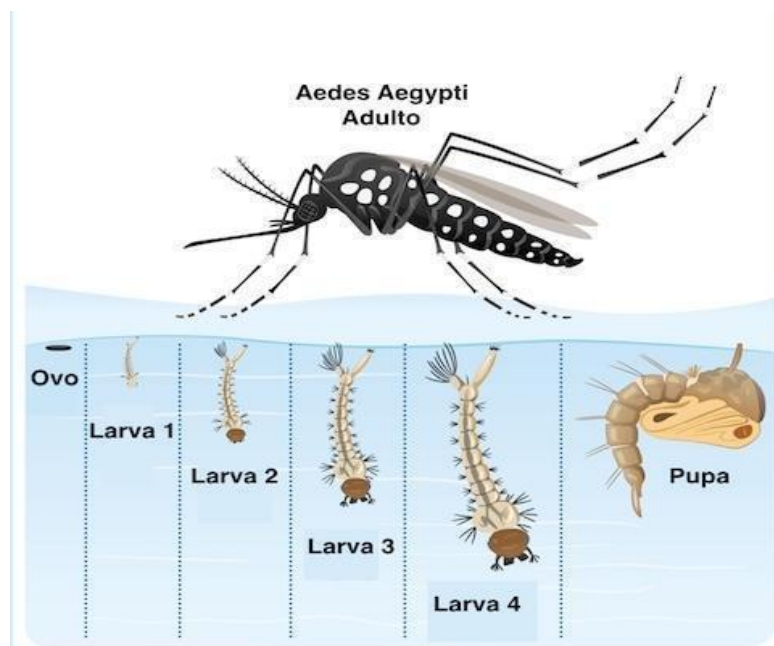
Figura 1 Fêmea do *Aedes aegypti*, com destaque para o desenho em forma de "lira" prateada na face dorsal do tórax



Fonte: Fotografia de Howell, P. & Collins, F. H., Biblioteca de Imagens de Saúde Pública do Centro de Controle de Doenças. 2006. Disponível em: <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=9534>. Último acesso em: 14/11/2022

O *Ae. aegypti*, assim como outros mosquitos, são holometábolos, ou seja, se desenvolvem através de metamorfose completa, passando pelas fases de: ovo, larva (quatro estádios larvais), pupa e adultos (Figura 2), sendo que as fases de larva e pupa ocorrem na água (Brasil, 2001; DIVE, 2015).

Figura 2 Ciclo de desenvolvimento do *Aedes aegypti*



Fonte: HINRICHSEN, Sylvia. Tua Saúde: Ciclo de Vida do *Aedes aegypti*, 2021. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/ciclo-de-vida-do-aedes-aegypti/>. Último acesso em: 21/11/2022

1.2.1 Ovo

As fêmeas do *Ae. aegypti*, embora possam depositar seus ovos em recipientes naturais como ocos de árvores e bromélias, preferem fazer a postura em recipientes artificiais, como pneus, latas, vasos de plantas, caixas d'água descobertas, dentre outros (Neves *et al.*, 2005). Além disso, preferem a escolha por criadouros escuros ou sombreados, com água limpa e cristalina, ou contendo pouca matéria orgânica (Beserra *et al.* 2010; Christophers, 1960; Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

Os ovos de *Ae. aegypti* são colocados um a um, formando grupos de 10 a 30 ovos, nas paredes úmidas dos recipientes, sendo vistos pouco acima do nível da água (Taveira *et al.*, 2001; Marcondes, 2011). Os ovos (Figura 3) são escuros, possuem contorno alongado, medindo aproximadamente 1 mm de comprimento, o que pode dificultar o seu reconhecimento (Forattini, 1962).

Figura 3 Ovos do *Aedes aegypti*, tendo como características a cor escura e contorno alongado, com aproximadamente 1 mm de comprimento



Fonte: Centro para o Controle de Doenças dos Estados Unidos - Coleção de Imagens de Saúde Pública. 1982. Disponível em: <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=5129>
<https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=5129>. Último acesso em: 14/11/2022

A fecundação se dá durante a postura e o desenvolvimento do embrião pode se completar em 48 horas, quando em condições favoráveis de umidade e temperatura (Brasil, 2001). Assim que o nível da água do recipiente sobe, em consequência de chuvas ou de ação antrópica, os ovos entram em contato com a mesma e eclodem, dando origem às larvas de 1º estágio, que são muito pequenas e nadam rapidamente (Taveira *et al.*, 2001).

Uma vez completado o desenvolvimento embrionário, os ovos são capazes de resistir a longos períodos de dessecação, podendo permanecer viáveis por mais de um ano (Neves *et al.*, 2005; Marcondes, 2011). Há registros de eclosão de ovos com até 450 dias após a oviposição, podendo ocorrer em poucos minutos após o contato com o meio líquido (Brasil, 2001).

A grande capacidade de resistência à dessecação dos ovos de *Ae. aegypti* é considerada como um dos principais obstáculos para o seu controle e erradicação, pois além de ser importante para a sobrevivência dos indivíduos, esta condição permite que os ovos sejam transportados por grandes distâncias em ambientes secos (Russell *et al.*, 2001).

1.2.2 Pupa

A pupa (Figura 4) é dividida em cefalotórax e abdômen e possui formato de vírgula (DIVE, 2015). As pupas não se alimentam, utilizando a energia armazenada durante a fase larvária; ficam a maior parte do tempo paradas, flutuando próximo à superfície da água, respirando através de duas trompas respiratórias (Taveira *et al.*, 2001). É nesta fase que ocorre a metamorfose do estágio larval para o adulto, o que pode ocorrer entre 2 e 3 dias (Brasil, 2001).

Figura 4 Pupa do *Aedes aegypti*, dividida em cefalotórax e abdômen



Fonte: Fotografia por Zettel, C. Universidade da Flórida. Disponível em: ZETTEL, C.; KAUFMAN, P. **Yellow fever mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Insecta: Diptera: Culicidae): EENY-434/IN792, 2/2009. EDIS, v. 2009.**

1.2.3 Adulto

Os adultos de *Ae. aegypti* representam a fase reprodutiva da espécie, sendo que, ao contrário de outros insetos alados, os adultos não apresentam grande relevância na fase de dispersão destes mosquitos (Neves *et al.*, 2005). Os machos e as fêmeas adultos tendem a permanecer próximos aos locais onde nasceram, geralmente dentro das habitações, em área urbana (DIVE, 2015).

Após os mosquitos emergirem da fase de pupa, necessitam de um período em repouso para endurecimento do esqueleto externo e das asas, podendo alçar voo e acasalar dentro de 24 horas (DIVE, 2015).

Os machos do *Ae. aegypti* se alimentam apenas da seiva de plantas, enquanto as fêmeas, apesar de se alimentar de açúcares presentes nos sucos vegetais, necessitam realizar o repasto sanguíneo (Figura 5), uma vez que o sangue fornece elementos essenciais para o desenvolvimento e maturação dos seus ovos (Poloni, 2009; DIVE, 2015).

Figura 5 Fêmea da espécie *Aedes aegypti* fazendo o repasto sanguíneo



Fonte: Fotografia por Collins, F. H., Biblioteca de Imagens de Saúde Pública do Centro de Controle de Doenças. 2006. Disponível em: <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=9534>. Último acesso em:

14/11/2022

As fêmeas exercem a hematofagia principalmente ao amanhecer e ao anoitecer, tendo o ser humano como fonte sanguínea preferida (antropofilia), sobretudo os pés ou nas partes inferiores das pernas. A espécie também pode realizar o repasto sanguíneo em outros vertebrados, como cães, roedores e aves (Neves *et al.*, 2005).

As fêmeas fazem a oviposição após cada repasto sanguíneo, porém, com frequência, picam mais de uma vez entre as posturas, sendo que este comportamento tem grande importância epidemiológica, pois uma fêmea infectada pode fazer vários repastos sanguíneos curtos em diferentes hospedeiros, resultando em maior disseminação de vírus (Brasil, 2001).

Quando o *Ae. aegypti* está infectado pelo vírus da dengue ou da febre amarela, existe a possibilidade das fêmeas infectarem os seus embriões (transmissão transovariana ou vertical), de maneira que, em variável percentual, a prole de um espécime portador já nascer com o vírus (Neves *et al.*, 2005).

O ciclo de vida desses mosquitos, dura em média de 30 a 35 dias na natureza, podendo se estender por meses quando em laboratório. As fêmeas podem chegar a depositar de 400 a 600 ovos ao longo do seu ciclo de vida (Christophers, 1960; Marcondes, 2011).

1.3 DENGUE

A dengue é uma doença febril aguda autolimitada, ocasionada por uma infecção viral sistêmica causada pelo vírus dengue (DENV), pertencente ao gênero Flavivirus, da família Flaviviridae (Ministério da Saúde, 2002; Amaral *et al.*, 2012). Essa doença possui quatro sorotipos distintos, com base em antígenos e características biológicas, denominados DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (OMS, 1999; Figueiredo *et al.*, 2015).

A infecção por qualquer um dos quatro sorotipos confere imunidade permanente para o sorotipo que infectou e transitória para os demais, pois são diferentes o suficiente (variabilidade antigênica) para induzir proteção cruzada por apenas alguns meses após a infecção (Gubler, 1998; OMS, 1999; Taail, 2001).

Todos os quatro sorotipos foram associados a epidemias de dengue com um grau variável de gravidade (Gubler, 1998).

A cepa e sorotipo do vírus infectante, o sistema imunitário e a genética do paciente, a coexistência com outras doenças e infecção anterior por outro sorotipo do vírus da dengue são considerados fatores de risco para casos graves (Figueiredo & Fonseca, 1966; Pinheiro & Travassos-da-Rosa, 1996).

A infecção pelo vírus da dengue em humanos pode ser assintomática ou sintomática levando a uma ampla gama de manifestações clínicas, desde sintomas comuns a outras viroses – como febre, dor de cabeça e mal-estar, a formas menos grave da doença, de evolução benigna, denominada Dengue Clássica ou evoluir para formas mais graves, que podem levar ao óbito, como a Dengue Hemorrágica e a Síndrome do Choque de Dengue (Amaral *et al.*, 2012; Bhatt *et al* 2013; Brasil, 2016).

O vírus da dengue é transmitido entre os humanos por um artrópode e, por este motivo, a doença é considerada uma arbovirose, sendo apontada atualmente como a mais importante em termos de morbidade e mortalidade (Amaral *et al.*, 2012; Figueiredo & Fonseca, 2015). Além das fêmeas de *Ae. aegypti*, a transmissão do vírus pode ser feita pela picada de outras fêmeas de mosquitos do gênero *Aedes*, quando infectados com qualquer um dos sorotipos do vírus (Taulil, 2002; Amaral *et al.*, 2012).

As principais espécies de mosquitos vetores do vírus e que podem ser encontradas em diferentes localidades são o *Ae. aegypti*, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), *Aedes scutellaris* (Walker, 1858), *Aedes africanus* (Theobald, 1901) e o *Aedes luteocephalus* (Newstead, 1907) (Ibanez-Bernal *et al.*, 1997; Timerman *et al.*, 2012).

A dengue é um dos principais problemas de saúde pública no mundo acometendo aproximadamente 390 milhões de pessoas a cada ano (Bhatt *et al* 2013; Brasil, 2020). É considerada a arbovirose com a maior taxa de incidência mundial, sendo endêmica em todos os continentes, com exceção da Europa (Amaral *et al.*, 2012). Tornando-se especialmente, um grande problema nos países tropicais, e subtropicais, cujas condições ambientais e climáticas favorecem o desenvolvimento e a proliferação do mosquito vetor (Ministério da Saúde, 2002; Figueiredo & Fonseca, 2015).

Dentre os determinantes de saúde para a ocorrência de dengue, são relatados uma diversidade de fatores sociais, ambientais e geográficos, relacionados ao crescimento populacional, urbanização, abastecimento de água, condições pluviométricas e condições socioeconômicas que tendem a influenciar na ocorrência da doença nos variados contextos espaciais e temporais (Teixeira *et al.*, 2015; Valle *et al.* 2015; Zara *et al.*, 2016).

Estima-se que 2,5 bilhões de pessoas vivam em áreas de grande transmissibilidade do vírus e estão sob risco de contrair dengue (Silva *et al.*, 2020). A Organização Mundial da Saúde estima que a cada 50 milhões de infecções, cerca de 550 mil necessitam de hospitalização e pelo menos 20 mil morrem em consequência da doença (Brasil, 2009). Nas últimas décadas, a incidência de dengue nas Américas tem apresentado aumento, com mais de 30 países informando casos da doença. Os picos epidêmicos têm sido cada vez maiores, em períodos que se repetem a cada 3-5 anos, quase de maneira regular. As maiores incidências nesse período foram reportadas pelo Brasil, Colômbia, Venezuela, Costa Rica e Honduras (82% do total) (Brasil, 2009).

O Brasil é o país das Américas mais afetado em número de casos de dengue, concentrando aproximadamente 70% dos casos notificados (WHO, 2009). No período de 2003 a maio de 2019, foram notificados mais de 11 milhões de casos prováveis de dengue no país, com o destaque de cinco anos epidêmicos (2008, 2010, 2013, 2015 e 2016), todos relacionadas a introdução ou reintrodução de novos sorotipos (Souza *et al.* 2019). Só em 2019 no Brasil foram registrados 1.544.987 casos prováveis de dengue (735,2/100.000 habitantes) com 782 óbitos confirmados no ano (Brasil, 2020).

No estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil, 118 municípios foram considerados como infestados pelo mosquito *Ae. Aegypti* no final de 2021. Nesse mesmo ano, 19.133 casos de dengue foram registrados no estado e quatro municípios relataram estado de epidemia de dengue. Além disso, 27 casos de Chikungunya foram registrados em 2021 e, apesar de nenhum caso confirmado, houve 152 casos de suspeita de zika vírus (DIVE, 2022).

Em 2022, foram identificados 67.288 focos de *Ae. aegypti* em 233 municípios do estado, o que representa um aumento de 11,3% quando comparamos ao mesmo

período de 2021, que registrou 60.460 focos. Com relação ao número de municípios considerados infestados, houve um aumento de 20,3% de 2021 para 2022, onde 142 municípios estavam nessa condição (DIVE, 2023).

Ainda em 2022, 83.276 casos notificados de dengue foram confirmados, 335% a mais que em 2021. Destes, 80.919 casos foram considerados autóctones e após o processamento de 6.043 amostras, pelo Laboratório Central de Saúde Pública (LACEN) do Estado, dois sorotipos foram isolados, onde 93,6% (5.654/6.043) foram identificados como DENV1, e em 6,4% (389/6.043), DENV2 (DIVE, 2023).

Os casos autóctones estão distribuídos em 143 municípios de Santa Catarina, sendo que 77 atingiram o nível de epidemia, que é caracterizado pela relação entre o número de casos confirmados e de habitantes, onde o nível de transmissão epidêmico é definido quando a taxa de incidência é maior de 300 casos de dengue por 100 mil habitantes (DIVE, 2023).

1.4 CONTROLE

O crescimento desordenado das cidades com importantes lacunas no setor de infraestrutura, a rápida urbanização, a falta de saneamento básico, o aumento da circulação de pessoas, a existência de vários sorotipos distintos, as condições climáticas favoráveis e o difícil controle do vetor favorecem a expansão da dengue no Brasil (Marques, 2020). Além disso, a falta de antivirais eficazes disponíveis para o combate da doença, tornam as medidas profiláticas e de suporte as alternativas mais importantes no controle da disseminação da doença e para as ações das vigilâncias epidemiológicas e entomológicas (Ministério da Saúde, 2009; Bhatt *et al.*, 2013).

Na grande maioria dos casos, considera-se que o método mais eficaz para proteger os humanos de arboviroses, consiste no combate aos vetores. Para febre amarela urbana, dengue e Chikungunya, o controle do *Ae. aegypti* consiste no principal método para interromper o ciclo do vírus. Para isso, procede-se à eliminação dos criadouros dos mosquitos ou o tratamento dos mesmos com

larvicidas biológicos (*Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis*) e o extermínio das formas adultas mediante utilização de adulticidas (Christophers, 1960).

A presença do *Ae. aegypti* em áreas urbanas confere ao mosquito um papel epidemiológico importante na transmissão de doenças, destacando-se a dengue (Christophers, 1960). Estudos de revisão relacionados com o controle vetorial do mosquito são de grande importância para o planejamento estratégico, pois permitem direcionar as medidas dos programas de vigilância em saúde (Zara *et al.*, 2016).

Nos casos autóctones, o estudo local ganha importante destaque. É nessa escala geográfica que o processo de transmissão da doença ocorre, permitindo a observação de variáveis e indicadores que, em outros níveis de análise, não seriam perceptíveis (Flauzino *et al.*, 2011).

Nesta perspectiva, o presente estudo analisou a distribuição espacial de focos do *Ae. aegypti* e de casos de dengue em municípios do estado de Santa Catarina, com dados coletados entre os anos de 2011 e 2020. Os resultados referentes aos focos de *Ae. aegypti* e número de casos foram comparados com dados de precipitação, altitude e população dos locais de estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os focos de *Ae. aegypti* e casos de infecções por dengue nas mesorregiões do Estado de Santa Catarina e correlacionar com fatores geográficos e aspectos ambientais no período de 2011 a 2020.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a incidência dos focos de *Ae. aegypti* registrados nos municípios e mesorregiões do estado de Santa Catarina, no período de 2011 a 2020;
- Verificar se as mesorregiões e municípios com maior prevalência dos focos de *Ae. aegypti* registrados no estado de Santa Catarina, no período de 2011 a 2020, estão localizados em áreas de maior precipitação e de baixas altitudes;
- Identificar os dez municípios catarinenses com maiores focos de *Ae. aegypti* durante os anos de estudo e identificar as mesorregiões que elas estão inseridas;
- Verificar se o número de focos de *Ae. aegypti* é relacionado ao número de casos de dengue;
- Verificar se houve diferença significativa no número de focos e casos de dengue nos dez últimos anos, nos dez municípios com mais casos da doença;
- Verificar se a área do município (km²) é relacionada ao número de focos de *Ae. aegypti*;
- Buscar identificar quais fatores podem explicar os padrões apresentados.

3 MÉTODOS

3.1 FONTES DE DADOS

Os dados epidemiológicos foram obtidos através da página eletrônica de sistemas de informações da Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina (DIVE/SC), órgão da Secretaria de Estado da Saúde. Os dados coletados são referentes aos focos (locais e ou recipientes com água onde foi constatada a presença de larvas) de *Ae. aegypti* registrados, dentro do período de 2011 a 2020, em Santa Catarina, abrangendo 235 municípios.

Os dados relacionados aos municípios de Santa Catarina que registraram os maiores números de focos/área e por habitante durante esse período foram obtidos do Programa Vigilantes, diretamente com a DIVE.

A distribuição dos municípios foi classificada em mesorregiões: Oeste, Leste, Vale do Itajaí, Norte, Planalto Serrano e Sul, segundo Gotardo *et al.* (2018). Dados pluviométricos e dados hipsométricos foram retirados de Gotardo *et al.* (2018) e IBGE (2000) respectivamente.

Os mapas gerados foram então construídos com o auxílio do site <https://vectorpaint.yaks.co.nz/>

3.2 ÁREA DE ESTUDO

O estado de Santa Catarina está localizado na região Sul do Brasil, é composto por 295 municípios, divididos em meso e microrregiões, tendo como capital Florianópolis (IBGE, 2016). A geomorfologia do estado é caracterizada por planícies litorâneas nas zonas baixas e planalto nas zonas altas. A divisão destes dois ambientes é determinada pela Serra Geral, que também é responsável por drenar as águas. De acordo com a classificação de Köppen, Santa Catarina apresenta um clima subtropical úmido mesotérmico, variando de 0°C nas zonas altas no inverno e 35°C na região litorânea no verão (Herrmann, 1997).

A dinâmica da precipitação de Santa Catarina é associada à geomorfologia e ao relevo (Monteiro & Furtado, 1995; Monteiro, 2001). A ocorrência de precipitações é diferenciada por região. Segundo Monteiro (2001), nas encostas de montanhas (como nos vales), as precipitações são mais abundantes devido à elevação do ar úmido e quente, que favorece a formação de nuvens cumuliformes. No planalto e no oeste do estado, no entanto, são observadas temperaturas negativas, favorecidas pelo efeito da altitude as chuvas são mais volumosas quando comparado às zonas litorâneas (Monteiro, 2001).

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após a identificação dos dez principais municípios com focos de *Ae. aegypti* e casos de dengue, foi realizado um teste para verificar a normalidade dos dados e, em seguida, realizou-se uma análise de regressão dos últimos dez anos com os dez municípios com maior incidência de casos de dengue autóctones no estado de Santa Catarina, a fim de verificar se o número de focos é associado com o número de casos da doença. Foi utilizada uma correlação de Spearman, pois a análise de distribuição de dados não foi alcançada.

Uma análise variância de Kruskal-Wallis, seguido de teste post-hoc, verificou se houve diferença significativa entre o número de focos e casos de dengue nos 10 últimos anos (considerados tratamentos) nos 10 municípios com mais casos da doença.

Além disso, realizou-se uma regressão entre área de municípios do estado de Santa Catarina com o número de focos de *Ae. aegypti* encontrados entre os anos de 2011 e 2020, para verificar se existe associação entre a área do município e o número de focos.

Todos os testes foram realizados no *software* RStudio (RStudio Team, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do levantamento de dados e da somatória do total do número de focos e casos autóctones de infecção de dengue, e agrupar os municípios em suas respectivas mesorregiões dentro do estado de Santa Catarina, foi possível identificar padrões de distribuição relacionados a índices pluviométricos e hipsométricos, nas mesorregiões do Estado (Tabela 1; Figuras 6 e 7).

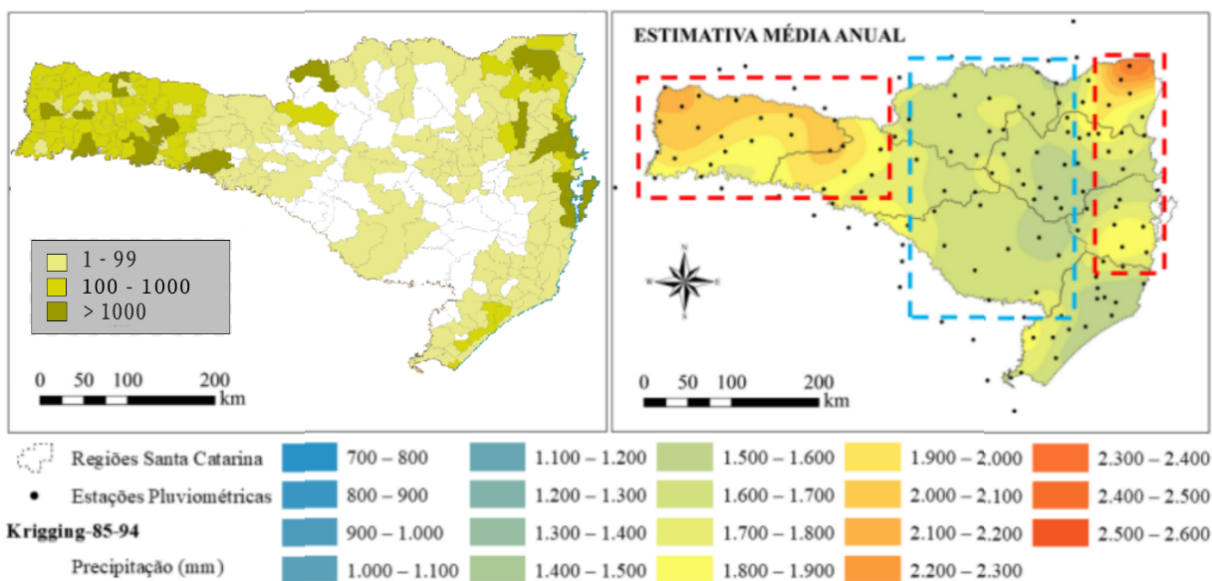
As mesorregiões do estado com maiores médias de precipitação (Oeste, Leste e Norte) e a região do Vale do Itajaí apresentaram mais focos e casos de dengue.

Tabela 1 Mesorregiões do estado de Santa Catarina, com o número respectivo do total de focos, casos de dengue e média de precipitações

| Mesorregiões | Total Focos | Casos de dengue | Média Precipitações |
|------------------|-------------|-----------------|---------------------|
| Oeste | 49468 | 4866 | 1894,9 |
| Vale do Itajaí | 37003 | 5723 | 1657,2 |
| Leste | 17492 | 344 | 1743,2 |
| Norte | 16161 | 8738 | 1738,7 |
| Sul | 1619 | 6 | 1627,8 |
| Planalto Serrano | 115 | 5 | 1693 |

Fonte: elaborado pela autora

Figura 6 À esquerda, mapa de Santa Catarina destacando os municípios com focos de *Aedes aegypti*. À direita, mapa de Santa Catarina indicando as áreas com cores de acordo com o nível de precipitação média de cada região no estado



Fonte: elaborado pela autora em <https://vectorpaint.yaks.co.nz/>

Um estudo realizado por Gotardo, em 2018, estimou as médias de precipitação para o estado do período de 1975 a 2024, dos quais demonstrou que as mesorregiões de Santa Catarina possuem tendências em relação a precipitação, onde a região Oeste apresentou os mais elevados índices pluviométricos, seguido pela região Leste, Norte, Planalto Serrano, cabeceira do Vale do Itajaí e Sul.

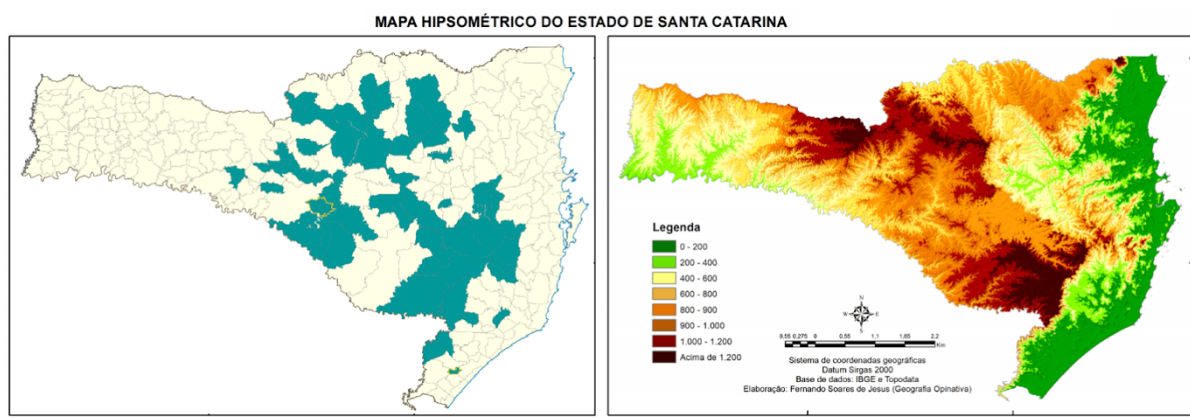
De modo geral, nossos achados corroboram esse padrão, já que todos os municípios com incidências acima de 5.000 focos, estão em mesorregiões com índices pluviométricos altos ou moderados, na região litorânea (Joinville, Balneário Camboriú, Itajaí, São José e Florianópolis) ou no Oeste (Chapecó) (Gotardo *et al.* 2018). A relevância dos índices pluviométricos se torna mais acentuada, quando verificamos que as mesorregiões Sul e Planalto Serrano, foram as mesorregiões que apresentaram as médias pluviométricas mais baixas dentro do estado durante o período estudado, e as que apresentaram a menor quantidade de focos de *Ae. aegypti* registrados no somatório dos últimos 10 anos.

Para o *Ae. aegypti*, o padrão indica a precipitação como fator mais preponderante para o aumento da transmissão da Dengue (Lima *et al.*, 2008; Viana & Ignotti, 2013). Isso ocorre, pois a chuva enche os criadouros do *Ae. aegypti* com água limpa, principalmente quando à céu aberto e, assim que os ovos entram em

contato com a água, eles eclodem. Então, locais que chovem muito, propiciam um ambiente adequado para a reprodução do mosquito.

Além da precipitação, outros fatores abióticos, como a temperatura, podem influenciar diretamente no ciclo reprodutivo, e no crescimento populacional do *Ae. aegypti*. (Dilkin & Barreto, 2012; Chung *et al.* 2013). Pensando nisso, comparamos os dados levantados também com o mapa hipsométrico de Santa Catarina, que mostra o relevo e a altitude dos municípios (Figura 7) e observamos que na mesorregião do Planalto serrano, região mais fria do estado, poucos municípios registram focos e/ou casos de dengue durante o período estudado.

Figura 7 À esquerda, mapa de Santa Catarina com municípios destacados, sendo aqueles que não registraram nenhum foco de dengue entre 2011 e 2020. À direita, o mapa de Santa Catarina indicando as variações de altitude da área do estado



Fonte: elaborado pela autora em <https://vectorpaint.yaks.co.nz/>

Os valores de temperatura máxima, média e mínima, assim como valores de umidade do ar, são conhecidos por exercer forte modulação no tamanho das populações de *Ae. aegypti* (Miyazaki *et al.*, 2009; Viana & Ignotti, 2013). Esses dados são importantes para explicar a falta de municípios da região do Planalto Serrano, reconhecidamente a com temperaturas mais baixas do estado, com menos de 200 focos nos últimos 10 anos. Já que, de modo geral, a espécie *Ae. aegypti*, possui uma faixa de temperatura ótima para se estabelecer, ficando em torno dos 22°C até 36°C (Marinho, 2013; Merêncio *et al.* 2018).

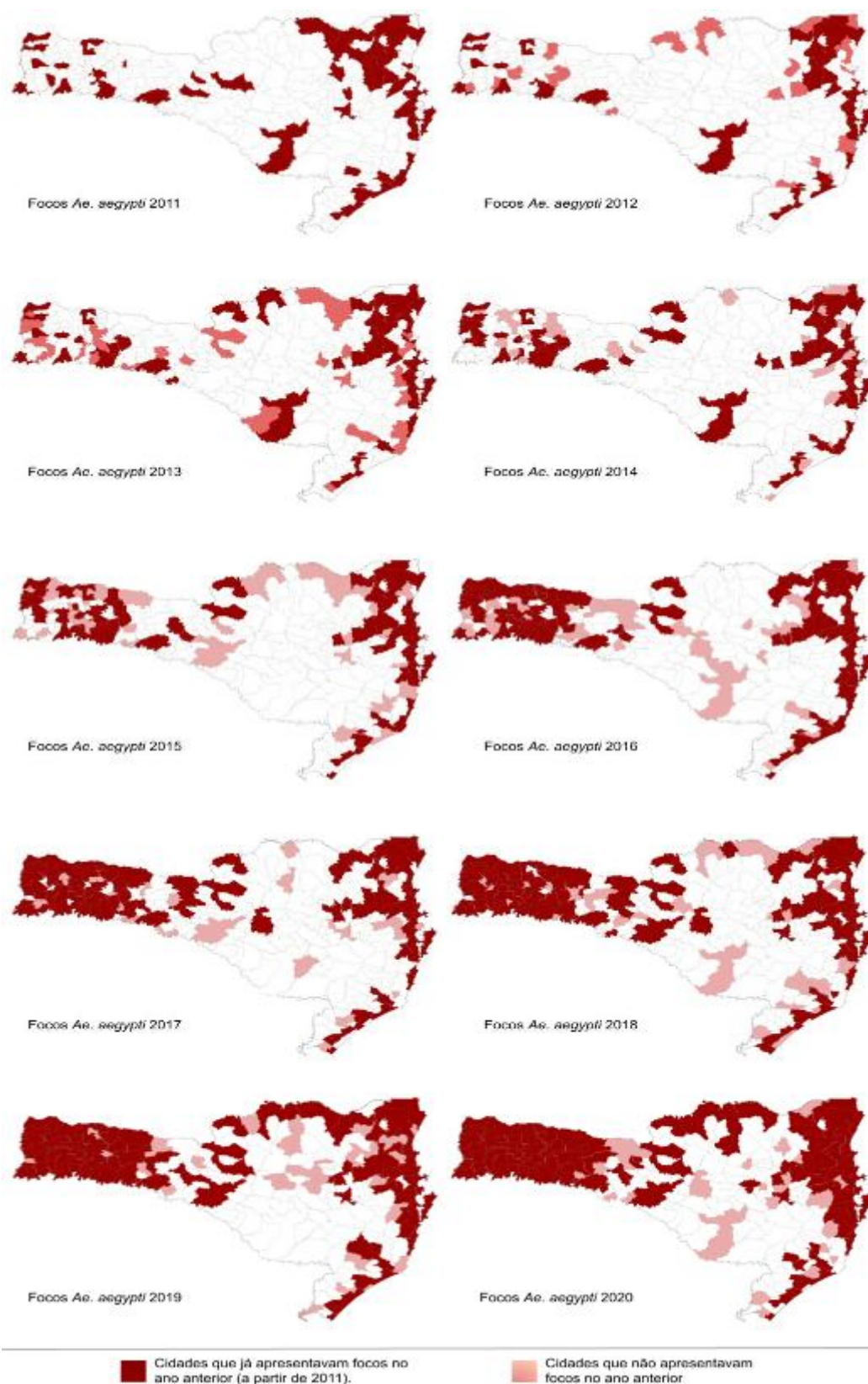
Um dos fatores que influenciam as baixas temperaturas dessa região, é a altitude. Nas zonas mais elevadas de Santa Catarina, as médias anuais variam entre 14,3 a 16,5°C. Nos Planaltos, eventualmente, as temperaturas podem cair abaixo de 0°C e nas cidades com maiores altitudes, podem ocorrer ocasionalmente precipitações em neve, especialmente em Urubici, Urupema e São Joaquim.

Tendo em vista a temperatura ótima para o desenvolvimento do mosquito, nossos achados corroboram também com esse padrão, pois, de um modo geral, os municípios que não tiverem focos registrados de *Ae. aegypti*, estão localizadas primordialmente nos locais mais altos e mais gelados do estado, em grande parte no Planalto Serrano, onde a altitude média dos municípios fica acima de 800 m.

Doenças que possuem transmissão por vetores dípteros tendem a serem ligadas as regiões tropicais ou subtropicais do globo (e.g Malária, Leishmaniose, Dengue, Febre Amarela), devido a característica ectodérmica dos hospedeiros (Neves, 2005; Brusca & Brusca, 2007). Por exemplo, na cidade de Dallas, no Texas, houve um surto de doença do Nilo, transmitida por *Culex quinquefasciatus*, em 2012. Devido a um inverno excepcionalmente quente e reservatórios de água parada, a população desse mosquito teve um crescimento exacerbado, e conseqüentemente aumentado a circulação e a transmissibilidade da doença, fazendo assim, as taxas de transmissão aumentarem juntamente com a população de vetores.

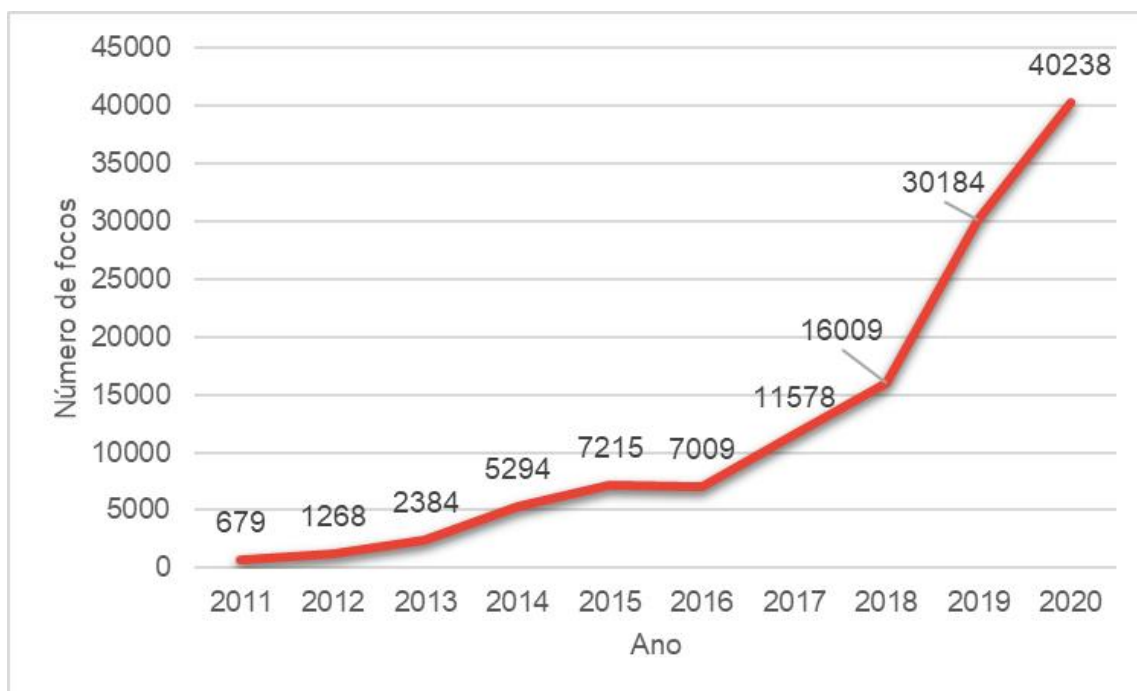
4.1 FOCOS NOS ANOS DE ESTUDO

Dos 295 municípios presentes em Santa Catarina, 235 registraram pelo menos um foco de *Ae. aegypti*, no período compreendido entre os anos de 2011 a 2020. Sendo que o número de municípios que apresentaram focos nesse período, foi aumentando ao longo dos anos (Figura 8).

Figura 8 Evolução da infestação por *Aedes aegypti* no estado de Santa Catarina

Foi possível notar um aumento significativo do total do número de focos relatados para o Estado durante esse os anos, principalmente a partir do ano de 2016 (Figura 9).

Figura 9 Número de focos de *Aedes aegypti* por ano, no estado de Santa Catarina, entre 2011 e 2020



Fonte: Elaborado pela autora

A análise do número de focos dos municípios, mostrou que a somatória dos últimos 10 anos (período compreendido entre 2011 e 2020) os municípios de Joinville, Chapecó, Balneário Camboriú, São José, Florianópolis e Itajaí lideraram o ranking dos municípios com o maior número de focos de *Ae. aegypti* registrados no sistema da DIVE, com mais de 5000 focos por cidade. Joinville teve a maior somatória com 13145 focos encontrados nesse período, que representa aproximadamente 37% a mais que Chapecó, segunda cidade com maior número de focos registrados. Joinville teve ainda o maior número de focos registrados em um ano, chegando a 7814 focos em 2020, esse número é maior que a somatória dos focos encontrados em 10 anos na cidade de São José, 4º município com o maior número de focos registrados nesse período de levantamento.

Na Tabela 2 estão listados os 10 municípios que registraram os números mais altos de focos do mosquito, neste período de tempo.

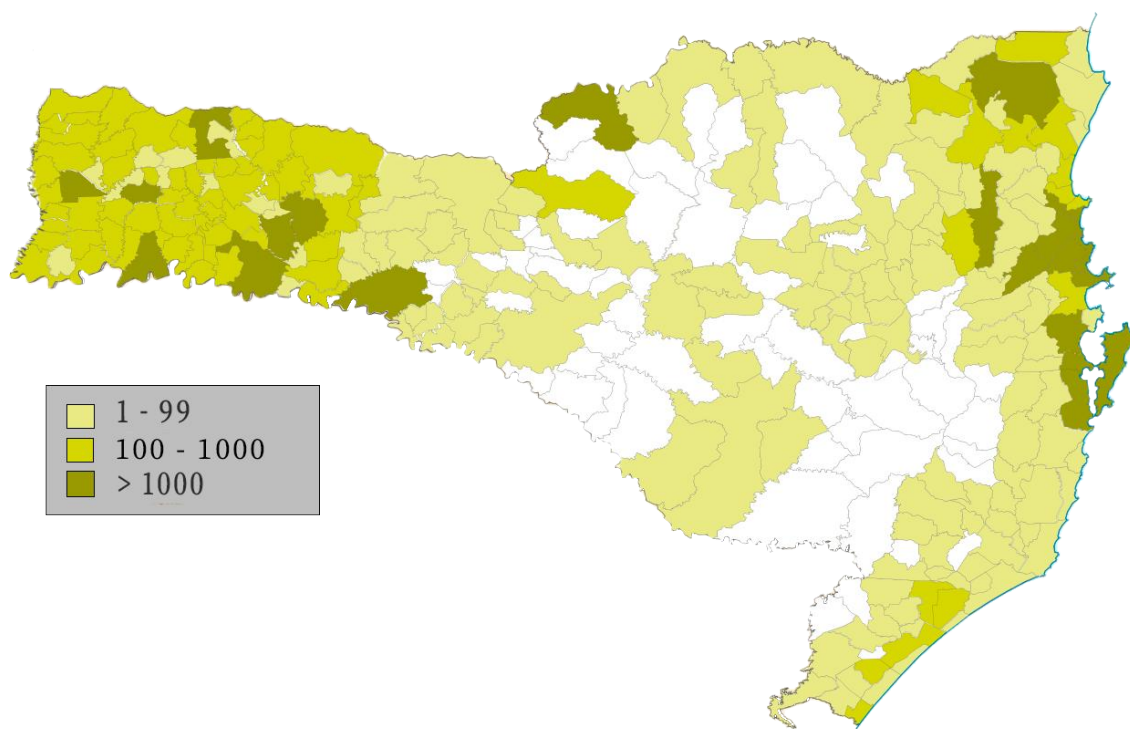
Tabela 2 Municípios que mais registraram focos de *Aedes aegypti* no estado de Santa Catarina, entre 2011 e 2020, e suas respectivas mesorregiões

| Município | Somatório dos focos de 2011 a 2020 | Mesorregiões do estado |
|---------------------|------------------------------------|------------------------|
| Joinville | 13145 | Norte |
| Chapecó | 9594 | Oeste |
| Balneário Camboriú | 7851 | Vale do Itajaí |
| São José | 7106 | Leste |
| Florianópolis | 6168 | Leste |
| Itajaí | 5815 | Vale do Itajaí |
| Itapema | 4389 | Vale do Itajaí |
| Xanxerê | 4267 | Oeste |
| São Miguel do Oeste | 4261 | Oeste |
| Camboriú | 4109 | Vale do Itajaí |

Fonte: elaborado pela autora

Dos 235 municípios do estado que apresentaram pelo menos um foco de *Ae. aegypti* neste intervalo de tempo, 23 municípios registraram na somatória dos anos, mais de 1000 focos do mosquito, sendo Joinville o município que apresentou o número mais elevado em 10 anos (Figura 10). 74 Municípios registraram entre 100 e 999 focos e 138 registraram menos de 99 focos de *Ae. aegypti* na somatória dos anos. Sendo que, 15 destes, apresentaram apenas um foco do mosquito durante todo o período estudado; São eles: Agronômica, Alto Bela Vista, Aurora, Braço do Trombudo, Capão Alto, Imaruí, Ipirá, Nova Veneza, Painel, Petrolândia, Praia Grande, São Bonifácio, Treze de Maio, Turvo e Witmarsum.

Figura 10 O mapa apresenta os 235 municípios de Santa Catarina que registraram focos de *Aedes aegypti* no sistema da DIVE, durante o período de 2011 a 2020.

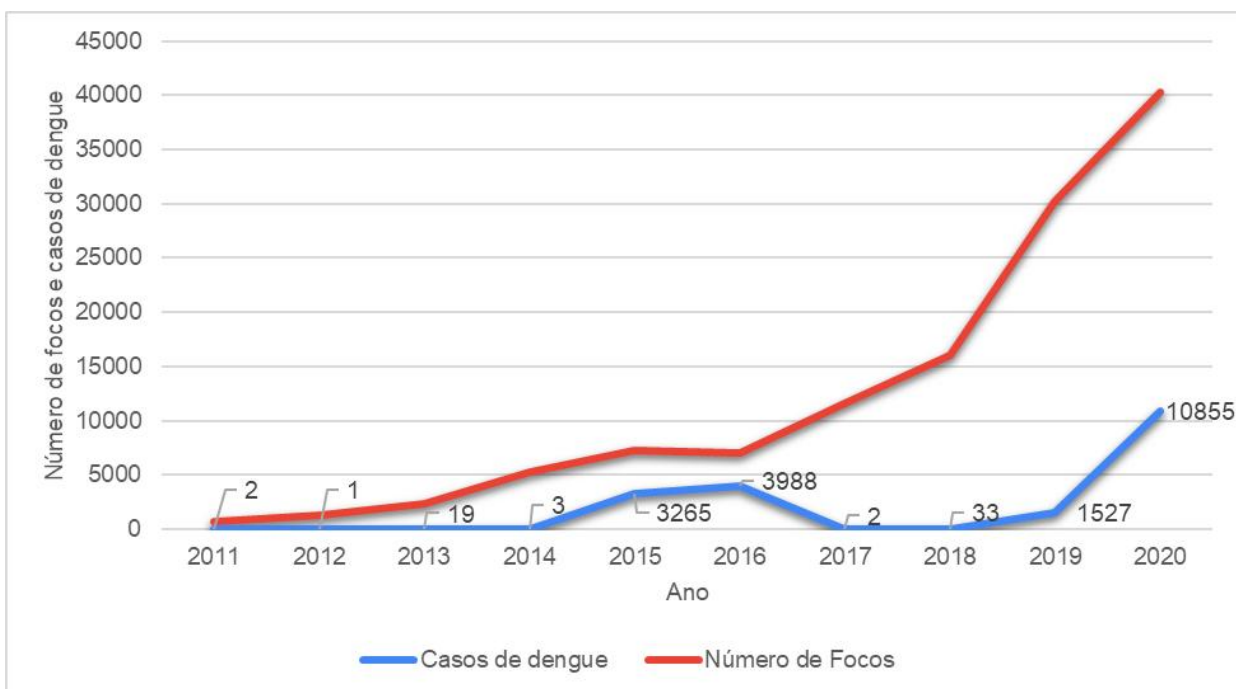


Fonte: elaborado pela autora em <https://vectorpaint.yaks.co.nz/>

4.2 FOCOS E CASOS DENGUE

No período de janeiro de 2011 a dezembro de 2020 em Santa Catarina, foi notificado uma prevalência de 19695 casos autóctones de dengue, sendo que, dentro desse qualitativo se encontram os casos positivos de dengue clássica, dengue com complicações e febre hemorrágica do dengue, dos quais demonstram que no ano de 2020 foi o ano com o mais elevado número de casos positivos, tendo um decréscimo em 2016, seguido de um crescimento a partir do ano de 2018, com pico em 2020 (Figura 11).

Figura 11 Comportamento do número de casos de dengue e focos de *Aedes aegypti* no estado de Santa Catarina, entre os anos de 2011 e 2020



Fonte: elaborado pela autora

Dos 235 municípios que apresentaram focos de *Ae. aegypti* neste mesmo período, 82 apresentaram casos autóctones de dengue. A cidade que apresentou o maior número de casos autóctones de dengue foi Joinville, com 8708 na totalização dos anos, seguida de Itajaí, com 3449, e Pinhalzinho, com 2471.

Dois municípios que não registraram focos do mosquito no sistema da DIVE durante o período estudado, apresentaram um caso de dengue autóctone cada, no ano de 2015, são eles Vargem e Otacílio Costa.

Na Tabela 3 estão listados os 10 municípios que registraram os números mais altos de casos de dengue autóctone, neste período de tempo.

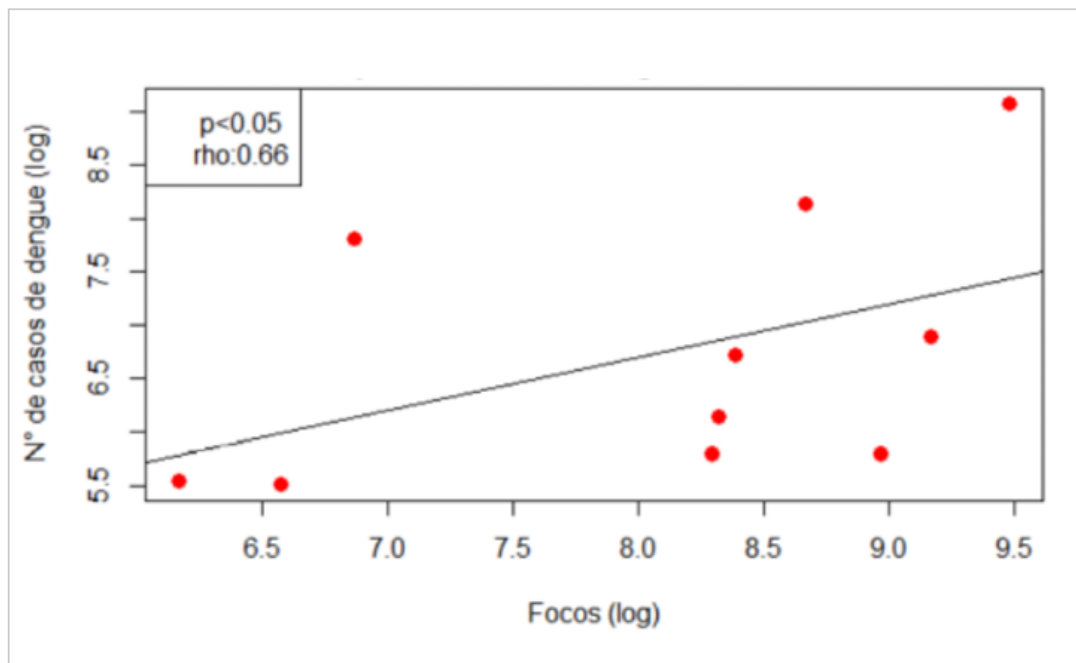
Tabela 3 Municípios do estado de Santa Catarina com maiores números de casos autóctones de dengue, entre 2011 e 2020, e suas respectivas mesorregiões

| Municípios | Casos autóctones de dengue de 2011 a 2020 | Mesorregiões do estado |
|--------------------|---|------------------------|
| Joinville | 8708 | Norte |
| Itajaí | 3449 | Vale do Itajaí |
| Pinhalzinho | 2471 | Oeste |
| Chapecó | 985 | Oeste |
| Itapema | 826 | Vale do Itajaí |
| Camboriú | 463 | Vale do Itajaí |
| Balneário Camboriú | 329 | Vale do Itajaí |
| Navegantes | 329 | Vale do Itajaí |
| Tijucas | 253 | Leste |
| Coronel Freitas | 245 | Oeste |

Fonte: elaborado pela autora

Uma análise de regressão dos últimos dez anos com os dez municípios com maior incidência de casos de dengue autóctones no estado indicou que um maior número de focos está relacionado ao aumento de casos de dengue (Figura 12; $S=55.66$, $p=0.03$, $\rho=0.66$).

Figura 12 Análise de Regressão entre casos de dengue e número de focos, com dados de dez anos, de dez municípios, no estado de Santa Catarina. A modo de minimizar os pontos de dispersão do gráfico, que possuem uma amplitude de valor muito grande, foi utilizado a transformação em log para melhor entendimento das variáveis



Fonte: elaborado pela autora

Existe diferença na quantidade de focos de *Ae. aegypti* nos dez últimos anos (considerados tratamentos) nos dez municípios com mais casos da doença (Figura 13 e 14). Destaque para o ano de 2011, que apresentou menos focos e casos de dengue do que os anos de 2014 a 2020, e para o ano de 2020, que apresentou mais focos e mais casos de dengue dos que os anos de 2011 a 2016, representando um aumento de 885% no entre esses anos no número de focos.

Figura 13 Resultado da análise de variância entre número de focos, nos anos de 2011 a 2019, com os dez municípios com mais focos de *Aedes aegypti* neste período, no estado de Santa Catarina

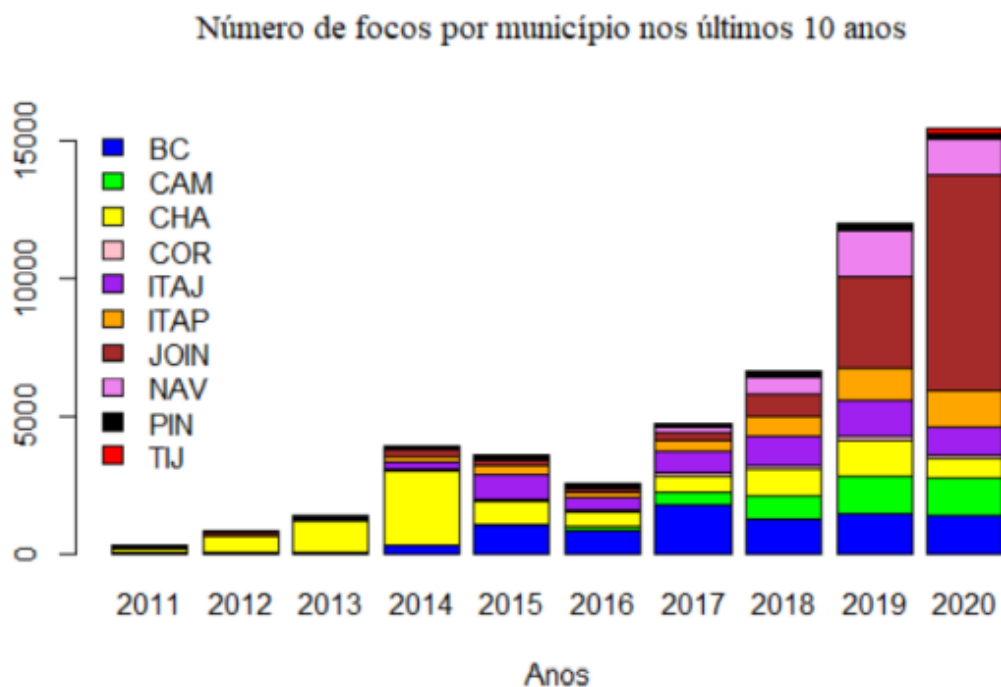
Resultado do Dunn test. comparando os focos de dengue durante os últimos 10 anos nas 10 cidades com maior incidência de casos de dengue em Santa Catarina.

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|
| 2012 | 0.4041 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2013 | 0.2273 | 0.3068 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2014 | 0.0192* | 0.0338 | 0.0931 | - | - | - | - | - | - |
| 2015 | 0.0047* | 0.0094* | 0.0324 | 0.3001 | - | - | - | - | - |
| 2016 | 0.0068* | 0.0131* | 0.0428 | 0.3457 | 0.4494 | - | - | - | - |
| 2017 | 0.0008* | 0.0019* | 0.0083* | 0.1411 | 0.2907 | 0.2488 | - | - | - |
| 2018 | 0.0001* | 0.0003* | 0.0017* | 0.0531 | 0.1377 | 0.1116 | 0.2947 | - | - |
| 2019 | 0.0000* | 0.0000* | 0.0001* | 0.0055* | 0.0217* | 0.0159* | 0.0710 | 0.1765 | - |
| 2020 | 0.0000* | 0.0000* | 0.0001* | 0.0063* | 0.0244* | 0.0180* | 0.0780 | 0.1897 | 0.4800 |

* = diferença significativa entre os anos

Fonte: elaborado pela autora

Figura 14 Número de focos, entre os anos de 2011 e 2019, com os dez municípios com mais focos de *Aedes aegypti* neste período, no estado de Santa Catarina (BC- Balneário Camboriú, CAM – Camboriú, CHA – Chapecó, COR – Coronel Freitas, ITAJ – Itajaí, ITAP – Itapema, JOIN – Joinville, NAV – Navegantes, PIN – Pinhalzinho e TIJ – Tijucas).



Fonte: elaborado pela autora

É interessante observar que os municípios com mais focos e casos de dengue, estão distribuídos em diferentes mesorregiões dentro do estado de Santa Catarina. Então, apesar de identificarmos alguns padrões de distribuição relacionados a índices pluviométricos e de temperatura, parece que estes não são suficientes para determinar a ocorrência de dengue no estado.

Diante disso, é importante reforçar que o aumento da incidência e disseminação da dengue é um processo influenciado por múltiplos fatores sociais, ambientais e climáticos. Nesse contexto, podemos notar que vários municípios com muitos focos e casos da doença, são também cidades turísticas, com grande movimentação de pessoas, especialmente nos meses mais quentes e com maior circulação do vetor. Segundo o Observatório do Turismo de Santa Catarina, Florianópolis, Balneário Camboriú, Bombinhas e Joinville, foram as cidades do estado mais procuradas de 2015 a 2019 (lazer, eventos e convenção, dentre outros). Estas cidades aparecem também nas listas dos municípios com mais focos e/ou casos de dengue durante os anos do estudo.

Sugere-se que o turismo e outros tipos de movimentações humanas podem afetar negativamente a transmissão da dengue, e que também podem contribuir para a introdução e circulação de diferentes sorotipos do vírus em uma determinada região (Wilder-Smith A & Gubler DJ, 2008). Isso porque quanto maior a circulação de pessoas, aumentam também as chances de transmissão da doença, e consequentemente de pessoas infectadas.

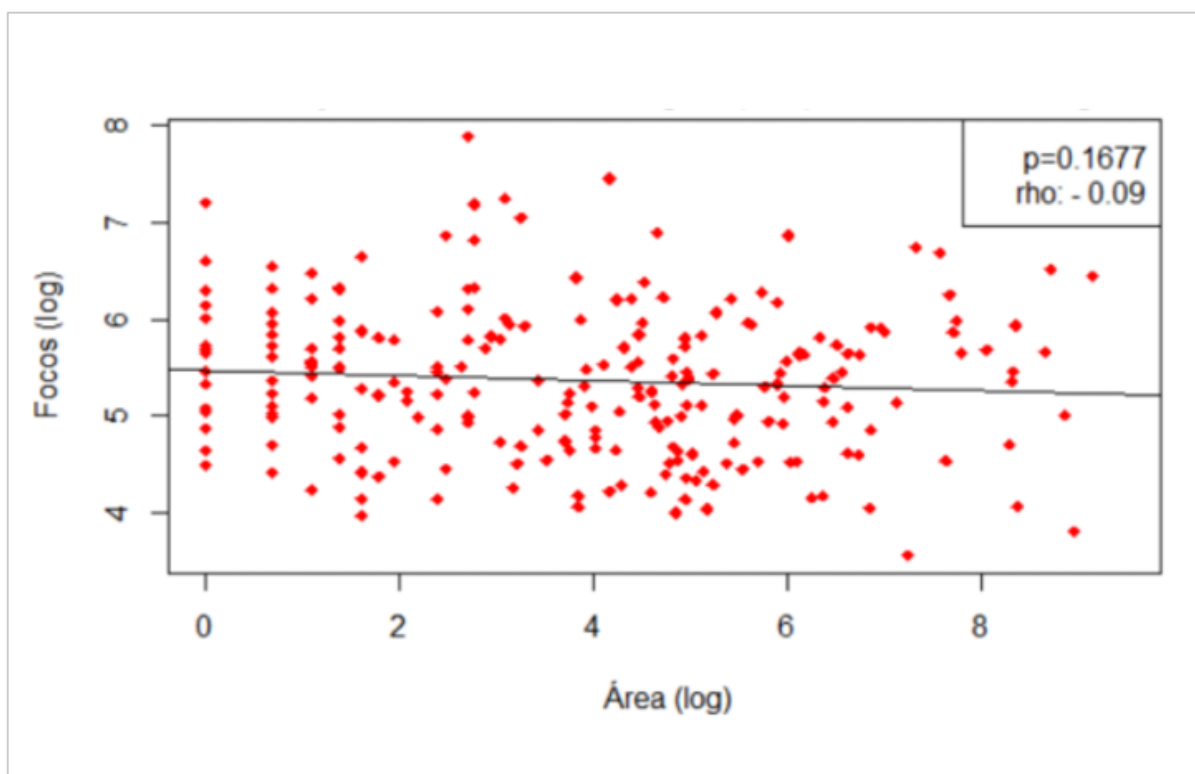
4.3 FOCOS POR ÁREA

De modo geral, a alta taxa de crescimento populacional e a densidade demográfica urbana são fatores que também aumentam a proliferação de focos e contaminação pela doença (Silva & Machado, 2018; Morschbacher *et al*, 2021). Apesar de nem sempre esses fatores serem inerentes a altas taxas de focos do mosquito (Merêncio *et al*. 2018). No presente estudo, foi possível verificar que dentre os 10 municípios com mais casos de dengue no ano de 2020, somente um (São Carlos), estava entre os que possuíam maior número de casos de dengue por/habitantes. O mesmo ocorre para quando comparamos esses com os que possuíam maiores números de focos por Km² em 2020. Apenas três aparecem na lista de maiores número de casos de dengue sendo eles: Navegantes, Balneário

Camboriú e Bombinhas. Sendo assim, é muito difícil relacionar diretamente essas variáveis. Além disso, dentre os municípios que apresentaram maiores números de focos de *Ae. aegypti*, somente três aparecem com maiores números de casos: Joinville, Navegantes e Balneário Camboriú.

Ao compararmos a área do município com o número de focos de *Ae. aegypti* em cada município através de análise de regressão, observamos que não há relação entre essas variáveis nos últimos 10 anos ($S=2358248$, $p=0.1677$, $\rho=-0.09$) (Figura 15).

Figura 15 Análise de regressão entre área de municípios do estado de Santa Catarina com o número de focos de *Aedes aegypti* encontrados entre os anos de 2011 e 2020. A modo de minimizar os pontos de dispersão do gráfico, que possuem uma amplitude de valor muito grande, foi utilizado a transformação em log para melhor entendimento das variáveis



Fonte: elaborado pela autora

Entretanto, a distribuição de focos de *Ae. aegypti* não é homogênea nas regiões onde ela ocorre. Miyazaki et al. (2009), verificou em um estudo focado em uma microescala, o campus universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, que a distribuição ocorre de maneira heterogênea no ambiente, estando diretamente relacionada com a presença de reservatórios propícios para o desenvolvimento da

espécie. Desse modo, regiões mais populosas, ou de grande circulação, podem levar a elevadas taxas de transmissão em determinados locais específicos dentro de uma cidade, município ou bairro, mesmo que esses não tenham, no geral, uma maior incidência nos outros índices. Já que em locais de baixa circulação, a incidência de casos de dengue tende a ser reduzida. Principalmente pela área de distribuição do mosquito ser reduzida, em média, entre 300 a 500 m (Donalisio & Glasser, 2002). Desse modo, essa variação pode explicar a discrepância encontrada entre os locais com maiores casos de dengue comparados com os outros três fatores avaliados no estudo.

Apesar de condições abióticas favoráveis serem imprescindíveis para o desenvolvimento e manutenção da população de *Ae. aegypti* no ambiente, o desenvolvimento dos indivíduos só se torna possível com ambientes propícios para isso (Miyazak *et al.* 2009; Merêncio *et al.*, 2018). Por exemplo, Silva e Machado (2018), analisando variáveis socioambientais nas capitais dos estados nordestinos do Brasil, verificaram que a falta de saneamento básico é um importante fator que contribui com infestações epidêmicas da doença. Em Santa Catarina, no sul do estado, o estudo de Merêncio *et al.* (2018), identificou que apenas um município dos 15 analisados possuía dados relativos à coleta de esgoto, e que eram inexistentes dados sobre a coleta de resíduos sólidos nos municípios com maiores focos de *Ae. aegypti* (Passos de Torres e Araranguá). Sendo assim, torna-se inviável fazer correlações diretas sobre essas duas variáveis.

5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que fatores abióticos exercem grande influência no padrão de distribuição do mosquito *Ae. aegypti* dentro do estado de Santa Catarina.

A precipitação parece ser um fator preponderante pois os municípios com alta incidência de focos do mosquito são os que apresentam maiores índices pluviométricos. Já as mesorregiões Sul e Planalto Serrano, que apresentaram as médias pluviométricas mais baixas, também foram as menores em número de focos. Além disso, verificou-se que o número total de focos na região serrana é muito baixo em relação às outras mesorregiões do estado, provavelmente devido à média de temperatura mais baixa que a do resto do estado.

Houve um aumento significativo no número de focos de *Ae. aegypti* em Santa Catarina no período estudado. A mesorregião do Oeste de Santa Catarina apresentou o maior número de focos de mosquitos, seguido do Vale do Itajaí, Leste, Norte, Sul e Região Serrana.

Os municípios de Joinville, Chapecó, Balneário Camboriú, São José, Florianópolis e Itajaí mostraram a maior somatória do número de focos durante os anos e estão localizados em diferentes mesorregiões do estado.

Observou-se que os municípios com mais focos do mosquito, estão relacionados a uma maior incidência de casos de dengue autóctones e que não há relação entre a área do município e número de focos de *Ae. aegypti*.

Estudos mais focados devem ser realizados para verificar os principais fatores que estão afetando, em microescala (por municípios ou localidade), a disseminação da doença em Santa Catarina, já que com os dados levantados no presente estudo, não foi possível avaliar todos os aspectos que contribuem para a distribuição dos focos de *Ae. aegypti* e dos casos de dengue no estado.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Raquel Juliana V.; DANSA-PETRETSKI, Marilvia; Interação Patógeno-Vetor: Dengue. **Tópicos Avançados em Entomologia Molecular. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular.** Cap. 14, 2012.

BESERRA, Eduardo B.; FERNANDES, Carlos R. M. ; de Sousa, Jose T. ; DE FREITAS, Eraldo M.; SANTOS, Keliana D. **The Effect of Water Quality in the Life Cycle and in the Attraction for the Egg Oviposition of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae).** Neotropical entomology, Vol.39 (6), p.1016-1023, 2010.

BHATT, Samir et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013.

BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Casos de Dengue. Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas.** 1990 a 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas.** Brasília. Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue.** Brasília: Ministério da Saúde, p. 160, 2009. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo *Aedes* (dengue, chikungunya e Zika), Semanas Epidemiológicas 01 a 52. **Boletim Epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde**, 2020. Recuperado de:

<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/abril/30/informe-arboviroses-15.pdf>

BRUSCA, Richard C; BRUSCA, Gary J. **Invertebrados**, segunda ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2007.

CHRISTOPHERS, S. Rickard. *Aedes aegypti*: the yellow fever mosquito. Its life history, bionomics and structure. Cambridge University Press, 1960.

CHUNG, Wendy M., et al. The 2012 West Nile encephalitis epidemic in Dallas, Texas. **JAMA**, v. 310, p. 297-307, 2013.

COLLINS, F. H. **Biblioteca de Imagens de Saúde Pública do Centro de Controle de Doenças**, 2006. Disponível em: <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=9534>

CONSOLI, Rotraut; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Editora Fiocruz, 1994.

CORDEIRO, Marli Tenório. Evolução da dengue no estado de Pernambuco, 1987-2006: epidemiologia e caracterização molecular dos sorotipos circulantes. 2008. 225 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Centro de pesquisa Ageu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife.

DILKIN, Léia Pedrosa S.; BARRETO, Marlinton R. Fatores abióticos associados a *Aedes aegypti* em Sinop, MT, Brasil. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, p. 14-26, 2012.

DIRETORIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. Boletim Epidemiológico n° 31/2022. **Vigilância entomológica do *Aedes aegypti* e situação epidemiológica de dengue, chikungunya e zika em Santa Catarina, 2022**.

DIRETORIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. Boletim Epidemiológico n° 33/2021. **Situação da dengue, febre do chikungunya e zika vírus em Santa Catarina, 2021**.

DIRETORIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. Boletim Epidemiológico n° 37/2016. **Situação da dengue, febre do chikungunya e zika vírus em Santa Catarina, 2017**.

DIRETORIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA - DIVE. Guia de orientação para treinamento de técnicos de laboratório de entomologia. **Santa Catarina**, p. 22-24, 2008.

DONALÍSIO, Maria Rita; GLASSER, Carmen M. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 5, p. 259-279, 2002.

FIGUEIREDO, L.T.M.; FONSECA, B.A.L. Dengue. In: Roberto Focaccia. **Tratado de infectologia**. 3ª Ed. São Paulo: Atheneu, p. 345-358, 2005.

FORATTINI, Oswaldo P. Entomologia médica, vol. 1. **Universidade de São Paulo, São Paulo**, p. 185-302, 1962.

GOTARDO, Rafael et al. Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 253-276, 2018.

GUBLER, Duane J., 1997. Dengue and dengue hemorrhagic fever: Its history and resurgence as a global health problem. In: Gubler, D. J.; Kuno, G. **Dengue and Dengue and Hemorrhagic Fever**, New York: CAB International, p. 1-22, 1997.

GUBLER, Duane J. Dengue and dengue hemorrhagic fever. **Clinical microbiology reviews**, v. 11, n. 3, p. 480-496, 1998.

HINRICHSEN, Sylvia. **Tua Saúde: Ciclo de Vida do *Aedes aegypti***, 2021.

Disponível em: <https://www.tuasaude.com/ciclo-de-vida-do-aedes-aegypti/>

HOWELL, P. & COLLINS, F. H., **Biblioteca de Imagens de Saúde Pública do Centro de Controle de Doenças**. 2006.

Disponível em: <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=9534>

IBÁÑEZ-BERNAL, Sergio et al. First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico. **Medical and veterinary entomology**, v. 11, n. 4, p. 305-309, 1997.

KNIGHT, Kenneth L.; STONE, Alan. **A catalog of the mosquitoes in the world**. 2ª Edition. Entomological Society of America, 1977.

KYLE, Jennifer L.; HARRIS, Eva. Global spread and persistence of dengue. **Annual review of microbiology**, v. 62, n. 1, p. 71-92, 2008.

LIMA, Edivania de Araújo; FIRMINO, Janne Lúcia da Nóbrega; GOMES FILHO, Manoel F. A relação da previsão da precipitação pluviométrica e casos de dengue

nos estados de Alagoas e Paraíba nordeste do Brasil. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 23, p. 264-269, 2008.

MARCONDES, Carlos B. **Entomologia Médica e Veterinária**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, p. 526, 2011.

MARINHO, Rafael Aguiar. **Ecobiologia de *Aedes aegypti* (L.1762) (Diptera: Culicidae) associada a fatores climáticos em três mesorregiões da Paraíba**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba. p.76. 2013.

MERÊNCIO, Ivan; TASCIA, Fabiane; VIEIRA, Carlos Antonio O. Indicadores socioambientais de focos do *Aedes aegypti* no extremo sul de Santa Catarina. **Acta Brasiliensis**, v.2, p. 53-57, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dengue: aspectos epidemiológicos, diagnóstico e tratamento. Série A. Normas e Manuais Técnicos. **Fundação Nacional de Saúde**, Brasília, n. 176, p. 1-20, 2002.

MIYAZAKI, Rosina Djunko et al. Monitoramento do mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762)(Diptera: Culicidae), por meio de ovitrampas no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Estado de Mato Grosso. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, p. 392-397, 2009.

MORSCHBACHER, Joel; FERRAZ, Lucimare; ANTUNES, Kélen, et al. Indicadores para a ocorrência da dengue em municípios do oeste de Santa Catarina, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, 2021.

NEVES, David P. **Parasitologia Humana**, 11ª ed, Atheneu, São Paulo, 2005.

O'CONNOR, Olivia et al. Vector competence of *Aedes aegypti* from New Caledonia for the four recent circulating dengue virus serotypes. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 14, n. 5, p. e0008303, 2020.

PINHEIRO, Francisco. P.; TRAVASSOS-DA-ROSA, Jorge. F. S. Febres hemorrágicas viróticas. Febre hemorrágica do dengue. **Tratado de infectologia**, p. 258-263, 1996.

POLONI, Telma Regina R. S. **Detecção e tipificação do vírus da dengue por RT-PCR em tempo real**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Farmácia. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto. São Paulo, 2009.

Rstudio Team, 2020. **RStudio**: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston.

RUSSELL, Bruce et al. Survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) eggs in surface and subterranean breeding sites during the northern Queensland dry season. **Journal of medical entomology**, v. 38, n. 3, p. 441-445, 2001.

DA SILVA, Julio Cesar B.; MACHADO, Carlos José S. Associações entre dengue e variáveis socioambientais nas capitais do Nordeste brasileiro por Análise de Agrupamentos. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2019.

TAUIL, Pedro Luiz. Controle de doenças transmitidas por vetores no sistema único de saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 2, p. 59-60, 2002.

TAUIL, Pedro Luiz. Dengue e febre amarela: epidemiologia e controle no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 20, n. s1, 1987.

TAUIL, Pedro Luiz. Perspectivas de controle de doenças transmitidas por vetores no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, p. 275-277, 2006.

TAUIL, Pedro Luiz. Urbanização e ecologia do dengue Urbanization and dengue ecology. **Cad Saúde Pública**, v. 17, p. 99-102, 2001.

TAVEIRA, Lúcia Antonia, FONTES, Luiz Roberto, NATAL, Délsio. **Manual de diretrizes e procedimentos no controle do *Aedes aegypti***. Ribeirão Preto: Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2001.

VERONESI, Ricardo; FOCACCIA, Roberto. Tratado de Infectologia. v. 1. In: **Tratado de infectologia. v. 1**. p. 1351-1351, 2009.

VIANA, Dione V; IGNOTTI, Eliane. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira Epidemiológica**, v. 16, p. 240-256, 2013.

WILDER-SMITH, Annelies; GUBLER, Duane J. **Geographic expansion of dengue: the impact of international travel.** Med Clin North Am. p. 1377-90, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Comprehensive guideline for prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever.** 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204894/>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever.** WHO Regional Office for South-East Asia, 1999.

ZETTEL, Catherine.; KAUFMAN, Phillip. **Yellow fever mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus)(Insecta: Diptera: Culicidae):** EENY-434/IN792, 2/2009. EDIS, v. 2, 2009.