



KARLA HERRANA TENORIO SACANI

**IMPACTO DA COVID-19 NA OCORRÊNCIA
DE DENGUE NO ESTADO DO PARANÁ,
BRASIL**

Maringá – Paraná
2023

KARLA HERRANA TENORIO SACANI

IMPACTO DA COVID-19 NA OCORRÊNCIA DE DENGUE NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Bioestatística do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Bioestatística.

Orientadora: Profa. Dra. Eniuce Menezes

Universidade Estadual de Maringá - UEM

Departamento de Estatística - DES

Programa de Pós-Graduação em Bioestatística

Maringá – Paraná

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S119i

Sacani, Karla Horrana Tenorio

Impacto do COVID-19 na ocorrência de dengue no Estado do Paraná, Brasil / Karla Horrana Tenorio Sacani. -- Maringá, PR, 2024.

34 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eniuce Menezes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Estatística, Programa de Pós-Graduação em Bioestatística, 2024.

1. Dengue. 2. COVID-19. 3. Séries temporais. 4. Modelos lineares generalizados . 5. Poisson. I. Menezes, Eniuce, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Estatística. Programa de Pós-Graduação em Bioestatística. III. Título.

CDD 23.ed. 519.5

Marinalva Aparecida Spolon Almeida - 9/1094

KARLA HERRANA TENORIO SACANI

**Impacto da COVID-19 na ocorrência de Dengue no Estado do Paraná,
Brasil**

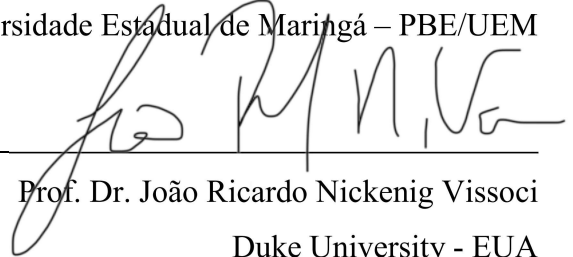
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioestatística do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Bioestatística.

BANCA EXAMINADORA



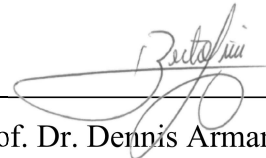
Prof. Dra. Eníuce Menezes

Universidade Estadual de Maringá – PBE/UEM



Prof. Dr. João Ricardo Nickenig Vissoci

Duke University - EUA



Prof. Dr. Dennis Armando Bertolini

Universidade Estadual de Maringá – PCS/UEM

Maringá, 12 de dezembro de 2023.

Para meu pai, José Carlos Sacani, que guiou os meus passos com amor e dedicação, abrindo mão, muitas vezes, de si mesmo, e nunca deixou de me amparar e acolher durante toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu o dom da vida e me abençoou até aqui.

À minha orientadora, Dra. Eniuce Menezes, a pessoa mais inteligente e íntegra que conheci, pela paciência e delicadeza durante estes estudos.

Ao meu marido, Mateus Zubioli Faccin, que esteve ao meu lado desde a graduação, me apoiando incessantemente. À minha filha, Cecília Sacani Faccin, que mesmo tão pequena, me manteve forte e permanente.

As minhas amigas, Thaís Barbosa de Oliveira e Maria Helena Santos de Oliveira, que durante estes estudos me auxiliaram nas minhas maiores dificuldades e me amparam nas minhas falhas, e foram e são essenciais em minha vida.

Por fim, agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Bioestatística Universidade Estadual de Maringá (UEM), com os quais pude adquirir novos conhecimentos ao longo do curso.

RESUMO

Durante o biênio 2019-2020, o estado do Paraná enfrentou uma das mais significativas epidemias de dengue em sua história, coincidindo com o início da pandemia global de COVID-19. Esse período histórico demandou esforços extraordinários do sistema de saúde em todo o mundo. Este estudo ecológico tem como propósito investigar e quantificar a influência da pandemia de COVID-19 nas notificações de casos de dengue no Paraná, especificamente durante o ano epidemiológico de 2020/2021. A abordagem metodológica busca desenvolver um modelo que capture o comportamento e a correlação temporal dos casos semanais de dengue e de COVID-19 durante esse período. Adicionalmente, são considerados fatores como o histórico da doença na região e o risco climático associado ao estado. O modelo estimado foi um modelo linear generalizado autorregressivo para séries temporais de contagem, seguindo a distribuição de Poisson. Esse modelo apresentou um ajuste robusto aos dados, com parâmetros estimados estatisticamente significativos. A sinalização negativa do parâmetro estimado para representar o impacto da COVID-19 indica que, à medida que a pandemia de COVID-19 avançava, ocorreu uma redução no número de novos casos semanais de dengue no Paraná. Esses resultados corroboram a hipótese de que a pandemia por SARS-CoV-2 teve impactos substanciais no monitoramento e controle da dengue no estado. Este estudo contribui para a compreensão dos efeitos inter-relacionados entre a pandemia de COVID-19 e a dinâmica da dengue, destacando a importância de considerar contextos multifatoriais ao abordar questões de saúde pública em períodos complexos e desafiadores.

Palavras-chave: Dengue; COVID-19; Séries Temporais; Modelos Lineares Generalizados; Poisson.

ABSTRACT

During the 2019-2020 biennium, the state of Paraná faced one of the most significant dengue epidemics in its history, coinciding with the beginning of the global COVID-19 pandemic. This historical period demanded extraordinary efforts from the healthcare system around the world. This ecological study aims to investigate and quantify the influence of the COVID-19 pandemic on dengue case notifications in Paraná, specifically during the epidemiological year 2020/2021. The methodological approach seeks to develop a model that captures the behavior and temporal correlation of weekly dengue and COVID-19 cases during this period. Additionally, factors such as the history of the disease in the region and the climate risk associated with the state are considered. The estimated model was an autoregressive generalized linear model for count time series, following the Poisson distribution. This model presented a robust fit to the data, with statistically significant estimated parameters. The negative sign of the parameter estimated to represent the impact of COVID-19 indicates that, as the pandemic progressed, there was a reduction in the number of new weekly dengue cases in Paraná. These results corroborate the hypothesis that the coronavirus pandemic had substantial impacts on the monitoring and control of dengue in the state. This study contributes to understanding the interrelated effects between the COVID-19 pandemic and dengue dynamics, highlighting the importance of considering multifactorial contexts when addressing public health issues in complex and challenging periods.

Keywords: Dengue; COVID-19; Pandemic; Time Series; Generalized Linear Models; Poisson.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Coronavirus disease 2019 (COVID-19)

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

Organização Mundial da Saúde (OMS)

Sistema Único de Saúde (SUS)

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)

Programa de Pós-graduação em Bioestatística (PBE)

Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Coronavirus 2 da síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2)

Doenças transmitidas por vetores (DTV)

Dengue vírus (DENV)

Sorotipo 1 do vírus da dengue (DENV-1)

Sorotipo 2 do vírus da dengue (DENV-2)

Sorotipo 3 do vírus da dengue (DENV-3)

Sorotipo 4 do vírus da dengue (DENV-4)

Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)

Sistema de Alerta Climático-Meteorológico para Prevenção da Dengue (SACDENGUE)

Coordenação de Vigilância Epidemiológica (CVIE)

Secretaria de Estado da Saúde (SESA)

Diretoria de Atenção e Vigilância em Saúde (DAV)

Laboratório de Climatologia da Universidade Federal do Paraná (LABOCLIMA)

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR)

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)

SUMÁRIO

1	Apresentação	11
2	Impacto da COVID-19 na ocorrência de Dengue no estado do Paraná, Brasil	15
2.1	Introdução	16
2.2	Materiais e Métodos	18
2.3	Resultados	20
2.4	Discussão	24
3	Considerações finais	27
	Referências	29
	Apêndices	33
	APÊNDICE A Modelo	34

CAPÍTULO 1

APRESENTAÇÃO

Considerando os eventos da pandemia de COVID-19, em 2020 e 2021, foi possível observar redução na transmissão de informações a respeito da dengue no Brasil nos meios de comunicação físicos e virtuais, como jornais, revistas, informativos e programas de televisão. Vale ressaltar que o mundo estava mobilizado pela COVID-19 que registrou até novembro de 2021 mais de 511,7 milhões de casos confirmados no mundo ([RITCHIE et al., 2022](#)).

A COVID-19 é uma infecção respiratória aguda cujos primeiros casos foram identificados em dezembro de 2019, em um surto de pneumonia na cidade de Wuhan, China, causado por uma nova cepa de coronavírus, posteriormente isolado e nomeado *SARS-CoV-2*. Após esse evento, o vírus se espalhou rapidamente por todo o mundo sendo declarada pandemia mundial pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em março de 2020 ([WANG et al., 2020](#)). No Brasil, a dengue apresenta a décadas ciclos endêmicos (não se relacionam a quantidade, mas a frequência de casos) e epidêmicos (elevado número de novos casos e rápida difusão). O vírus da dengue (DENV) apresenta quatro sorotipos virais, sorotipo 1 (DENV-1), sorotipo 2 (DENV-2), sorotipo 3 (DENV-3) e sorotipo 4 (DENV-4), que se intercalam com a ocorrência de epidemias, em geral associadas a alteração do sorotipo predominante ou a introdução de um desses em novas áreas, ou seja, áreas não atingidas anteriormente ([RIBEIRO et al., 2020](#)). A introdução e reintrodução destes tipos em uma população, junto com a imunidade de rebanho, é responsável por um comportamento sazonal das séries de tempo de casos notificados da doença.

O número de casos de dengue notificados à OMS aumentou mais de 8 vezes nas últimas duas décadas, de 505.430 casos em 2000, para mais de 2,4 milhões em 2010 e 5,2 milhões em 2019. As mortes relatadas entre o ano de 2000 e 2015 aumentaram de 960 para 4.032, afetando principalmente a faixa etária mais jovem. O número total de casos aparentemente diminuiu durante os anos de 2020 e 2021, bem como para as mortes relatadas ([WHO, 2022](#)).

Mesmo apresentando sintomas similares aos presentes no contágio por coronavírus, a dengue é uma doença infecciosa febril aguda cujo vírus é classificado como arbovírus por ter como transmissores mosquitos, sendo que, no Brasil, o vetor de transmissão principal é a fêmea do mosquito *Aedes aegypti*. Por ser predominantemente subtropical úmido, o clima paranaense torna o estado uma região propícia a proliferação de mosquitos, em especial, o *Aedes aegypti*. O mosquito transmissor da dengue se caracteriza como urbano, por ser rara a localização de ovos ou larvas no interior de matas. Em contrapartida, levando em consideração a forma de contágio por coronavírus, há também uma concentração de casos em centros urbanos (SATHLER; LEIVA, 2022).

Diferente da COVID-19 que atualmente possui vários tipos de vacinas, ofertadas pela rede pública de saúde, que auxiliam na suavização dos efeitos da doença, a dengue ainda não possui vacinas disponíveis no Sistema Único de Saúde (SUS) para a população. O desafio considerado mais importante no desenvolvimento de vacinas contra dengue é a necessidade de imunização tetravalente igualmente eficaz para todos os quatro sorotipos. Uma infecção primária com um dos sorotipos de dengue pode estabelecer uma memória de longo prazo contra a infecção do mesmo, entretanto essa pode resultar em uma resposta sub neutralizante de curto prazo para os outros sorotipos (TORRES-FLORES; REYES-SANDOVAL; SALAZAR, 2022).

Atualmente, no Brasil, constam duas vacinas, contra dengue, autorizadas pela ANVISA. A QDengua (Takeda, Japão), autorizada em 2023, a única vacina contra a dengue aprovada no país para utilização em indivíduos sem necessidade de teste pré-vacinação, e a DengVaxia (Sanofi-Pasteur, França) recomendada somente para quem já foi infectado com o vírus da dengue, disponível há alguns anos (BRASIL, 2023a; BRASIL, 2015). Além de outras vacinas sob investigação contra dengue, passando por investigação pré-clínica ou em diferentes fases de ensaios clínicos, incluindo vacina viva atenuada, vacina inativada, vacina de subunidade recombinante, vacina de vetor viral e vacina de DNA (TORRES-FLORES; REYES-SANDOVAL; SALAZAR, 2022; DENG et al., 2020). A vacina viva atenuada Qdenga, foi aprovada em março de 2023, indicada para a prevenção de dengue, qualquer sorotipo do vírus, em indivíduos de 4 a 60 anos de idade, produzida pela empresa TAKEDA PHARMA LTDA (ANVISA, 2023). A DengVaxia fabricada pelo laboratório francês Sanofi-Pasteur, trás o benefício da administração da vacina apenas para as pessoas que já tiveram dengue, pessoas que nunca tiveram contato com o vírus apresentam maior risco de desenvolver um quadro mais grave quando tomam a vacina e, posteriormente, contraem a doença (BRASIL, 2022b).

O tratamento da dengue é baseado principalmente na hidratação do paciente e utilização de analgésicos e antitérmicos. Por outro lado, por se tratar de uma doença transmitida por mosquitos a conscientização e informação para a população são aliados diretos tornando o controle da doença algo possível. Entretanto, programas de saúde responsáveis pelo moni-

toramento e controle de Doenças Infecciosas Transmitidas por Vetores (DTV), em especial a dengue, estão entre os mais afetados pela pandemia de COVID-19 (OPAS; OMS, 2022). Em 1955, a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) promoveu uma grande campanha que erradicou o *Aedes aegypti* em vários países, inclusive no Brasil, mas a campanha não foi consolidada levando a permanência do mosquito em alguns locais, como Suriname, Venezuela, várias ilhas do Caribe, Guianas e sul dos Estados Unidos (RITA; FREITAS; NOGUEIRA, 2013).

CASTANEDA-GOMEZ et al. (2021) discutem as influências da COVID-19 no controle do mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* e na vigilância epidemiológica de infecções por arbovírus, tomando como base as políticas públicas do México. Os autores descrevem como as ações de controle do mosquito *Aedes aegypti* foram restritas em decorrência da contingência sanitária e realocação de recursos durante a pandemia de COVID-19, além de ressaltarem a necessidade de formação e supervisão do pessoal médico para o fortalecimento da vigilância epidemiológica e o correto manejo clínico das arboviroses. No estudo realizado por BEJARANO et al. (2021) a história de dengue sintomática não esteve entre as variáveis relevantes relacionadas ao desfecho quadro clínico de COVID-19 no Paraguai. CONCHA-VELASCO e CURIOSO (2021) evidenciam a urgência de fortalecimento de estratégias nacionais de comunicação de risco, para o Peru e outros países da América Latina, especialmente em áreas com maior distribuição do vetor do vírus, onde o medo e o isolamento devido à pandemia da COVID-19 limitaram significativamente o trabalho promocional preventivo e de controle da dengue.

Apresentando comportamento similar à COVID-19, com a transmissão do vírus da dengue sendo maior em centros urbanos, ainda assim há notificações de surtos em regiões com menor densidade populacional, como pequenas vilas e distritos. No estado do Paraná, houve um grande número de casos entre 2015 e 2016, com registros de mais de 56 mil casos confirmados e 61 mortes. Entretanto, entre 2019 e 2020, o Paraná enfrentou um dos maiores índices da história, foram registrados 227.724 casos confirmados, com 177 mortes. No dia 19 de abril de 2022 a Secretaria de Estado da Saúde (SESA) declarou situação de epidemia de dengue no Paraná, com registro de agosto de 2021, quando se inicia o período epidemiológico, até o momento da declaração, de mais de 80 mil notificações e 5 mortes (AEN-PR, 2022).

Após o início da pandemia mundial de COVID-19, artigos relacionando dengue e COVID-19 com alertas a respeito do impacto potencial de epidemias simultâneas das doenças foram publicados. Os trabalhos de Chowdhury, Hossain e Biswas (2020), Lorenz, Azevedo e Chiaravalloti-Neto (2020), Miah e Husna (2021), Poveda (2020), buscam justamente enfatizar os problemas para os sistemas de saúde pública que essas doenças em situação concomitantes podem acarretar. Plasencia-Dueñas, Failoc-Rojas e Rodriguez-Morales (2022) realizaram um estudo ecológico no Peru e observaram, por meio de regressão de Poisson, que o número de dengue por milhão aumentou durante o período de pandemia de COVID-19 em todo o país.

Outro fator importante a ser levado em consideração é o efeito dos isolamentos sociais da COVID-19 em resposta à pandemia da doença, visto que essas medidas visam justamente reduzir a circulação de pessoas em vias públicas, bem como o contato entre elas. [Brady e Wilder-Smith \(2021\)](#) discutem o impacto de *lockdowns* da COVID-19, bloqueios sociais em resposta à pandemia por SARS-CoV-2, na dengue, enfatizando que os principais efeitos negativos dos mesmos são provenientes da interrupção dos programas rotineiros de controle do vetor. Buscando também entender o impacto de *lockdowns* da COVID-19 na transmissão da dengue, mas no Sri Lanka, [Liyanaige, Rocklöv e Tissera \(2021\)](#) obtiveram redução estatisticamente significativa e homogênea do risco de dengue, com maior impacto em menores de 19 anos, com redução de 92% (RR 0,8; IC 95% de 0,03 a 0,25). No Brasil, estudos apresentaram achados semelhantes, como [Conceição et al. \(2021\)](#) que, por meio de modelos de regressão com resposta binomial negativa, avaliaram a associação entre isolamento decorrente da COVID-19 e ocorrência de dengue no estado de São Paulo, constatando que o risco de dengue diminuiu cerca de 9,1% durante isolamento social.

Este trabalho trata-se de um estudo ecológico com objetivo de investigar e quantificar a influência da pandemia de COVID-19 na notificação de casos de dengue no estado do Paraná, no ano epidemiológico de 2020/2021. Buscou-se a construção de um modelo que considerasse o comportamento e correlação temporal tanto para os casos semanais de dengue quanto para os de COVID-19 do período, levando também em consideração o histórico da doença e o risco climático do estado. Para garantir uma modelagem que considere a correlação serial, foi construído um modelo autorregressivo de Poisson ([LIBOSCHIK; FOKIANOS; FRIED, 2017](#)). Utilizou-se de dados públicos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), do Boletim - Informe Epidemiológico Coronavírus e do Sistema de Alerta Climático-Meteorológico para Prevenção da Dengue (SACDENGUE).

A partir dos estudos realizados, comprovou-se que a pandemia de COVID-19 impactou os processos de gerenciamento epidemiológico e monitoramento da dengue, assim é possível a realização de análise do sistema de saúde, observando fatores pontuais que podem ter infringido esse impacto.

CAPÍTULO 2

IMPACTO DA COVID-19 NA OCORRÊNCIA DE DENGUE NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

RESUMO

Entre os anos de 2019 e 2020, o estado do Paraná registrou uma das maiores epidemias de dengue da história, sendo essa procedida pelo início da pandemia mundial da COVID-19, um período histórico e complexo para todo o mundo, que exigiu o máximo do sistema de saúde. Este trabalho trata-se de um estudo ecológico com objetivo de investigar e quantificar a influência da pandemia de COVID-19 na notificação de casos de dengue no estado do Paraná, no ano epidemiológico de 2020/2021. Buscou-se a construção de um modelo que considerasse o comportamento e correlação temporal tanto para os casos semanais de dengue quanto para os de COVID-19 do período, levando também em consideração o histórico da doença e o risco climático do estado. O modelo construído foi um linear generalizado autorregressivo para séries temporais de contagem seguindo a distribuição de Poisson, o qual apresentou um bom ajuste aos dados, com parâmetros estimados estatisticamente significativos. O parâmetro estimado para representar o impacto da COVID-19 apresentou sinal negativo demonstrando que à medida que ocorreu o avanço da pandemia de COVID-19 houve decaimento no número de novos casos semanais de dengue no estado do Paraná. Com os resultados apresentados neste trabalho, a hipótese de que a pandemia do coronavírus impactou o monitoramento e controle da dengue no estado é evidenciada.

Palavras-chave: Dengue; COVID-19; Séries Temporais; Modelos Lineares Generalizados; Poisson.

2.1 Introdução

Considerando os eventos da pandemia de COVID-19, em 2020 e 2021, foi possível observar redução na transmissão de informações a respeito da dengue no Brasil nos meios de comunicação físicos e virtuais, como jornais, revistas, informativos e programas de televisão. Vale ressaltar que o mundo estava mobilizado pela COVID-19 que registrou até novembro de 2021 mais de 511,7 milhões de casos confirmados no mundo (RITCHIE et al., 2022).

O número de casos de dengue notificados à OMS aumentou mais de 8 vezes nas últimas duas décadas, de 505.430 casos em 2000, para mais de 2,4 milhões em 2010 e 5,2 milhões em 2019 (WHO, 2022). O número total de casos aparentemente diminuiu durante os anos de 2020 e 2021, bem como para as mortes relatadas.

Mesmo apresentando sintomas similares aos presentes no contágio por coronavírus, como febre, dor de cabeça, dores no corpo e cansaço muscular, a dengue é uma doença infecciosa febril aguda cujo vírus é classificado como arbovírus, por ser transmitido através da picada de vetores artrópodes, como mosquitos. O DENV é um arbovírus do gênero Flavivírus, pertencente à família *Flaviviridae*, sendo que, no Brasil, o principal vetor de transmissão é a fêmea do mosquito *Aedes aegypti*. O clima paranaense, por ser predominantemente subtropical úmido, torna o estado uma região propícia à proliferação de mosquitos, entre os quais, o *Aedes aegypti*. O mosquito transmissor da dengue se caracteriza como urbano, visto que necessita de áreas com grande densidade demográfica para facilitar a busca de alimentos, abrigos e por encontrar maior número de criadouros disponíveis para a oviposição. Em contrapartida, levando em consideração a forma de contágio por coronavírus, tem-se também uma concentração de casos em centros urbanos (SATHLER; LEIVA, 2022).

A dengue é uma arbovirose urbana, sendo mais prevalente nas Américas, considerada de grande importância em saúde pública, constituindo-se em problema de saúde pública no mundo. Endêmica em muitas regiões do Brasil, a dengue vem apresentando ocorrência intercalada de epidemias, geralmente associadas com a alteração do sorotipo predominante ou introdução de novos sorotipos em áreas anteriormente indenas (BRASIL, 2019).

Diferente da COVID-19 que atualmente possui vários tipos de vacinas, ofertadas pela rede pública de saúde, que auxiliam na redução do número de casos graves e óbitos, a oferta de vacinas contra a dengue ainda não está disponível no Sistema Único de Saúde (SUS), sendo o controle do vetor de transmissão o principal método para prevenção. Uma infecção primária com um dos sorotipos de dengue pode estabelecer uma memória de longo prazo contra a infecção do mesmo, porém essa pode resultar em uma resposta sub neutralizante de curto prazo para os outros sorotipos (TORRES-FLORES; REYES-SANDOVAL; SALAZAR, 2022). O desafio considerado mais importante no desenvolvimento de vacinas contra dengue

é a necessidade de imunização tetravalente igualmente eficaz para todos os quatro sorotipos (TORRES-FLORES; REYES-SANDOVAL; SALAZAR, 2022).

O tratamento da dengue é baseado principalmente na hidratação do paciente e utilização de analgésicos e antitérmicos. Por outro lado, por se tratar de uma doença transmitida por mosquitos a conscientização e informação para a população são aliados diretos tornando o controle da doença algo possível. Todavia, programas de saúde responsáveis pelo monitoramento e controle de Doenças Infecciosas Transmitidas por Vetores (DTV), em especial a dengue, estão entre os mais afetados pela pandemia da COVID-19 (OPAS; OMS, 2022).

CASTANEDA-GOMEZ et al. (2021) discutem as influências da COVID-19 no controle do mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* e na vigilância epidemiológica de infecções por arbovírus, tomando como base as políticas públicas do México. Os autores descrevem como as ações de controle do mosquito *Aedes aegypti* foram restritas em decorrência da contingência sanitária e realocação de recursos durante a pandemia de COVID-19, além de ressaltarem a necessidade de formação e supervisão do pessoal médico para o fortalecimento da vigilância epidemiológica e o correto manejo clínico das arboviroses. No estudo realizado por BEJARANO et al. (2021) a história de dengue sintomática não esteve entre as variáveis relevantes relacionadas ao desfecho quadro clínico de COVID-19 no Paraguai. CONCHA-VELASCO e CURIOSO (2021) evidenciam a urgência de fortalecimento de estratégias nacionais de comunicação de risco, para o Peru e outros países da América Latina, especialmente em áreas com maior distribuição do vetor do vírus, onde o medo e o isolamento devido à pandemia da COVID-19 limitaram significativamente o trabalho promocional preventivo e de controle da dengue.

Após o início da pandemia da COVID-19, artigos relacionando dengue e COVID-19 com alertas a respeito do impacto potencial de epidemias simultâneas de ambas as doenças foram publicados. Os trabalhos de Chowdhury, Hossain e Biswas (2020), Lorenz, Azevedo e Chiaravalloti-Neto (2020), Miah e Husna (2021), Poveda (2020) enfatizaram os problemas para os sistemas de saúde pública que essas doenças em situação concomitantes podem acarretar. Malavige, Jeewandara e Ogg (2022) discutem as semelhanças e diferenças entre as duas infecções com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas.

Outro fator importante a ser levado em consideração é o efeito dos isolamentos sociais da COVID-19 em resposta à pandemia da doença, visto que essas medidas visam justamente reduzir a circulação de pessoas em vias públicas, bem como o contato entre elas. Brady e Wilder-Smith (2021) discutem o impacto de *lockdowns* da COVID-19, bloqueios sociais em resposta à pandemia de COVID-19, na dengue, enfatizando que os principais efeitos negativos dos mesmos são provenientes da interrupção dos programas rotineiros de controle do vetor. Buscando também entender o impacto de *lockdowns* da COVID-19 na transmissão da dengue, mas no Sri Lanka, Liyanage, Rocklöv e Tissera (2021) obtiveram redução estatisticamente

significativa e homogênea do risco de dengue, com maior impacto em menores de 19 anos, com redução de 92%. No Brasil, estudos apresentaram achados semelhantes, como [Conceição et al. \(2021\)](#) que, por meio de modelos de regressão com resposta binomial negativa, avaliaram a associação entre isolamento decorrente da COVID-19 e ocorrência de dengue no estado de São Paulo, constatando que o risco de dengue diminuiu cerca de 9,1% na presença do isolamento social.

Este trabalho trata-se de um estudo ecológico com o objetivo de investigar e quantificar possível influência da pandemia causada pela COVID-19 na notificação de casos de dengue no estado do Paraná, tomando o período do ano epidemiológico 2020/2021, considerando o comportamento temporal já existente no estado. Para garantir uma modelagem que considere a correlação serial, ou seja, ao longo do tempo, construiu-se um modelo linear generalizado autorregressivo para séries temporais de contagem, seguindo a distribuição de Poisson, para modelar o número de novos casos semanais de dengue no ano epidemiológico 2020/2021 considerando o número de novos casos semanais de COVID-19 no mesmo período, além da média histórica dos casos semanais de dengue e o risco climático histórico semanal médio para ocorrência da doença no Paraná.

2.2 Materiais e Métodos

Localizado na Região Sul do Brasil, o Paraná é uma das 27 unidades federativas do Brasil, possuindo uma área de 199307,922km². O estado é dividido em 399 municípios, tendo como capital a cidade de Curitiba, e se limita com os estados brasileiros: Mato Grosso do Sul, São Paulo e Santa Catarina, além dos países Paraguai e Argentina, e do Oceano Atlântico. No ano de 2021, o Paraná possuía uma estimativa populacional de 11.597.484 habitantes, sendo a quinta maior unidade federativa do Brasil ([IBGE, 2021](#)).

Os dados referentes aos casos de dengue foram obtidos junto à Vigilância Epidemiológica da Secretaria Estadual de Saúde (SESA/PR), compilados através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Foram considerados os casos confirmados de dengue (dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave) ocorridos segundo o local de residência no estado do Paraná, de 03 de dezembro de 2006 a 31 de julho de 2021. Os dados de 01 de agosto de 2020 a 31 de julho de 2021 foram utilizados como variável resposta, e as informações anteriores para a construção da média histórica de casos de dengue. Os dados utilizados foram selecionados a partir da variável data de aparecimento dos primeiros sintomas no banco de dados do SINAN, tendo como objetivo minimizar distorção dos dados em decorrência de eventuais discrepâncias entre a data de ocorrência e a data de notificação do caso.

Os dados referentes aos casos de COVID-19 foram obtidos pelo Boletim - Informe Epidemi-

ológico Coronavírus (COVID-19), disponibilizado no portal Coronavírus Brasil, atualizado no dia 8 de maio de 2022 às 17h32, horário de Brasília. Foram considerados os casos confirmados de COVID-19 ocorridos segundo o local de residência no estado do Paraná, de 01 de agosto de 2020 a 31 de julho de 2021, consultados no dia 9 de maio de 2022 às 10h30, horário de Brasília. Conforme orientação constante no Guia de Vigilância Epidemiológica - Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional do Ministério da saúde, foram considerados os critérios de caso confirmado de COVID-19, os diagnósticos clínico, clínico imagem, clínico epidemiológico e laboratorial (SAÚDE, 2020).

Os dados referentes ao risco climático foram obtidos pelo Boletim de Alerta, disponibilizado pelo Sistema de Alerta Climático-Meteorológico para Prevenção da Dengue (SACDENGUE) e desenvolvido pelo Laboratório de Climatologia (LABOCLIMA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), com apoio do Instituto Tecnológico do Paraná (SIMEPAR) e da SESA/PR. Foram considerados os valores semanais do risco climático para os municípios do estado do Paraná, de 31 de dezembro de 2017 a 31 de dezembro de 2022. O boletim contém informações a respeito do monitoramento das condições de risco climático no Paraná, permitindo a identificação da formação de situações meteorológicas favoráveis à reprodução e atuação do *A. aegypti*. No Boletim de Alerta, os municípios são classificados em quatro níveis segundo a formação de condições meteorológico-climáticas ótimas para a proliferação do vetor da dengue, sendo eles: Alto Risco (3), Médio Risco (2), Baixo Risco (1) e Sem Risco (0) de infestação pelo *A. aegypti* e transmissão de dengue.

Assim, foram construídas quatro séries temporais considerando o período epidemiológico 2020/2021 no estado do Paraná (início em 01/08/2020 e término em 31/07/2021), uma com a incidência semanal de casos de dengue, outra com a incidência semanal de casos de COVID-19, a terceira com a média histórica dos casos de dengue por semana epidemiológica e a última com o risco médio climático por semana epidemiológica. Em análises de séries temporais deve-se observar as características das mesmas, tais como estacionariedade, tendência e sazonalidade, tipo de dependência ou correlação temporal, para que a modelagem seja realizada adequadamente (MORETTIN, 1981).

Para a modelagem, procurou-se construir um modelo que pudesse descrever os efeitos de covariáveis e correlações de maneira direta, para facilitar a interpretação. Como a série de interesse a ser modelada naturalmente se refere a dados de contagem (ocorrência de casos de dengue), o modelo deve considerar que os valores a ser modelados são inteiros positivos e precisam capturar adequadamente a dependência temporal. Neste sentido, foi construído um modelo linear generalizado autorregressivo seguindo a distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica para séries temporais de contagem. Assim, a variável resposta, Y_t com $t = 1, 2, \dots, n$ e $n = 53$, representa o número de novos casos de dengue nas 53 semanas

epidemiológicas do ano epidemiológico de 2020/2021 e 3 covariáveis: a média histórica dos casos de dengue normalizada, o número de novos casos semanais de COVID-19 do período, também normalizado, e a média do risco climático. Estas covariáveis serão representadas no modelo por $X_t = \{X_{t,1}, X_{t,2}, X_{t,3}\}^T$ e o efeito das mesmas a ser estimado será representado pelo vetor $\eta = (\eta_1, \eta_2, \eta_3)^T$.

Para construir um modelo que considere a característica temporal (histórico passado F_t), a média condicional $E(Y_t | F_{t-1})$ será modelada por um processo λ_t , tal que $E(Y_t | F_{t-1}) = \lambda_t$. Para permitir a regressão no passado arbitrário da variável resposta, seja um conjunto $P = \{1, \dots, p\}$, permitindo assim a regressão das defasagens $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$. Analogamente, seja $Q = \{1, \dots, q\}$, para a regressão das defasagens condicionais $\lambda_{t-1}, \lambda_{t-2}, \dots, \lambda_{t-q}$ (LIBOSCHIK; FOKIANOS; FRIED, 2017). Especificações da ordem p e q do modelo são determinadas considerando as funções de autocorrelação dos dados observados, abordagem descrita para modelos ARMA segundo a metodologia de Box-Jenkins (BOX; JENKINS, 1976). Assim, obtém-se um modelo log-linear de ordem p e q para séries temporais de contagem:

$$\log(\lambda_t) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k \log(Y_{t-k} + 1) + \sum_{l=1}^q \alpha_l \log(\lambda_{t-l}) + \eta^T X_t.$$

Para verificar a adequação do ajuste, estima-se os resíduos de Pearson dados por (FOKIANOS; TJOSTHEIM, 2011):

$$e_t = \frac{Y_t - \lambda_t}{\sqrt{\lambda_t}}.$$

Sob a suposição de um modelo correto, e_t é uma sequência de ruído branco com variância constante. Para estimar os resíduos, substitui-se λ_t por $\lambda_t(\hat{\Theta})$ em que $\hat{\Theta}$ é o vetor de todos os parâmetros estimados ($\hat{\beta}$, $\hat{\alpha}$ e $\hat{\eta}$). Técnicas tradicionais para verificação da adequação dos resíduos podem ser utilizadas de modo que a verificação de funções de autocorrelação é essencial. Portanto, examinou-se os resíduos quanto à variância constante, média zero e não apresentar correlações significativas em caso de ajuste satisfatório do modelo. Fokianos e Tjostheim (2011) e Chen e Lee (2016) também sugerem essa técnica para a verificação diagnóstica.

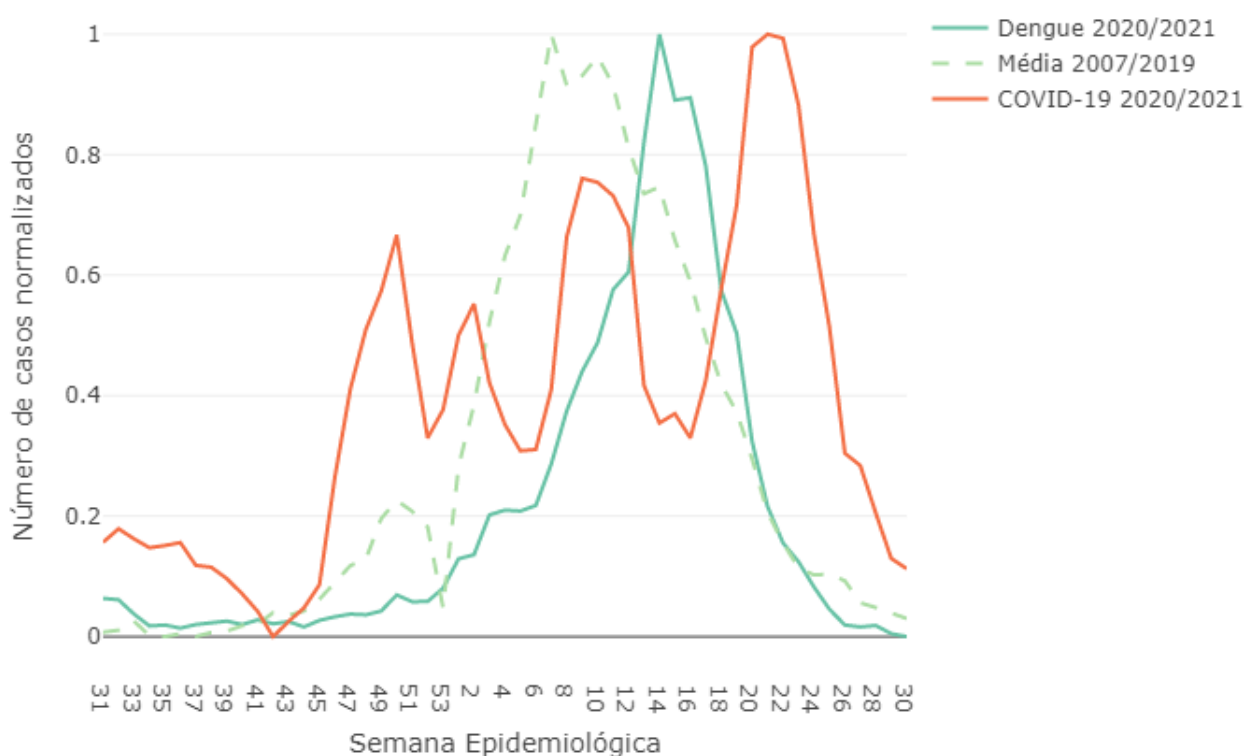
2.3 Resultados

No estado do Paraná, houve um grande número de casos de dengue entre 2015 e 2016, com registros de mais de 56 mil casos confirmados e 61 mortes. Contudo, entre 2019 e início de 2020, o Paraná enfrentou um dos maiores índices da história, foram registrados mais de 227 mil casos confirmados, com 177 mortes. Após uma redução no período de pandemia de COVID-19, no dia 19 de abril de 2022 a Secretaria de Estado da Saúde (SESA) declarou

novamente situação de epidemia de dengue no Paraná, com mais de 80 mil notificações e cinco mortes pela doença de agosto de 2021 até a data da declaração (AEN-PR, 2022).

Na Figura 1 representa-se a evolução temporal no ano epidemiológico de 2020/2021 do número de casos confirmados semanais de ambas as doenças, COVID-19 e dengue no estado do Paraná, e a média do número de casos confirmados de dengue por semana epidemiológica de 2006 à 2019, na qual é possível visualizar como o comportamento das séries podem estar correlacionados. É possível observar um atraso no pico de dengue no ano epidemiológico de 2020/2021 de aproximadamente 7 semanas, quando comparado ao comportamento médio da doença nos anos anteriores. Esta situação pode ser proveniente de possível subnotificação, além de outros fatores que foram acarretados pela COVID-19, a qual apresentou aumento considerável no número de casos semanais no mesmo período em que se era esperado também aumento do número de casos semanais de dengue, segundo o histórico do estado do Paraná.

Figura 1 – Evolução temporal semanal dos casos de dengue e de COVID-19 no ano epidemiológico 2020/2021 e média histórica semanal dos casos de dengue calculada de 2006 a 2019 no estado do Paraná.

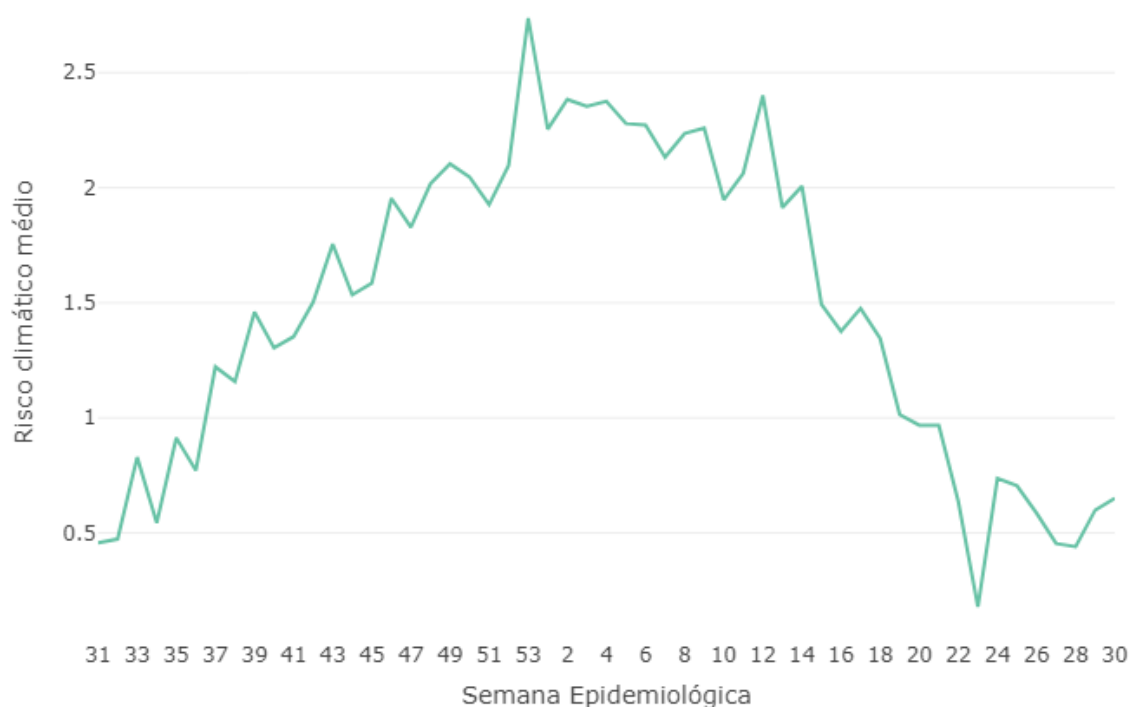


Fonte: Os autores.

Quanto às condições climáticas é possível observar na Figura 2 que em média, entre as semanas epidemiológicas 1 e 14, se tem maior risco à proliferação do mosquito no estado do

Paraná, assim, conseqüentemente possível aumento também no número de casos. Tal situação é corroborada com as informações obtidas a respeito da média histórica semanal de ocorrência de casos de dengue no estado, que apresenta os maiores valores dentro do mesmo período, entre as semanas 1 e 14. Entretanto, em relação à evolução temporal dos casos de dengue em 2020/2021, tem-se o maior número de casos entre as semanas epidemiológicas 14 e 20, período em que o risco climático médio está em declínio com valores consideráveis médio à baixo risco.

Figura 2 – Risco climático médio semanal para ocorrência de situações meteorológicas favoráveis à proliferação do *Aedes aegypti* no estado do Paraná, calculado de 2018 a 2022.



Fonte: Os autores.

Para a construção do ajuste da variável com os dados de dengue do ano epidemiológico de 2020/2021 (Y_t) considerou-se um modelo linear generalizado para séries temporais de contagem, seguindo a distribuição de Poisson e com a função de ligação canônica, a logarítmica. Desse modo, utilizando a média histórica dos casos de dengue (X_1) desde o ano epidemiológico de 2006/2007, o risco climático médio (X_2) desde 2018 e o número de novos casos semanais de COVID-19 (X_3) do ano epidemiológico 2020/2021, mesmo período da variável resposta, obtém-se o modelo

$$\log(\lambda_t) = 0,42 + 0,90Y_{t-1} + 0,39X_1 + 0,12X_2 - 0,27X_3$$

Para a validação, verificou-se que os resíduos do modelo não são normalmente distribuídos (testes Jarque-Bera e Shapiro-Wilk), não obstante, este resultado já era esperado por se tratar de uma variável a respeito dos casos de dengue no Paraná, que apresenta ciclos endêmicos e epidêmicos. Os valores p dos testes de correlação dos resíduos são superiores ao nível de significância de 5%, indicativo de não rejeição da hipótese nula de erros não autocorrelacionados, em ambos os testes (teste Ljung-Box, valor $p = 0,377$, e teste Box-Pierce, valor $p = 0,419$).

Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas dos parâmetros do modelo ajustado, considerando as covariáveis para representar o período pandêmico, a existência de risco climático aumentado para a proliferação do mosquito e o histórico de dengue na região.

Tabela 1 – Estimativas, valor p do teste unilateral e exponencial (exp) das estimativas dos parâmetros do modelo linear generalizado assumindo a distribuição de Poisson ajustado aos dados de dengue no estado do Paraná com as covariáveis: média histórica de dengue na região (X_1), risco climático médio (X_2) e dados de COVID-19 do mesmo período e região (X_3).

Parâmetro	Estimativa	exp	$(exp - 1) \times 100$	Erro Padrão	Valor de t	Valor p
β_0	0,418	—	—	0,062	6,713	< 0,0001
β_1	0,900	—	—	0,008	106,888	< 0,0001
X_1	0,397	1,49	+49%	0,038	10,211	< 0,0001
X_2	0,122	1,13	+13%	0,017	7,019	< 0,0001
X_3	-0,269	0,76	-24%	0,027	-9,857	< 0,0001

Fonte: Os autores.

O coeficiente estimado β_1 correspondente a autocorrelação de primeira ordem indica que há forte dependência (0,90) do número de casos semanais de dengue da semana anterior, o que é esperado devido à forma de contágio e transmissão do vírus. Confirma-se também que, mesmo com a influência da pandemia de COVID-19, a dependência histórica sazonal da dengue explicou em média 49% dos casos de dengue, os quais ocorreram de acordo com o padrão sazonal esperado. Em relação ao risco climático médio, por meio das estimativas do modelo, pode-se verificar que em média 13% dos casos de dengue são explicados ao longo das semanas epidemiológicas de acordo com o risco climático. Assim, quanto maior a média histórica e quanto maior o risco climático, maior é a ocorrência de casos de dengue. Já a estimativa para o parâmetro do número de casos semanais de COVID-19 pode ser interpretada como uma redução por um fator de 0,76 no número de novos casos de dengue na região, ou seja, em média houve redução de 24% no número de casos de dengue com o avanço do número de casos de COVID-19. Desse modo, quanto maior o número de novos casos semanais de COVID-19, menor é a ocorrência de casos de dengue. Note que, de acordo com o teste t , todos os coeficientes são estatisticamente significativos a nível de 5%.

2.4 Discussão

Os resultados obtidos com a modelagem dos dados semanais de novos casos de dengue no estado do Paraná no ano epidemiológico de 2020/2021 com o modelo linear generalizado seguindo a distribuição de Poisson, tanto no ajuste quanto na quantificação da pandemia por SARS-CoV-2, podem ser considerados satisfatórios, uma vez que parâmetros estimados são estatisticamente significativos.

O sinal negativo do parâmetro estimado da variável exógena indica a existência de uma relação indireta entre a dengue e essa variável, demonstrando que a medida que ocorreu o avanço da pandemia de COVID-19, com o aumento no número dos casos semanais da doença, houve decaimento no número de novos casos semanais de dengue. Uma possível justificativa para esse efeito de decaimento e subnotificação, se dá pelo fato de que o estado do Paraná experimentou surtos sobrepostos de dengue e COVID-19, um desafio para os sistemas de saúde na busca de diagnóstico, tratamento, alocação de recursos e deslocamento das equipes de saúde para o controle da COVID-19. Além disso, os sintomas da COVID-19 podem variar bastante de uma pessoa para outra, e em muitos casos, as doenças podem apresentar características clínicas semelhantes (BRASIL, 2022a). O estado do Paraná, assim como outras regiões do Brasil e do mundo, busca o controle da infecção por dengue há décadas, com várias pesquisas produzidas e em andamento a respeito do vírus, como tratamento e prevenção. Em contrapartida as informações a respeito da infecção humana pelo SARS-CoV-2, após os primeiros casos eram escassas e em fases iniciais. Plasencia-Dueñas, Failoc-Rojas e Rodriguez-Morales (2022) realizaram um estudo ecológico, de janeiro de 2018 a janeiro de 2021, no Peru, por meio de regressão de Poisson e obtiveram que o número de casos de dengue por milhão aumentou durante o período de pandemia da COVID-19 em todo o país, situação contrária à apresentada pelos dados no estado do Paraná.

A pandemia da COVID-19 ocorreu em nível global, com o mundo todo se mobilizando na busca de informações e metodologias de controle, em contrapartida a dengue possui características regionais, podendo alguns municípios estarem em situação epidêmica da doença e outros em situação endêmica, além de que a reintrodução de um tipo viral, que não se encontrava em circulação na região, pode aumentar repentinamente a incidência, no mesmo estado ou região. Desse modo, um grande problema enfrentado no período foi a distribuição de recursos financeiros, uma vez que, em nível nacional, o Brasil conta com mais de 150 milhões de brasileiros, dependendo exclusivamente do Sistema Único de Saúde (SUS), e a COVID-19 sozinha foi potencial para sobrecarga desse sistema.

O modelo linear generalizado autorregressivo para séries temporais de contagem seguindo a distribuição de Poisson apresentou um bom ajuste aos dados, permitindo inferir que, em média, houve redução de 24% no número de casos de dengue com o avanço do número de casos de

COVID-19. Segundo o Boletim Epidemiológico BRASIL (2023b), no ano epidemiológico de 2022 ocorreram mais de 1,4 milhão de casos prováveis de dengue no Brasil, redução de 6,2% de casos registrados em comparação com o mesmo período de 2019. Entretanto, em comparação com o mesmo período do ano de 2021 houve um aumento de 162,5% no número de casos de dengue. Estes dados corroboram com a hipótese levantada por este estudo, visto que após a redução em 2019, há um aumento significativo do número de casos de dengue no país em 2021. Malibari et al. (2020) alertam para a probabilidade de duas co-epidemias acontecerem simultaneamente, dengue e COVID-19, com capacidade plena de sobrecarga dos sistemas de saúde nas zonas afetadas, ainda mais, considerando a possibilidade, atualmente comprovada, do vírus da dengue causar uma detecção falso-positiva do SARS-CoV-2.

Um dos problemas principais no enfrentamento simultâneo das duas doenças é a não consideração da COVID-19 em indivíduos com resultado positivo para dengue proveniente de um teste rápido, ou não consideração da dengue em indivíduos com resultado positivo para COVID-19, levando a implicações sérias para o paciente e para a saúde pública. Yan et al. (2020) enfatizam a necessidade urgente de soluções rápidas com diagnóstico sensível e testes acessíveis para SARS-CoV-2, que precisam ser altamente precisos para proteção da saúde pública. Essa necessidade foi demonstrada na Itália, onde 1 de 44 indivíduos soropositivos para o vírus da dengue resultou em um resultado falso-positivo para anticorpos de SARS-CoV-2 (SPINICCI et al., 2020). Desse modo, o decaimento dos casos de dengue, no estado do Paraná, durante o período pandêmico de COVID-19, analisado neste trabalho, pode ser, dentre outros fatores, decorrente da não consideração simultânea de ambas as doenças.

Lustig et al. (2021) reforçam a afirmação da dificuldade de distinção entre a COVID-19 e a dengue, decorrente das características clínicas e laboratoriais compartilhadas. Os seus resultados corroboram o discutido anteriormente, de uma possível reatividade cruzada entre a dengue e a COVID-19. Nath et al. (2021) comunicam o resultado falso-positivo para o vírus SARS-CoV-2 em cinco de treze amostras soropositivas para o vírus da dengue arquivadas em 2017, antes mesmo do surto de COVID-19. Em regiões, como o estado do Paraná, onde atualmente ambos os vírus coexistem, é de suma importância que uma das medidas a serem tomadas seja a implementação de testes com maior especificidade e orientação, para mesmo que em estado de surto para uma das doenças a outra não deixe de ser considerada.

Com os resultados aqui apresentados, a hipótese de que a pandemia por SARS-CoV-2 impactou no monitoramento e controle da dengue no estado do Paraná é evidenciada, o que possibilitaria mudança na forma de enfrentamento dessa infecção pela comunidade envolvida e sistemas de saúde no futuro. Levando em consideração que a pandemia da COVID-19 ocorreu em nível mundial, e vários países sofrem com endemias e epidemias de dengue há décadas, a utilização de análises de séries temporais se torna uma ferramenta extremamente útil, tanto

para a avaliação em regionais de saúde ou municípios, considerando as peculiaridades regionais, quanto para a expansão em nível federal.

O modelo linear generalizado com distribuição de Poisson ajustado para a análise dos dados semanais de novos casos de dengue no estado do Paraná durante o ano epidemiológico de 2020/2021, considerando a ocorrência de casos de COVID-19 no período, os efeitos climatológicos, a média histórica dos casos de dengue, revelou resultados significativos. A associação negativa entre os casos de dengue e a pandemia de COVID-19 sugere uma possível interferência desta última na detecção e notificação da dengue, evidenciando os desafios enfrentados pelos sistemas de saúde na gestão simultânea de ambas as doenças. A complexidade na distinção entre sintomas e diagnósticos, aliada à coexistência dos vírus, destaca a necessidade urgente de abordagens integradas e testes mais específicos. Além disso, a análise reforça a importância das análises de séries temporais para compreender as dinâmicas regionais e nacionais de saúde, permitindo adaptações nos sistemas de monitoramento e controle, especialmente em face de eventos pandêmicos globais como a COVID-19.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou avaliar a relação entre a pandemia mundial da COVID-19 e a notificação de casos de dengue em nível estadual, Paraná, Brasil, utilizando um modelo linear generalizado autorregressivo para séries temporais de contagem, seguindo a distribuição de Poisson, durante o ano epidemiológico de 2020/2021 (01/08/2020 a 31/07/2021). Baseando-se em indicadores estatísticos de desempenho de modelagem, verificou-se que o modelo apresentou ajuste satisfatório, permitindo interpretar o impacto da COVID-19. Considerando também, fatores como o histórico de dengue na região e o risco climatológico.

A variável com as informações do números de novos casos semanais de COVID-19 no estado do Paraná, não apenas reflete a propagação da pandemia de COVID-19, mas também uma série de fatores interconectados. A análise dessa variável deve considerar elementos como o direcionamento de recursos financeiros para medidas profiláticas e de controle, os quais desempenham um papel significativo no enfrentamento tanto da COVID-19 quanto da dengue. Pensando no direcionamento de recursos, a avaliação do impacto do investimento financeiro em medidas de controle para ambas as doenças e a análise da eficácia das estratégias adotadas, como campanhas de conscientização e ações de combate aos vetores, se fazem necessárias. Dentre os fatores sociais, vale ressaltar a vulnerabilidade social, as condições de moradia e a precariedade sanitária como influentes no aumento no número de casos das duas doenças. Cabendo a exploração do vínculo entre a situação socioeconômica e o aumento do risco de contágio e a análise dos impactos da falta de acesso a condições sanitárias adequadas na disseminação das doenças.

O processo de atualização das informações nos municípios, estados e também na esfera federal, é complexo e dinâmico. Assim, os dados informados diariamente, tanto de dengue quanto de COVID-19, são sujeitos a alterações. Considerando a pluralidade em relação a

população, infraestrutura e organização dos serviços de saúde de cada município do estado do Paraná, é possível que haja mudanças no número de casos ou óbitos em decorrência de erros e atrasos no repasse das informações. Outro ponto a ser considerado é que durante a pandemia de COVID-19 foi orientado a população que indivíduos com sintomas leves e sem fatores de risco priorizassem a busca por atendimentos em Unidades Básicas de Saúde (UBS) e na telemedicina. Esse fator, aliado ao medo e falta de informação de muitos, contribuem com a possibilidade de que indivíduos com dengue ou mesmo COVID-19, mas com sintomas brandos, não procuraram assistência médica e, assim, não realizaram exames ou notificações para a confirmação dos casos. Também, indivíduos que adquiriram o SARS-CoV-2 mas foram assintomáticos, pode levar a uma possível subnotificação dos casos confirmados de COVID-19. Por fim, como as doenças, dengue e COVID-19, podem apresentar características clínicas semelhantes, como por exemplo febre, dor no corpo e dor de cabeça, é possível que indivíduos coinfectados, mas com diagnóstico positivo de uma delas não testaram para a detecção da outra, ou ainda, testaram e obtiveram um resultado falso-positivo, como discutido neste estudo.

Dada a ampla gama de fatores que moldaram o cenário no Paraná durante o período em questão, uma iniciativa importante é o desenvolvimento de modelos à nível municipal. Além da inclusão de outros fatores no modelo desenvolvido, como a utilização pela administração pública de medidas de contenção para prevenção e controle da COVID-19 e seus níveis, por exemplo: restrição de movimento, medidas de Saúde Pública, medidas socioeconômicas e de governança, distanciamento social e *lockdown*. Uma opção, é a realização de consultas de campo para identificar variáveis associadas à pandemia por SARS-CoV-2 que exerceram influência e que podem ser integradas aos modelos, proporcionando uma compreensão mais robusta e facilitando o monitoramento da dengue.

REFERÊNCIAS

- AEN-PR. *Com aumento de casos, Paraná declara epidemia de dengue*. 2022. Agência Estadual de Notícias do Estado do Paraná. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-aumento-de-casos-Parana-declara-epidemia-de-dengue>>. Acesso em: 09 mai 2022.
- ANVISA. *Qdenga (Vacina dengue 1, 2, 3 e 4 atenuada): novo registro*. 2023. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/medicamentos/novos-medicamentos-e-indicacoes/qdenga-vacina-dengue-1-2-3-e-4-atenuada-novo-registr>>. Acesso em: 23 mar 2023.
- BEJARANO, D. P.; MENDOZA, L.; GIMENEZ, E.; ECHEVERRIA, P.; SUSANA, S.; GONZALEZ, L.; FUSILLO, J.; GOMEZ, L.; IBARRA, B.; LEPRETTI, N.; BERTO, S.; ARBO, G.; CANO, E.; PALLAROLAS, C.; BRITEZ, H.; JARA, A.; FLORES, L. Predictors of hospitalization for covid-19: role of bcg vaccine and dengue history. *Revista de salud publica del Paraguay*. vol.11 no.2, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.18004/rspp.2021.diciembre.49>>.
- BOX, G.; JENKINS, G. Time series analysis: Forecasting and control. *San Francisco Holden-Day*, 1976.
- BRADY, O.; WILDER-SMITH, A. What is the impact of lockdowns on dengue? *Current infectious disease reports*, Springer, v. 23, n. 2, p. 1–8, 2021.
- BRASIL, M. d. S. *Anvisa aprova registro da primeira vacina contra dengue no Brasil: embora liberada para comercialização, a Câmara de Regulação do Mercado*. [S.l.]: Brasília (DF), 2015.
- BRASIL, M. d. S. Guia de vigilância em saúde: volume único [recurso eletrônico]. *Ministério da Saúde, Brazil*, 2019.
- BRASIL, M. d. S. *Alerta: Dengue e Covid-19: conheça os sinais das duas doenças e aprenda a diferenciar os sintomas*. [S.l.]: Brasília (DF), 2022.
- BRASIL, M. d. S. *Vacina da dengue terá alteração de bula: estudos atualizados mostram que o produto só deve ser indicado para quem já teve a doença provocada por algum dos quatro tipos de vírus alguma vez*. [S.l.]: Brasília (DF), 2022.

- BRASIL, M. d. S. *Anvisa aprova nova vacina para a dengue: a vacina Qdenga, da empresa Takeda, está indicada para uso entre 4 e 60 anos de idade*. [S.l.]: Brasília (DF), 2023.
- BRASIL, M. d. S. *Monitoramento dos casos de arboviroses até a semana epidemiológica 52 de 2022*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-01/>>. Acesso em: 12 nov 2023.
- CASTANEDA-GOMEZ, J.; GONZALEZ-ACOSTA, C.; JAIME-RODRIGUEZ, J. L.; VILLEGAS-TREJO, A.; MORENO-GARCIA, M. Covid-19 and its impact on the control of aedes (stegomyia) aegypti mosquito and the epidemiological surveillance of arbovirus infections. *Gaceta médica de México*. vol.157 no.2, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.24875/gmm.20000468>>.
- CHEN, C. W.; LEE, S. Generalized poisson autoregressive models for time series of counts. *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, v. 99, p. 51–67, 2016.
- CHOWDHURY, P. B.; HOSSAIN, S.; BISWAS, R. K. A combination of covid-19 and dengue fever in bangladesh: Preparedness of bangladesh. *Journal of Global Health*, International Society for Global Health, v. 10, n. 2, 2020.
- CONCEIÇÃO, G. M. de S.; BARBOSA, G. L.; LORENZ, C.; BOCEWICZ, A. C. D.; SANTANA, L. M. R.; MARQUES, C. C. de A.; CHIARAVALLOTI-NETO, F. Effect of social isolation in dengue cases in the state of sao paulo, brazil: An analysis during the covid-19 pandemic. *Travel Medicine and Infectious Disease*, Elsevier, v. 44, p. 102149, 2021.
- CONCHA-VELASCO, F.; CURIOSO, W. H. Covid-19 and the urgent need to control outbreaks of dengue and other arboviruses. *Revista chilena de infectología*. vol.38 no.3, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182021000300463>>.
- DENG, S.-Q.; YANG, X.; WEI, Y.; CHEN, J.-T.; WANG, X.-J.; PENG, H.-J. A review on dengue vaccine development. *Vaccines*, MDPI, v. 8, n. 1, p. 63, 2020.
- FOKIANOS, K.; TJOSTHEIM, D. Log-linear poisson autoregression. *Journal of Multivariate Analysis*, v. 102, n. 3, p. 563–578, 2011. ISSN 0047-259X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047259X10002320>>.
- IBGE. *Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2021*. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama>>. Acesso em: 11 mai 2022.
- LIBOSCHIK, T.; FOKIANOS, K.; FRIED, R. tscount: An r package for analysis of count time series following generalized linear models. *Journal of Statistical Software*, v. 82, p. 1–51, 2017.
- LIYANAGE, P.; ROCKLÖV, J.; TISSERA, H. A. The impact of covid–19 lockdown on dengue transmission in sri lanka; a natural experiment for understanding the influence of human mobility. *PLoS neglected tropical diseases*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 15, n. 6, p. e0009420, 2021.

- LORENZ, C.; AZEVEDO, T. S.; CHIARAVALLIOTTI-NETO, F. Covid-19 and dengue fever: A dangerous combination for the health system in Brazil. *Travel Medicine and Infectious Disease*, Elsevier, v. 35, p. 101659, 2020.
- LUSTIG, Y.; KELER, S.; KOLODNY, R.; BEN-TAL, N.; ATIAS-VARON, D.; SHLUSH, E.; GERLIC, M.; MUNITZ, A.; DOOLMAN, R.; ASRAF, K. et al. Potential antigenic cross-reactivity between severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and dengue viruses. *Clinical Infectious Diseases*, Oxford University Press US, v. 73, n. 7, p. e2444–e2449, 2021.
- MALAVIGE, G. N.; JEEWANDARA, C.; OGG, G. S. Dengue and COVID-19: two sides of the same coin. *Journal of Biomedical Science*, Springer, v. 29, n. 1, p. 48, 2022.
- MALIBARI, A. A.; AL-HUSAYNI, F.; JABRI, A.; AL-AMRI, A.; ALHARBI, M. A patient with dengue fever and COVID-19: coinfection or not? *Cureus*, Cureus, v. 12, n. 12, 2020.
- MIAH, M. A.; HUSNA, A. Coinfection, coepidemics of COVID-19, and dengue in dengue-endemic countries: A serious health concern. *Journal of Medical Virology*, Wiley-Blackwell, v. 93, n. 1, p. 161, 2021.
- MORETTIN, P. A. *Modelos para previsão de séries temporais*. [S.l.]: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1981. v. 1.
- NATH, H.; MALLICK, A.; ROY, S.; SUKLA, S.; BASU, K.; DE, A.; BISWAS, S. Archived dengue serum samples produced false-positive results in SARS-CoV-2 lateral flow-based rapid antibody tests. *Journal of Medical Microbiology*, Microbiology Society, v. 70, n. 6, 2021.
- OPAS; OMS. *Serviços essenciais de saúde enfrentam interrupções contínuas durante pandemia de COVID-19*. 2022. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/7-2-2022-servicos-essenciais-saude-enfrentam-interrupcoes-continuas-durante-pandemia-covid>>. Acesso em: 28 abr 2022.
- PLASENCIA-DUEÑAS, R.; FAILOC-ROJAS, V. E.; RODRIGUEZ-MORALES, A. J. Impact of the COVID-19 pandemic on the incidence of dengue fever in Peru. *Journal of Medical Virology*, Wiley Online Library, v. 94, n. 1, p. 393–398, 2022.
- POVEDA, G. Concomitant malaria, dengue and COVID-19: an extraordinary challenge for Colombia's public health system. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Elsevier, v. 46, p. 23–26, 2020.
- RIBEIRO, A. C. M.; SANTOS, A. G. O. D.; SARAIVA, B. L.; PETROLE, L. S.; LEITE, D. G.; MALHEIRO, D. R. Condições socioambientais relacionadas à permanência da dengue no Brasil-2020. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, v. 11, n. 2, p. 326–340, 2020.
- RITA, A. B.; FREITAS, R.; NOGUEIRA, R. M. R. *Dengue*. 2013. Agência Fiocruz de Notícias. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/dengue-0>>. Acesso em: 28 abr 2022.
- RITCHIE, H.; MATHIEU, E.; RODES-GUIRAO, L.; APPEL, C.; GIATTINO, C.; ORTIZ-OSPINA, E.; HASELL, J.; MACDONALD, B.; DATTANI, S.; ROSER, M.

Coronavirus (COVID-19) Cases. 2022. Our World in Data. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/covid-cases#explore-the-global-data-on-confirmed-covid-19-cases>>. Acesso em: 28 abr 2022.

SATHLER, D.; LEIVA, G. A cidade importa: urbanização, análise regional e segregação urbana em tempos de pandemia de covid-19. *Revista Brasileira de Estudos de População*, SciELO Brasil, v. 39, 2022.

SAÚDE, B. M. da. Guia de vigilância epidemiológica: emergência de saúde pública de importância nacional pela doença pelo coronavírus 2019-covid-19. 2020.

SPINICCI, M.; BARTOLONI, A.; MANTELLA, A.; ZAMMARCHI, L.; ROSSOLINI, G.; ANTONELLI, A. Low risk of serological cross-reactivity between dengue and covid-19. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 2020.

TORRES-FLORES, J. M.; REYES-SANDOVAL, A.; SALAZAR, M. I. Dengue vaccines: An update. *BioDrugs*, Springer, p. 1–12, 2022.

WANG, D.; HU, B.; HU, C.; AL et. Características clínicas de 138 pacientes hospitalizados com pneumonia infectada pelo novo coronavírus de 2019 em wuhan, china. *JAMA*, p. 1061–1069, 2020.

WHO, W. H. O. *Dengue and severe dengue*. 2022. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>>. Acesso em: 01 nov 2022.

YAN, G.; LEE, C. K.; LAM, L. T.; YAN, B.; CHUA, Y. X.; LIM, A. Y.; PHANG, K. F.; KEW, G. S.; TENG, H.; NGAI, C. H. et al. Covert covid-19 and false-positive dengue serology in singapore. *The Lancet Infectious Diseases*, Elsevier, v. 20, n. 5, p. 536, 2020.

Apêndices

APÊNDICE A

MODELO

Para a modelagem, procurou-se construir um modelo que pudesse descrever os efeitos de covariáveis e correlações de maneira direta, para facilitar a interpretação. Como a série de interesse a ser modelada naturalmente se refere a dados de contagem (ocorrência de casos de dengue), o modelo deve considerar que os valores a ser modelados são inteiros positivos e precisam capturar adequadamente a dependência temporal. Neste sentido, foi construído um modelo linear generalizado autorregressivo seguindo a distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica para séries temporais de contagem. Assim, a variável resposta, Y_t com $t = 1, 2, \dots, n$ e $n = 53$, representa o número de novos casos de dengue nas 53 semanas epidemiológicas do ano epidemiológico de 2020/2021 e 3 covariáveis: a média histórica dos casos de dengue normalizada, o número de novos casos semanais de COVID-19 do período, também normalizado, e a média do risco climático. Estas covariáveis serão representadas no modelo por uma variável temporal com 3 dimensões: $X_t = \{X_{t,1}, X_{t,2}, X_{t,3}\}^T$.

Para construir um modelo que considere a característica temporal (histórico passado F_t), a média condicional $E(Y_t | F_{t-1})$ será modelada por um processo λ_t , tal que $E(Y_t | F_{t-1}) = \lambda_t$. Sendo F_t o histórico dos processos conjuntos $\{Y_{t'} \lambda_{t'} X_{t+1}\}$ até o tempo t incluindo a informação covariável no tempo $t+1$. Sem considerar a distribuição para Y_t , denota-se $v_t = g(\lambda_t)$ preditor linear tal que

$$g(\lambda_t) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k \tilde{g}(Y_{t-ik}) + \sum_{l=1}^q \alpha_l g(\lambda_{t-j_l}) + \eta^T X_t.$$

em que $g : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}$ é uma função de ligação e $\tilde{g} : \mathbb{N}_0 \rightarrow \mathbb{R}$ é uma transformação. O vetor parâmetro $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_r)^T$ corresponde aos efeitos das covariáveis. Para permitir a regressão no passado arbitrário da variável resposta, seja um conjunto $P = \{i_1, \dots, i_p\}$ com $p \in \mathbb{N}_0$ e i_p inteiros tais que $0 < i_1 < i_2 < \dots < i_p < \infty$, permitindo assim a regressão das defasagens $Y_{t-i_1}, Y_{t-i_2}, \dots, Y_{t-i_p}$. Analogamente, seja $Q = \{j_1, \dots, j_q\}$ com $q \in \mathbb{N}_0$ e j_q inteiros tais que

$0 < j_1 < j_2 < \dots < j_q < \infty$, para a regressão das defasagens condicionais $\lambda_{t-j_1}, \lambda_{t-j_2}, \dots, \lambda_{t-j_q}$ (LIBOSCHIK; FOKIANOS; FRIED, 2017). Especificações da ordem do modelo, ou seja, os conjuntos P e Q , são determinadas considerando as funções de autocorrelação dos dados observados, abordagem descrita para modelos ARMA segundo a metodologia de Box-Jenkins (BOX; JENKINS, 1976).

Considerando a situação em que g e \tilde{g} são iguais a função identidade, ou seja, $g(x) = \tilde{g}(x) = x$, e sendo $P = \{1, \dots, p\}$, $Q = \{1, \dots, q\}$ e $\eta = 0$, assim

$$\lambda_t = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k Y_{t-k} + \sum_{l=1}^q \alpha_l \lambda_{t-l}.$$

Nesta abordagem é possível ainda facilitar a interpretação dos parâmetros estimados construindo um modelo log-linear, uma vez que os mesmos passam a ser interpretados como mudança percentual. Assim, considerando novamente o modelo inicial mais agora com a função de ligação logarítmica $g(x) = \log(x)$, $\tilde{g}(x) = \log(x + 1)$ e P, Q como anteriormente, obtém-se um modelo log-linear de ordem p e q para séries temporais de contagem.

Com o preditor linear $v_t = \log(\lambda_t)$ tem-se

$$v_t = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k \log(Y_{t-k} + 1) + \sum_{l=1}^q \alpha_l v_{t-l}.$$

Por fim, com o modelo inicial assumindo que a variável resposta segue a distribuição de Poisson, isto é, $Y_t | F_{t-1} \sim \text{Poisson}(\lambda_t)$, implica que

$$P(Y_t | F_{t-1}) = \frac{\lambda_t^y \exp(-\lambda_t)}{y!}, \quad y = 0, 1, \dots$$

em que $\text{VAR}(Y_t | F_{t-1}) = E(Y_t | F_{t-1}) = \lambda_t$. Portanto, no caso de um modelo com resposta de Poisson condicional, a média condicional é idêntica à variância condicional do processo observado.