IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

ESTUDO COMPARATIVO DE SÉRIES TEMPORAIS PARA PREVISÃO DOS NÚMEROS DE CASOS SEMANAIS DE DENGUE EM ALGUNS MUNICÍPIOS DE PERNAMBUCO

ESTUDIO COMPARATIVO DE SERIES TEMPORALES PARA LA PREDICCIÓN DEL NÚMEROS DE CASOS SEMANALES DE DENGUE EN ALGUNOS MUNICIPIOS EN PERNAMBUCO

COMPARATIVE STUDY TIME SERIES FOR THE PREDICTION OF WEEKLY CASE NUMBERS IN SOME MUNICIPALITIES IN PERNAMBUCO

Apresentação: Comunicação Oral

Jucarlos Rufino de Freitas¹; Mickaelle Maria de Almeida Pereira²; Leika Irabele Tenório de Santana³ Antonio Samuel Alves Silva⁴; Moacyr Cunha Filho⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0046>

Resumo

Nas últimas décadas, o meio ambiente tem sofrido com diversas alterações na sua estrutura, o que faz com que muitos de seus habitantes, em especial os cientistas, se preocupem com os grandes problemas globais do presente e que podem comprometer a qualidade de vida no futuro. Dentre os alvos das pesquisas voltadas aos problemas ambientais está a Dengue, Zika e Chikungunya, que é um dos maiores problema de saúde pública no Brasil atualmente. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) estima-se que 50 a 100 milhões de pessoas são infectadas anualmente. Diante disso, a metodologia de Box e Jenkins foi utilizada no estudo, com o objetivo de comparar dois modelos de Séries Temporais que permitisse prever possíveis surtos da doença em alguns municípios do estado de Pernambuco. Foram utilizados os dados semanais do número de casos de dengue para alguns municípios do estado de Pernambuco, disponibilizados pela Secretaria de Informação e Comunicação, no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2018. A partir dos modelos propostos foram feitas as comparações das previsões e a análise residual. Avaliando os ajustes dos modelos, observou-se que os modelos SARIMA estimados apresentaram melhores resultados em relação ao Snaive, onde foram evidenciados menores erros, com base na análise residual. Em suma, os modelos SARIMA conseguiram captar melhor a dinâmica da série estudada com melhor acurácia o número de notificações de

¹ Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, e-mail: jucarlos123@hotmail.com

² Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, e-mail: mickaellealmeida1@gmail.com

³ Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, e-mail: leikatenorio10@gmail.com

⁴ Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, e-mail: samuelmatematico@yahoo.com.br

⁵ Doutor em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, e-mail: moacyr2006@gmail.com

dengue para os municípios de Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina e Vitória do Santo Antão. Portanto, esses modelos são boas ferramentas que trazem benefícios ao programa de prevenção de serviços públicos auxiliando em tomadas de decisões e planejamento estratégicos.

Palavras-Chave: Dengue, Modelagem, SARIMA, Snaive, Predição.

Resumen

En las últimas décadas, el medio ambiente ha sufrido varios cambios en su estructura, lo que hace que muchos de sus habitantes, especialmente los científicos, se preocupen por los grandes problemas globales del presente y que puedan comprometer la calidad de vida en el futuro. Entre los objetivos de la investigación sobre problemas ambientales están el Dengue, el Zika y el Chikunguña, que es uno de los mayores problemas de salud pública del Brasil en la actualidad. Según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que de 50 a 100 millones de personas se infectan anualmente. Por lo tanto, se utilizó la metodología de Box y Jenkins en el estudio, con el propósito de comparar dos modelos de series temporales que podrían predecir posibles brotes de la enfermedad en algunos municipios del estado de Pernambuco. Los datos semanales sobre el número de casos de dengue que se utilizaron para algunos municipios en el estado de Pernambuco, fueron proporcionados por la Secretaría de Información y Comunicación, a partir de enero de 2000 hasta diciembre de 2018. A partir de los modelos propuestos se hicieron comparaciones de predicciones y el análisis residual. Al evaluar los ajustes de los modelos, se observó que los modelos SARIMA estimados presentaron mejores resultados en comparación con Snaive, donde se evidenciaron errores más pequeños, basados en el análisis residual. En resumen, los modelos SARIMA fueron capaces de capturar una mejor dinámica de las series estudiadas, esto con mayor precisión al número de notificaciones de dengue para los municipios de Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina y Vitória do Santo Antão. Por lo tanto, estos modelos fueron buenas herramientas para el aporte de beneficios al programa de prevención de servicios públicos al ayudar en la toma de decisiones estratégicas y la planificación.

Palabras Clave: Dengue, Modelado, SARIMA, Snaive, Pronóstico.

Abstract

In the last decades, the environment has suffered several changes in its structure, which causes many of its inhabitants, especially scientists, to worry about the great global problems of the present and that may compromise the quality of life in the future. Among the targets of research on environmental problems is Dengue, Zika and Chikungunya, which is one of the biggest public health problems in Brazil today. According to data from the World Health Organization (WHO) it is estimated that 50 to 100 million people are infected annually. Therefore, the Box and Jenkins methodology was used in the study, with the purpose of comparing two Time Series models that could predict possible outbreaks of the disease in some municipalities of the state of Pernambuco. Weekly data on the number of dengue cases were used for some municipalities in the state of Pernambuco, provided by the Secretariat of Information and Communication, from January 2000 to December 2018. From the proposed models were made comparisons of predictions and the residual analysis. Evaluating the adjustments of the models, it was observed that the estimated SARIMA models presented better results compared to Snaive, where smaller errors were evidenced, based on the residual analysis. In sum, the SARIMA models were able

to better capture the dynamics of the series studied with better accuracy the number of dengue notifications for the municipalities of Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina and Vitória do Santo Antão. Therefore, these models are good tools that bring benefits to the utility prevention program by assisting in strategic decision and planning making.

Keywords: Dengue, Modeling, SARIMA, Snaive, Forecast.

Introdução

Com aumento da urbanização, a partir do ano 2000, acarretou em alguns impactos associados as doenças epidemiológicas, entre elas destaca-se a dengue (DE ALMEIDA; DA SILVA, 2018). Pode-se salientar alguns fatores contribuintes para a proliferação do vetor da dengue que são: condições sócio demográficos (migrações e crescimento populacional), aspectos biológicos (ciclo de vida dos insetos), descarte inadequado do lixo e acúmulo de água em recipientes inadequados (BARCELLOS et al., 2009; VALLE; PIMENTA; DA CUNHA, 2015). As variações climáticas também implicam diretamente na saúde humana, contribuindo para o aparecimento de novas doenças, além de possibilitar o surgimento de doenças reemergentes. De acordo com Barbosa e Da Silva (2015), a dengue é a principal doença reemergente no Brasil na atualidade, bem como para outros países tropicais e subtropicais.

O *Aedes Aegypti* é o mosquito transmissor da Dengue, Zika e Chikungunya, atualmente é um dos maiores problemas de saúde pública no Brasil, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) estima-se que 50 a 100 milhões de pessoas são infectadas anualmente. A transmissão ocorre através da picada da fêmea do mosquito *Aedes Aegypti* (BARACHO et al., 2014), onde apresenta quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4 (BARBOSA; DA SILVA, 2015), desenvolvendo-se em áreas tropicais e subtropicais.

No Brasil, os casos de notificações de dengue foram mencionados em 1685 na cidade do Recife e erradicado do Brasil em 1950 (SALLES et al., 2018). Em 1980 foi reintroduzido no Brasil (MANIERO et al., 2016; SALLES et al., 2018). Desde então, campanhas de combate do *Aedes Aegypti* começaram a surgir no Brasil com a tentativa de erradicação do vetor. Contudo, mesmo com o empenho da sociedade a dengue está presente nos 27 estados da federação. De acordo com Programa de Vigilância das Arboviroses da Secretaria Estadual de Saúde (SES), em 2017, o Estado de Pernambuco comunicou que, 84,7% dos municípios estão em ameaça de surto, onde nos anos precedentes houve uma redução nos números de pessoas infectadas (DE FREITAS et al., 2019).

Segundo boletim epidemiológico da Secretaria de Vigilância da Saúde, no estado de Pernambuco foram registrados um aumento de 16,8%, 0,4% e 3,1% na incidência de Dengue, Zika e Chikungunya, com base na Semana Epidemiologia (SE) 1 a 11 em 2019 (3.418, 51 e 471 casos), em relação a SE 1 e 11 no ano anterior (1.852, 19 e 210 casos), com seis casos de óbitos confirmados no Nordeste.

Atualmente, os modelos matemáticos e estatísticos baseados em análise de Séries Temporais (ST) têm sido amplamente utilizados por vários pesquisadores com o objetivo de quantificar e prever um determinado atributo ao longo do tempo, bem como, identificar características, fatores e padrões epidemiológicos, com intuito de informar a comunidade sobre possíveis surtos da doença.

Cortes et al. (2018), em seu estudo, compararam e testaram vários modelos para município de Recife, no período de 2001 a 2014, mostrando a não adequação dos modelos de acordo com a análise de resíduo e técnicas de diagnósticos, sendo necessário retirar da análise os anos 2001 e 2002 pois haviam valores discrepantes. Segundo Amaku et al. (2016), o mesmo padrão foi observado indicando diferentes imensidades das transmissões após 2002. Dentro deste contexto, após a exclusão dos anos 2001 e 2002 o modelo sugerido foi o ARIMA, sem a componente sazonal.

Diante do exposto, o presente estudo consiste em analisar e comparar o comportamento semanal de casos de dengue em Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina e Vitória do Santo Antão, municípios do estado de Pernambuco, no período de 2000 a 2018, utilizando técnicas de ST, mais precisamente, os modelos SARIMA e Snaive, mostrando como estas ferramentas, relativamente simples, conseguem representar o caráter preditivo da doença para os períodos subsequentes.

Fundamentação Teórica

Conforma a literatura, técnicas matemáticas e estatísticas, precisamente as ferramentas de análise de Série Temporal, têm estado largamente empregados para inspecionar e prever a incidência de epidemias na população. Em comunidades específicas, esses modelos colaboram para a compreensão da dinâmica da doença (TENG et al., 2017), possibilitando indicar possíveis surtos em períodos decorrentes às séries analisadas. Destaca-se os modelos, SARIMA (Média Móvel Integrada Autorregressiva Sazonal) e Snaive para prevenções, adequa-se as

situações em que as observações expõem flutuações sazonais periódicas, que retornam aproximadamente a mesma intensidade a cada ano.

Teste de Estacionariedade

Ao realizar um teste de hipóteses, primeiramente definem-se as hipóteses nula (H_0) e a alternativa (H_1), depois fixa-se o nível de significância do teste (α) em 0,05.

Hipóteses:

$H_0: \phi = 1, Z_t$ não é estacionária;

$H_1: |\phi| < 1, Z_t$ é estacionária.

A verificação da estacionariedade foi realizada utilizando o teste Dickey-Fuller (DF), criado para verificar se o modelo auto-regressivo tem ou não raiz unitária (GUJARATI; PORTER, 2011). O teste estima a seguinte auto-regressão $\Delta Z_t = (\phi - 1)Z_{t-1} + a_t$, em que a_t é o choque aleatório com distribuição normal com média zero e variância ($\sigma^2_{a_t}$), e ϕ é o parâmetro associado a sua defasagem para o processo auto-regressivo.

Estatística do teste (T):

$$T = \hat{\phi} / S_{\hat{\phi}} \quad (1)$$

$$p\text{valor} = [Z > [T|H_0]] \quad (2)$$

em que $\hat{\phi}$ é o estimador do parâmetro associado à sua defasagem para o processo auto-regressivo, S é o desvio padrão dos parâmetros $\hat{\phi}$, e Z é o parâmetro da distribuição normal.

Regra de decisão: Se $p\text{valor} < 0,05$ rejeita H_0 .

Teste para Tendência

Série temporal possui tendência quando apresenta um comportamento monótono na série ao longo do tempo t , retratando a evolução global no sentido do crescimento ou decrescimento do nível da série.

Hipóteses:

H_0 : As observações das séries não possuem tendências;

H_1 : As observações das séries possuem tendência monotônica no tempo.

Seja $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ as observações de uma série temporal. A partir do teste de Mann-Kendall (MK) (KENDALL, 1962; MANN, 1945), foi analisado se as séries são independente e identicamente distribuída (iid). Sendo assim, sob H_0 a estatística do teste (S) é

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \sigma(y_j - y_k) \text{ em que} \quad (3)$$

$$\sigma(y) = \begin{cases} 1, & y > 0 \\ 0, & y = 0 \\ -1, & y < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Regra de decisão: Se $S < Z\alpha/2$ rejeita H_0 .

Teste de normalidade

O teste Shapiro-Wilk (SW), proposto em 1965, é baseado na estatística W em que verifica se os dados seguem distribuição normal. Seja W dado por:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2} \quad (5)$$

em que $x_{(i)}$ são os valores da amostra ordenados. A constante b é determinada da seguinte forma

$$b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{\frac{n+1}{2}} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases} \quad (6)$$

em que a_{n-i+1} são constantes geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição Normal.

Modelos Proposto

Modelo Sazonal auto-regressivos integrado de Médias Móveis (SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)¹²):

Os modelos SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)¹² são modelos matemáticos não estacionário que apresentam uma periodicidade cíclica, com variabilidade no decorrer da sua evolução temporal. Além, de captar o comportamento da autocorrelação entre os valores da ST (Z_t), e com base nesse comportamento realizar previsões futuras. Os modelos SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)¹² resultam da combinação da sazonalidade ($S = 12$) e de três componentes (ou filtros): auto regressivo, integrado e médias moveis.

Para Box e Jenkins (1970) o modelo SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)¹² é definida por

$$\phi(B)\Phi(B)^S(\Delta^d\Delta^D Z_t) = \theta(B)\Theta(B^S)a_t \quad (7)$$

em que

(i) $\phi(B)^S$ e $\Theta(B^S)$ representam os coeficientes sazonais do filtro auto-regressivo e do filtro médias móveis, respectivamente.

(ii) $(\Delta^d\Delta^D Z_t)$ é a série diferenciadas, com ordens d e D , sendo D a ordem de diferenciação sazonal.

Snaive:

O método Snaive também conhecido com previsão ingênua se baseia no conceito de prever o último valor observado da mesma estação do ano. Quando uma ST tem sazonalidade, uma previsão ingênua sazonal pode ser utilizada. Portanto, a previsão do Snaive é definida por

$$\hat{y}_t = y_{t-k} + \varepsilon_t \quad k \text{ é o lag} \quad (8)$$

onde $\hat{y}_t$ é a previsão feita em $t - k$ para o dia t , y_t é o valor de retorno observado no dia t e $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2), \forall t \in \mathbb{N}$ (DE FELICE; YAO, 2011).

A fim de modelar o número de notificações semanais de dengue para cinco municípios do estado de Pernambuco, foi proposta a análise de ST. Todas as conclusões foram tomadas ao

nível de significância de 5%. Para a análise estatística dos dados, foi utilizado o software estatístico R (R CORE TEAM, 2019).

Metodologia

Caracterização da área

O espaço selecionado para o estudo da comparação entre modelos de ST foi o estado de Pernambuco, localizado no centro-oeste da região Nordeste entre os paralelos 7° 18' 17" e 9° 28' 43" da latitude Sul e os meridianos de 34° 48' 15" e 41° 21' 22" longitude Oeste, mais precisamente, os municípios de Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina e Vitória do Santo Antão (Figura 1). Ocupam uma área de 458,550 km², 2.980 km², 218,435 km², 4.561,872 km² e 96,536 km². O território pernambucano é composto por 185 municípios e subdividido em cinco mesorregiões: Sertão, Agreste, Zona da Mata, Região Metropolitana do Recife e São Francisco. A população estimada dos cinco municípios são de aproximadamente 138.983, 85.774, 1.637.834, 343.865 e 137.915 habitantes (IBGE, 2018).

Figura 1: Espacialização geográfica dos municípios Garanhuns, Serra Talhada, Recife, Petrolina e Vitória do Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Própria (2019).

Dados

O conjunto de informações utilizadas para o desenvolvimento do trabalho refere-se aos números de notificações semanais de dengue em Pernambuco, que foram disponibilizados pela Secretaria de Informação e Comunicação (SIC), no período de janeiro de 2000 a dezembro de

2018. Na base inicial de dados constavam os 185 municípios de Pernambuco, estávamos interessados em analisar, comparar e prever o comportamento do número de notificações semanais de dengue para as cinco mesorregiões do estado de Pernambuco. Para compor a amostra foi utilizado o processo de amostragem aleatória simples (AAS), onde foram amostrados os municípios das seguintes mesorregiões: Serra Talhada (Sertão Pernambucano), Garanhuns (Agreste Pernambucano), Vitoria do Santo Antão (Mata Pernambucana), Recife (Metropolitana do Recife) e Petrolina (São Francisco Pernambucano).

Resultados e Discussão

Seja $Z = (Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_t)^T$ o vetor do número de notificações semanais de dengue em cinco municípios de Pernambuco no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2018. Na Figura 2, pode-se observar que o recife apresentou maiores índices de variabilidade em relação aos outros municípios, além disso, os municípios apresentaram uma periodicidade sazonal de comprimento 52 SE, isso já era esperado, uma vez que a incidência de dengue apresenta um ciclo sazonal mensal com maiores incidências no verão do que no inverno. Um estudo extensivo realizado por Costa e Calado (2016) e De Andrade Oliveira et al. (2018), afirmam que o efeito sazonal tem seu papel relevante na influência da expansão geográfica do mosquito, uma vez que a epidemia de dengue é maior nos meses entre janeiro a maio. Conforme observado, foi utilizada a transformação logarítmica de Box-Cox em Z com um incremento uma unidade, ou seja, $Z^* = (\log(Z_1 + 1, Z_2 + 1, Z_3 + 1, \dots, Z_t + 1))^T$ para reduzir a variabilidade entre os municípios, em particular, essa abordagem não provocou mudanças expressivas na característica das séries (BOX; JENKIS, 1970).

Figura 2: Resposta semanal do número de notificações de dengue para os municípios de Garanhuns e Petrolina (a), Serra Talhada e Vitoria do Santo Antão (b) e Recife (c) no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2018.

Fonte: Própria (2019).

Conforme a Tabela 1, verifica-se pelo o teste MK que o município de Serra Talhada e Recife apresentou uma tendência significativa ($p\text{-valor} < 0,05$), de decréscimo ($MK = -0,054$) para o município de Serra Talhada e de crescimento ($MK = 0,185$) para o município de Recife, esse aumento em Recife pode estar associado a fatores climatológicos, pois o município se localiza no litoral e sofre influências da Zona de Convergência Intertropical tropical (ZCIT). Resultado corroborado por Sippy et al. (2019), afirmam que os padrões sazonais da doença são conduzidos por uma combinação de fatores climáticos ou ambientais, como temperatura ou precipitação, e tendências de tempo do comportamento humano, como horários do ano escolar, feriados e padrões de dias da semana e fins de semana. Entretanto, pelo teste de DF e SW, observa-se que a hipótese nula foi rejeitada para todos os municípios. Sendo assim, admite-se que todas as ST são estacionárias e não apresenta normalidade, ao nível de 5% de significância.

Tabela 1: Resultados obtidos com a aplicação dos respectivos testes, DF, MK e SW, para os cinco municípios de Pernambuco no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2018.

Municípios	Serra Talhada	Garanhuns	Vitória do santo Antônio	Recife	Petrolina
DF	-8,28	-6,34	-7,00	-6,95	-7,52
p-valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MK	-0,054	0,034	0,043	0,185	-0,011
p-valor	0,023	0,159	0,061	<0,01	0,611
SW	0,444	0,313	0,275	0,300	0,553
p-valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: Própria (2019).

Em seguida, foram feitos os ajustes, as comparações e as previsões dos modelos para os cinco municípios, os quais se podem observar na Figura 3. A partir dos modelos SARIMA e Snaive foram feitas as previsões dos meses de janeiro de 2019 a dezembro de 2022. Com base nos valores preditos pelo modelo, a um nível de 95% de confiança, espera-se que ocorram

aproximadamente 203(a), 285(b), 681(c), 139(d) e 139(e) notificações de dengue em 2019, o que indica uma redução em comparação ao ano de 2018. A diminuição dos casos das arboviroses decorreu de diversos fatores, entre eles o empenho da sociedade na eliminação dos criadouros do mosquito *Aedes aegypti*. Para todos os municípios o modelo SARIMA conseguiu captar o comportamento da série original, diferentemente do modelo Snaive que apresentou um translado da série original. Concluindo assim, que os modelos SARIMA(1,0,1)(1,0,0)₅₂ (a), SARIMA(3,0,2)(1,0,0)₅₂ (b), SARIMA(2,1,3)(0,0,2)₅₂ (c), SARIMA(4,0,5)(2,0,0)₅₂ (d) e SARIMA(1,0,1)(0,0,1)₅₂ foram os melhores que se ajustaram aos dados através do critério AIC proposto por Schwarz (1978). Latorre e Cardoso (2001), realizaram uma análise de ST em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos, e constataram quando a sazonalidade ocorre em múltiplos períodos, é necessário que se considere no modelo um componente de sazonalidade estocástica.

Figura 3: Resultado do ajuste, comparações e previsões dos modelos para os municípios de Garanhuns (a), Petrolina (b), Recife (c), Serra Talhada (d) e Vitoria do Santo Antão (e) para o ano de 2000 a 2022.

Após a formulação e ajuste do modelo, foi realizada a análise dos resíduos para avaliar os pressupostos de adequação do modelo.

Avaliando os resíduos (Figura 4), verificou-se que os resíduos não se comportam como uma sequência de variáveis aleatórias independentes, identicamente distribuídas com média zero e variância constante para os municípios (a), (c), (d) e (e), diante disso, os modelos não seguem distribuição normal com exceção de Petrolina. Contudo, os modelos conseguem captar o nível e inclinação (valores centrais), mas não as flutuações (extremidades), ou seja, estes modelos são bons em prever observações em pequenos intervalos de tempo. Além disso, observa-se que o modelo SARIMA conseguiu captar o comportamento dos resíduos sobre da reta em relação ao Snaive, pois o modelo Snaive é um método de previsão ingênuo, descrito por um passeio aleatório. Um estudo extensivo realizado por Lizzi (2012), para o número mensal de casos de dengue em Campinas, SP, 1998 a 2008, encontrou valores distintos, em relação aos resíduos, em que sugerem que os resíduos do modelo seguem distribuição normal.

Figura 4: Gráficos de análise de resíduo dos modelos SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)₅₂ para os municípios de Garanhuns (a), Petrolina (b), Recife (c), Serra Talhada (d) e Vitoria do Santo Antão (e), 2000 a 2018.

Fonte: Própria (2019).

Conclusões

Nas condições do presente estudo, e de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que os modelos SARIMA estimados para os municípios apresentaram os melhores resultados, uma vez que o modelo inclui a informação da sazonalidade nas séries, são indicados para descrever o comportamento da epidemia, em que a incidência de dengue apresenta um ciclo sazonal. Esse resultado pode estar associado a condições climáticas, onde há diferenças na intensidade de transmissão. Vale ressaltar que os modelos SARIMA possuem a capacidade

de fazer predição com boa acurácia (MAPA e MSE) os números de notificações semanais de dengue para os cinco municípios em relação ao Snaive, além de apresentarem menores erros. Em comparação aos valores estimados e observados dos modelos SARIMA e Snaive, sugerem que o modelo SARIMA conseguem captar o comportamento do fenômeno, sendo uma boa ferramenta para tomadas de decisões, trazendo benefícios ao programa de prevenção de serviços públicos que carecem de informações.

Referências

AMAKU, M.; AZEVEDO, F.; BURATTINI, M. N.; COELHO, G. E.; COUTINHO, F. A. B.; GREENHALGH, D.; MASSAD, E. **Magnitude and frequency variations of vector-borne infection outbreaks using the Ross–Macdonald model: explaining and predicting outbreaks of dengue fever.** *Epidemiology & Infection*, v. 144, n. 16, p. 3435-3450, 2016.

BARACHO, R. C. M.; ISMAEL FILHO, A.; GONÇALVES, A.; NUNES, S. T. S.; BORGES, P. F. **A influência climática na proliferação da dengue na cidade de Areia, Paraíba.** *Revista Gaia Scientia*, v. 8, n. 1, 2014.

BARBOSA, I. R.; DA SILVA, L. P. **Influência dos determinantes sociais e ambientais na distribuição espacial da dengue no município de Natal-RN.** *Revista Ciência Plural*, v. 1, n. 3, p. 62-75, 2015.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil.** *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BOX, G. E. P.; JENKIS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control.** 1970.

CORTES, F.; MARTELLI, C. M. T.; DE ALENCAR XIMENES, R. A.; MONTARROYOS, U. R.; JUNIOR, J. B. S.; CRUZ, O. G.; DE SOUZA, W. V. **Time series analysis of dengue surveillance data in two Brazilian cities.** *Acta tropica*, v. 182, p. 190-197, 2018.

COSTA, I. M. P. CALADO, D. C. (2016). **Incidência dos casos de dengue (2007-2013) e distribuição sazonal de culicídeos (2012-2013) em Barreiras, Bahia.** *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 25, 735-744.

DE ALMEIDA, C. A. P.; DA SILVA, R. M. **Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no estado da Paraíba–Brasil.** *Hygeia*, v. 14, n. 27, p. 56-79, 2018.

DE ANDRADE OLIVEIRA, M. A. C.; COELHO, F. A.; DE BARROS FREITAS, R.; TAVARES, A. P.; SILVA, Í. N. D. P. N. DA SILVA PINTO, S.; ANDRADE, F. M. **Perfil das**

notificações de dengue e sazonalidade no município de Ubá-MG, 2015 A 2016. Revista Científica FAGOC-Saúde, v. 2, n. 2, p. 9-14, 2018.

DE FELICE, M.; YAO, X. **Short-term load forecasting with neural network ensembles: A comparative study [application notes]**. IEEE Computational Intelligence Magazine, v. 6, n. 3, p. 47-56, 2011.

DE FREITAS, J. R.; SANTOS, A. L. P.; FERREIRA, D. S. A.; SILVA, A. S. A.; MOREIRA, G. R.; CUNHA FILHO, M. **Modelo preditivo para o número de notificações de dengue na Região Metropolitana do Recife-PE**. Sigmae, v. 8, n. 2, p. 584-595, 2019.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica-5**. [S.l.]: Amgh Editora, 2011.

IBGE. Estimativas da população. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 21/08/2019.

LIZZI, E. A. da S. Predição do número mensal de casos de dengue por modelos de séries temporais. 2012. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods Hafner**. Publishing Company, New York, 1962.

LATORRE, M. D. R. D. D.; CARDOSO, M. R. A. (2001). **Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos**. Revista Brasileira de Epidemiologia, 4, 145-152.

MANIERO, V. C.; SANTOS, M. O.; RIBEIRO, R. L.; DE OLIVEIRA, P. A.; DA SILVA, T. B.; MOLERI, A. B.; CARDOZO, S. V. **Dengue, chikungunya e zika vírus no brasil: situação epidemiológica, aspectos clínicos e medidas preventivas**. Almanaque multidisciplinar de pesquisa, v. 1, n. 1, 2016.

MANN, H. B. **Nonparametric tests against trend**. Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 245-259, 1945.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. URL <http://www.R-project.org/>.

SALLES, T. S.; DA ENCARNACÃO SÁ-GUIMARÃES, T.; DE ALVARENGA, E. S. L.; GUIMARÃES-RIBEIRO, V.; DE MENESES, M. D. F.; DE CASTRO-SALLES, P. F.; MOREIRA, M. F. **History, epidemiology and diagnostics of dengue in the American and Brazilian contexts: a review**. Parasites & vectors, v. 11, n. 1, p. 264, 2018.

SCHWARZ, G. et al. **Estimating the dimension of a model**. The annals of statistics, Institute of Mathematical Statistics, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. Biometrika, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SIPPY, R.; HERRERA, D.; GAUS, D.; GANGNON, R. E.; PATZ, J. A.; OSORIO, J. E. (2019). **Seasonal patterns of dengue fever in rural Ecuador: 2009-2016.** *PLoS neglected tropical diseases*, 13(5), e0007360.

TENG, Y.; BI, D.; XIE, G.; JIN, Y.; HUANG, Y.; LIN, B.; TONG, Y. **Dynamic forecasting of Zika epidemics using Google Trends.** *PLoS One*, v. 12, n. 1, p. e0165085, 2017.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; DA CUNHA, R. V. **Dengue: teorias e práticas.** SciELO-Editora FIOCRUZ, 2015.