

Modelo de Poisson e suas generalizações aplicadas a dados de dengue, Brasil

Poisson model and its generalizations applied to dengue data, Brazil

Modelo de Poisson y sus generalizaciones aplicadas a datos de dengue, Brasil

Recebido: 29/09/2020 | Revisado: 08/10/2020 | Aceito: 12/10/2020 | Publicado: 12/10/2020

Jucarlos Rufino de Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3497-4263>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: jucarlos123@hotmail.com

Marília Gabriela Ferreira de Miranda Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1938-4772>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: marilia_gabri@hotmail.com

Moacyr Cunha Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3466-8143>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: moacyr.cunhafo@ufrpe.br

Frank Sinatra Gomes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3481-3099>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: franksinatrags@gmail.com

Josimar Mendes de Vasconcelos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7131-1995>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: josimar.vasconcelos@ufrpe.br

Resumo

Objetivo: analisar e comparar o comportamento semanal de casos de dengue nos cinco municípios mais populosos das mesorregiões Pernambucanas, a saber Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina e Serra Talhada. Método: utilizaram-se os registros epidemiológicos semanais de dengue, no período de 2009 a 2018, disponibilizados através da Serviço de Informação ao Cidadão (SIC). Foram aplicados modelos de probabilidade, mais precisamente, os modelos

Poisson e suas generalizações. Resultados: o modelo Binomial Negativo se sobressaiu em relação ao Modelo Quase-Poisson, reduzindo os parâmetros de dispersões com mais precisão devida à natureza dos dados superdispersos. Além disso, as análises indicaram que a precipitação e temperatura foram fatores significativos que afetou no número de casos em alguns municípios. Conclusão: a modelagem permitiu ser uma ferramenta útil para as autoridades locais planejarem tomadas de decisões e intervenção nos períodos mais propício de proliferação.

Palavras-chave: DENV; Preditor linear; Disseminação; Modelagem.

Abstract

Objective: analyze and compare the weekly behavior of dengue cases in the five most populous municipalities in the Pernambucan mesoregions, namely Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina and Serra Talhada. Method: the weekly epidemiological records of dengue were used, from 2009 to 2018, made available through the Citizen Information Service (SIC). Probability models were applied, more precisely, the Poisson models and their generalizations. Results: the Negative Binomial model stood out in relation to the Quasi-Poisson Model, reducing the dispersion parameters with more precision due to the nature of the overdispersed data. In addition, the analyzes indicated that precipitation and temperature were significant factors that affected the number of cases in some municipalities. Conclusion: modeling has made it a useful tool for local authorities to plan decision-making and intervention in the most propitious periods of proliferation.

Keywords: DENV; Linear predictor; Dissemination; Modeling.

Resumen

Objetivo: analizar y comparar el comportamiento semanal de los casos de dengue en los cinco municipios más poblados de las mesorregiones de Pernambucana, a saber, Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina y Serra Talhada. Método: se utilizaron los registros epidemiológicos semanales de dengue, de 2009 a 2018, disponibles a través del Servicio de Información Ciudadana (SIC). Se aplicaron modelos de probabilidad, más precisamente, los modelos de Poisson y sus generalizaciones. Resultados: el modelo Binomial Negativo se destacó en relación al Modelo Quasi-Poisson, reduciendo los parámetros de dispersión con mayor precisión debido a la naturaleza de los datos sobredispersos. Además, los análisis indicaron que la precipitación y la temperatura fueron factores importantes que afectaron el número de casos en algunos municipios. Conclusión: la modelización la ha convertido en una herramienta útil

para que las autoridades locales planifiquen la toma de decisiones y la intervención en los períodos más propicios de proliferación.

Palabras clave: DENV; Predictor lineal; Diseminación; Modelado.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o meio ambiente tem sofrido com diversas alterações na sua estrutura, o que faz com que muitos cientistas se preocupem com os grandes problemas globais que podem comprometer a qualidade de vida no futuro. Dentre os problemas ambientais desencadeou-se uma série de doenças, dentre as quais temos a dengue, febre de Chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika (De Freitas et al., 2020; De Freitas et al., 2020).

O *Aedes Aegypti*, mosquito transmissor da dengue, febre de Chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika é atualmente um dos maiores problemas de saúde pública no Brasil e segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) estima-se entre 50 e 100 milhões de pessoas infectadas anualmente. A transmissão ocorre através da picada da fêmea do mosquito *Aedes Aegypti* (Baracho et al., 2014), em que apresenta quatro sorotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (Barbosa; Da Silva, 2015); desenvolvendo-se em áreas tropicais e subtropicais (Kraemer et al., 2015). Além destes, anunciou-se a descoberta de um novo tipo de vírus da dengue, o DENV-5, mas no Brasil não há registros de pessoas infectadas (Mustafa et al., 2015).

A proliferação destes vetores, está intrinsecamente ligada ao crescimento desordenado das cidades (Böhm et al., 2016), condições sócio demográficas, aspectos biológicos, descarte inapropriado do lixo e acúmulo de água em recipientes inadequados (Barcellos et al., 2009; Valle; Pimenta; Da Cunha, 2015). Associado a esses surtos epidêmicos, estão também as variáveis climatológicas que contribuem para o aparecimento de novas doenças, além de possibilitar o surgimento de doenças reemergentes.

No Brasil, os casos de notificações de dengue foram mencionados em 1685 na cidade do Recife/PE e erradicado do Brasil em 1950 (Salles et al., 2018), em função do controle da febre amarela urbana, cujo vetor é o mesmo (Catão, 2011). 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 como tentativa de erradicação do vetor. Contudo, mesmo com o empenho da sociedade a dengue está presente nos 27 estados da federação. A partir do Segundo Levantamento Rápido de Índices de Infestação pelo *Aedes aegypti* (LIRAA) do governo estadual Pernambucano, em 2019, até a 16ª Semana Epidemiológica (SE), comunicou-

se que dos 185 municípios 40,22% apresentam índices que demonstram situação de risco para a ocorrência de surto, 45,65% encontra-se em situação de alerta, 13,59% em situação satisfatória e 0,54% não informado.

Segundo boletim epidemiológico da Secretaria de Vigilância da Saúde, no estado de Pernambuco foram registrados um aumento de 19,5%, 3,9% e 0,2% na incidência de Dengue, febre de Chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 11 de 2019 (4.014, 570 e 32 casos, respectivamente), em relação ao ano anterior (2.168, 200 e 7 casos), com sete casos de óbitos confirmados no Nordeste.

Atualmente, os modelos matemáticos e estatísticos, mais especificamente, modelos de regressão com variável resposta seguindo distribuição Poisson, Quase-Poisson ou Binomial Negativa vêm sendo amplamente utilizados por vários pesquisadores para modelar o número de eventos (contagens) que ocorrem dentro de um determinado intervalo de tempo. Essa metodologia tem o intuito de quantificar e prever um determinado atributo ao longo do tempo, bem como, identificar características, fatores e padrões epidemiológicos. Os modelos de regressão supracitados podem indicar o desenvolvimento de um sistema de alerta contra a dengue no Brasil, assim como em outros países e, portanto, informar a comunidade sobre possíveis surtos da doença.

Leslie (2019), em seu estudo, afirma que tanto o modelo Poisson quanto o modelo binomial negativo se encaixam bem em relação a incidência de dengue, havendo-se uma associação significativa entre incidência mensal de dengue e quantidade de chuva; este último se ajusta com melhor precisão devido à natureza dos dados superdispersos.

Diante do exposto, o presente estudo consiste em analisar e comparar o comportamento semanal de casos de dengue dos municípios que tem o maior número de habitantes das mesorregiões de Pernambuco, a saber Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina e Serra Talhada, no período de 2009 a 2018, utilizando modelos de probabilidades, mais precisamente, os modelos Poisson e suas generalizações, mostrando como estas ferramentas, relativamente simples, conseguem representar o caráter preditivo da doença para os períodos subsequentes.

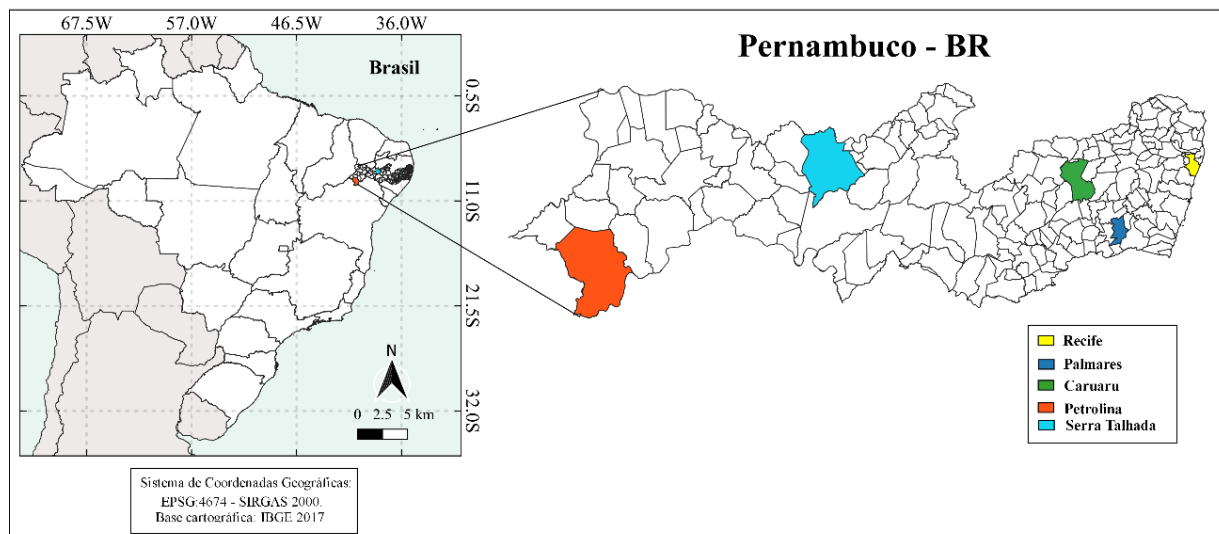
2. Metodologia

Neste artigo o estudo se desenvolve no contexto de natureza descritiva por meio de métodos quantitativos (Pereira et al., 2018), caracterizado como um estudo epidemiológico observacional descritivo, em que é possível analisar os dados de dengue.

2.1 Caracterização da área

O espaço selecionado para o estudo foi o estado de Pernambuco, localizado no centro-leste da região Nordeste, entre os paralelos de 7° 18' 17" e 9° 28' 43" de latitude Sul e os meridianos de 34° 48' 15" e 41° 21' 22" longitude Oeste de Greenwich, mais precisamente, os municípios de Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina e Serra Talhada (Figura 1). Estes municípios ocupam uma área de 920,6 km², 336,8 km², 218 km², 4.562 km² e 2.980 km², respectivamente. O território pernambucano é composto por 185 municípios e subdividido em cinco mesorregiões: Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, Metropolitana do Recife, São Francisco e Sertão Pernambucano. A população estimada, respectivamente, dos cinco municípios são de aproximadamente 361.118, 63.250, 1.645.727, 349.145 e 86.350 habitantes (IBGE, 2018).

Figura 1. Espacialização geográfica dos municípios Caruaru, Palmares, Recife, Petrolina e Serra Talhada do estado de Pernambuco, Brasil.



Fonte: Elaborada pelos Autores (2020).

2.2 Dados

O conjunto de informações utilizadas para o desenvolvimento do trabalho refere-se aos números de casos semanais de dengue no estado de Pernambuco, disponibilizados pelo Serviço de Informação ao Cidadão (SIC), no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018. Para compor a amostra selecionamos o município mais populoso de cada mesorregião, na qual foram

amostrados os municípios: Caruaru (Agreste Pernambucano), Palmares (Mata Pernambucana), Recife (Metropolitana do Recife), Petrolina (São Francisco) e Serra Talhada (Sertão Pernambucano). Devido à ausência de dados dos municípios Vitória de Santo Antão e Escada, sendo estes o primeiro e segundo municípios mais populosos da Mata Pernambucana seleciona-se Palmares para compor a amostra.

2.3 Modelos lineares generalizados (MLGs)

Os MLGs foram propostos por Nelder e Wedderburn (1972) e constituem uma ampliação do modelo linear clássico. Esses modelos foram criados como uma forma de unificar modelos estatísticos de regressão e são utilizados quando os dados não seguem normalidade.

Desta forma, torna-se possível modelar variáveis de interesse que podem assumir a forma de contagem, categóricas e binárias. Segundo Ceratti (2013) os MLGs permitem que a variável resposta possa assumir uma distribuição qualquer pertencente à família exponencial univariada, o que permite uma maior flexibilidade na relação entre o preditor linear e a variável resposta.

Em particular, os dados de casos de notificação de dengue são observações importantes e que constituem o caso em que a variável possui forma de contagem. Com propriedade, aplicaremos os modelos de regressão Poisson e Binomial Negativo por se enquadrarem a este tipo de dado.

Além desses argumentos anteriores para a aplicação dos modelos de regressão Poisson e Binomial Negativo, existe na literatura métodos para verificar se de fato o modelo proposto é adequado ao conjunto de dados de interesse. Uma dessas ferramentas é o teste da razão de verossimilhança (RV) apresentado por Rao (1973). Dessa forma, a estatística do teste da razão de verossimilhança para testar a hipótese nula, o modelo proposto ao ajuste dos dados é adequado, é dada por:

$$RV = -2[\ln(R_2) - \ln(R_1)] \quad (1)$$

em que R_1 é a verossimilhança do possível modelo de interesse ao ajuste dos dados, enquanto R_2 é a verossimilhança do modelo oposto. Sob certas condições de regularidade (Bickel e Doksum, 2001) a distribuição de RV é assintoticamente qui-quadrado com r graus de liberdade.

Então, se $RV \leq \chi^2_{(r,\alpha)}$, não rejeita-se a hipótese nula, sendo α o nível de significância considerado.

Pode-se também verificar se o modelo ajustado é melhor do que o oposto por meio do critério de informação Akaike, AIC. Essa estatística é dada por:

$$AIC = -2 \ln(R_1) + 2[(p + 1) + 1] \quad (2)$$

em que R_1 é a função de máxima verossimilhança do modelo e p é o número de variáveis explicativas consideradas no modelo.

2.4 Modelo de regressão Poisson

O modelo Poisson, desempenha um papel fundamental na análise de dados de contagem e além de pertencer à família exponencial possui duas particularidades bem razoáveis, a saber: média igual a variância e simples estrutura para estimação.

Considerando $Y_i, i = 1, 2, \dots, n$ nossa variável resposta, independentes e modeladas pela distribuição Poisson com média λ , então sua função de probabilidade é dada por (Magalhães, 2011, p.89):

$$f(y_i; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^{y_i}}{y_i!}, y_i = 0, 1, \dots, n \quad (3)$$

De acordo com Ramalho (1996) o modelo de regressão Poisson consiste em colocar o parâmetro λ em função de um conjunto de variáveis explicativas, como sendo $\lambda = f(x_i, \beta)$, em que x_i é um vetor de observações e $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ um vetor de parâmetros desconhecidos. Assumindo o preditor linear em notação matricial (Tadano, 2009) tem-se:

$$\log(\lambda) = \beta x_i^T. \quad (4)$$

2.5 Modelo de regressão Binomial Negativo

Supondo $Y_i, i = 1, 2, \dots, n$ variável (independentes) resposta seguindo a distribuição Binomial Negativa, digamos $BN(\mu_i, \phi)$. A função de probabilidade de Y_i , é dada por (Paula,

2013):

$$f(y_i; \mu_i, \phi) = \frac{\Gamma(\phi + y_i)}{\Gamma(y_i + 1)\Gamma(\phi)} \left(\frac{\mu_i}{\mu_i + 1}\right)^{y_i} \left(\frac{\phi}{\mu_i + \phi}\right)^\phi, y = 0, 1, \dots, n \quad (5)$$

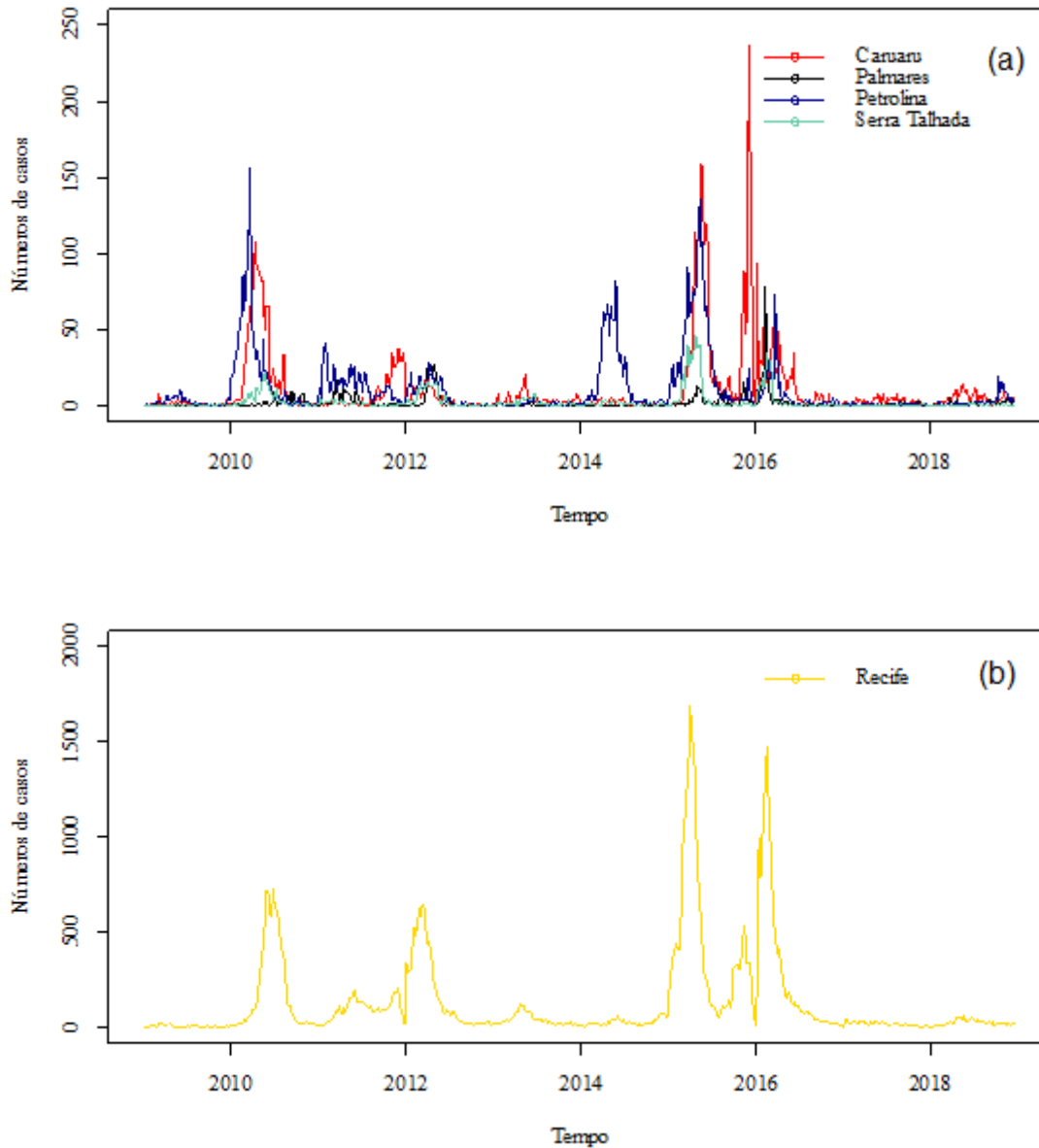
De forma análoga ao modelo de regressão Poisson, o parâmetro μ_i ficará em função de um conjunto de variáveis explicativas. Desta forma, x_i é um vetor de observações e $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ um vetor de parâmetros desconhecidos e o seu preditor linear será

$$\log(\mu_i) = \beta x_i^T. \quad (6)$$

3. Resultados e Discussão

Seja $Z = \{z_t \in N \mid t = 1, 2, \dots, N\}^T$ o vetor do número de casos semanais de dengue em quatro municípios do estado de Pernambuco no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018. Na Figura 2b, observa-se que o município de Recife apresentou um maior quantitativo de casos, esse aumento pode estar associado a fatores climatológicos, pois o município se localiza no litoral e sofre influência da Zona de Convergência Intertropical tropical (ZCIT). Um estudo extensivo realizado 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, padrões de dias da semana e fins de semana.

Figura 2. Resposta semanal do número de casos de dengue para os municípios: Caruaru, Palmares, Petrolina e Serra Talhada (a) e Recife (b), no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018.



Fonte: Elaborada pelos Autores.

A análise descritiva dos dados pode ser observada na Tabela 1, na qual são apresentados o valor do mínimo (Min), máximo (Max), 1º quartil, mediana, 3º quartil, média e desvio padrão (D.P.) do número de casos de dengue utilizado na modelagem estatística. Diante dessa tabela, verifica-se que todos os municípios apresentam assimetria positiva, pois a mediana se aproxima do primeiro quartil.

Ao analisar o número de casos de dengue para cinco municípios do estado de

Pernambuco (Tabela 1), nota-se que a distribuição da doença apresenta comportamentos variados, por exemplo, Recife. Além do município estar localizado próximo ao litoral e sofrer influência de eventos extremos o mesmo é composto por vegetação litorânea e Mata Atlântica que pode influenciar negativamente no desenvolvimento do vetor. Áreas naturais são refúgio desses vetores e o desmatamento dessa vegetação contribui para a expansão dos mosquitos, constituindo perda e fragmentação do seu habitat. Um estudo extensivo realizado por Moura et al. (2014), afirma que desmatamento da Mata Atlântica apresentou relação positiva estatisticamente significativa com a incidência da doença no estado do Rio de Janeiro, nos anos de 2001 a 2008.

Por outro lado, ao se distanciar do litoral observa-se que o número de casos de dengue diminui, ou seja, Serra Talhada que se localiza no Sertão Pernambucano apresentou menor amplitude em relação aos demais municípios, pois é uma região em que há escassez de chuvas, além de apresentar clima semiárido, ocasionado assim a não eclosão dos ovos do mosquito (Baracho et al, 2014).

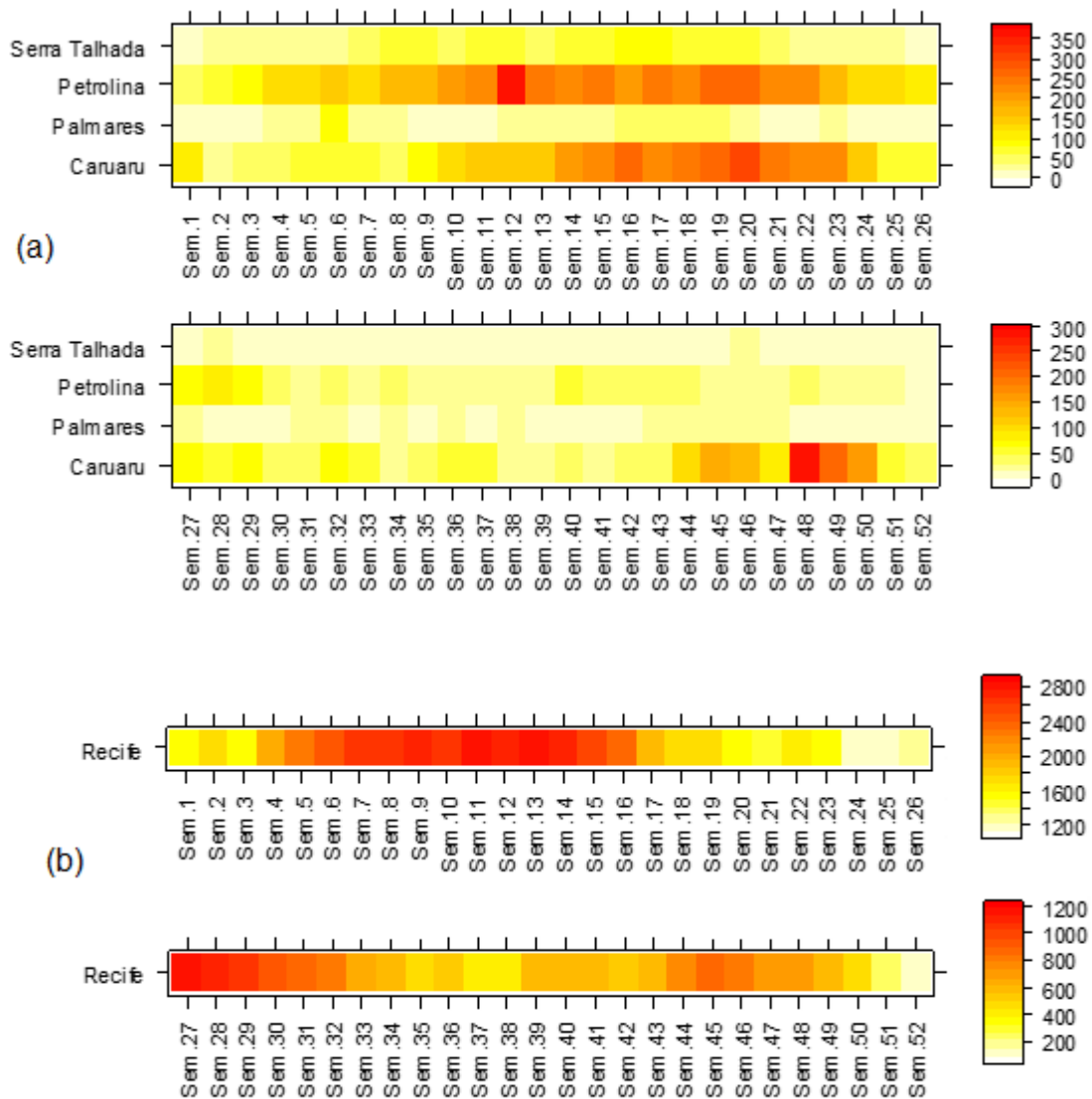
Tabela 1. Análise descritiva do número de casos prováveis de dengue, até a Semana Epidemiológica 52^o, para cinco municípios do estado de Pernambuco, Brasil, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018.

Municípios	Min	Max	1 ^o quartil	Mediana	Média	3 ^o quartil	D.P.
Caruaru	0	236	1	3	10,89	8	94,57
Palmares	0	79	0	0	1,738	1	32,03
Petrolina	0	156	1	3	10,53	11	61,78
Recife	0	1691	16	32	134	108,8	668,7
Serra Talhada	0	47	0	0	2,483	2	18,85

Fonte: Elaborada pelos Autores.

Com base na Figura 3, comprovam-se que os municípios apresentam uma periodicidade sazonal de comprimento 52, 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.

Figura 3. Frequência acumulada do número de casos de dengue por semana epidemiológica para os municípios: Caruaru, Palmares, Petrolina e Serra Talhada (a) e Recife (b), no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018.



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Resultado corroborado por Costa e Calado (2016) e De Andrade Oliveira et al. (2018), em que afirmam que o efeito sazonal tem seu papel relevante na influência da expansão geográfica do mosquito. Também, observa-se que entre as semanas 10 a 24 (Figura 3a) houve um aumento nos números de casos nos municípios, sendo este um período de transição do Verão para Inverno. Contudo, verifica-se que Recife apresenta picos epidêmicos constantes entre as estações Verão, Outono e Primavera pois o município está susceptível a mudança climática constante (Figura 3b).

Vale ressaltar que no trimestre setembro, outubro e novembro (Figura 3b), a maior parte da Região Nordeste encontra-se na sua estação seca, exceto no sul dos Estados do Piauí, Maranhão e no oeste da Bahia. O aumento da temperatura e a incidência de secas, resultantes do processo de mudança climática, propiciam a expansão de doenças transmitidas por mosquitos como dengue, leishmanioses, malária e febre amarela, neste período.

Ao analisar o parâmetro de dispersão para os cinco municípios selecionados foi verificado um alto grau de dispersão (Caruaru = 24,33, Palmares = 5,84, Petrolina = 17,87, Recife = 257,74 e Serra Talhada = 6,06), em que o pressuposto da igualdade de média e variância foi violado, tornando-se inviável a adequação do ajuste Poisson. Deste modo, optou-se pelo ajuste Quase-Poisson a fim de resolver o problema da superdispersão dos dados. Com base nos parâmetros do modelo ajustado para o número de casos prováveis de dengue (Tabela 2), verifica-se que a umidade relativa do ar (β_1), temperatura (β_2) e precipitação (β_6) são variáveis significativas no estudo da dengue. Contudo, o modelo Binomial Negativo se sobressaiu em relação ao modelo Quase-Poisson pois reduziu os parâmetros de dispersão de 24,33 para 1,13 (Caruaru; AIC = 3250,2), 5,84 para 0,78 (Palmares; AIC = 1614,5), 17,87 para 1,13 (Petrolina; AIC = 3221,3), 257,74 para 1,24 (Recife; AIC = 5963,7) e 6,06 para 0,85 (Serra Talhada; AIC = 1783,4). Resultado corroborado pelo teste da razão de verossimilhanças, no qual o p-valor foi abaixo de 0,05 indicando que o modelo Binomial Negativa é melhor que Poisson. Esses resultados corroboram com os estudos de Leslie (2019).

Tabela 2. Parâmetros significativos dos modelos de regressões Quase-Poisson (QP) e Binomial Negativo (BN) para número de casos prováveis de dengue, para cinco municípios do estado de Pernambuco, Brasil, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018.

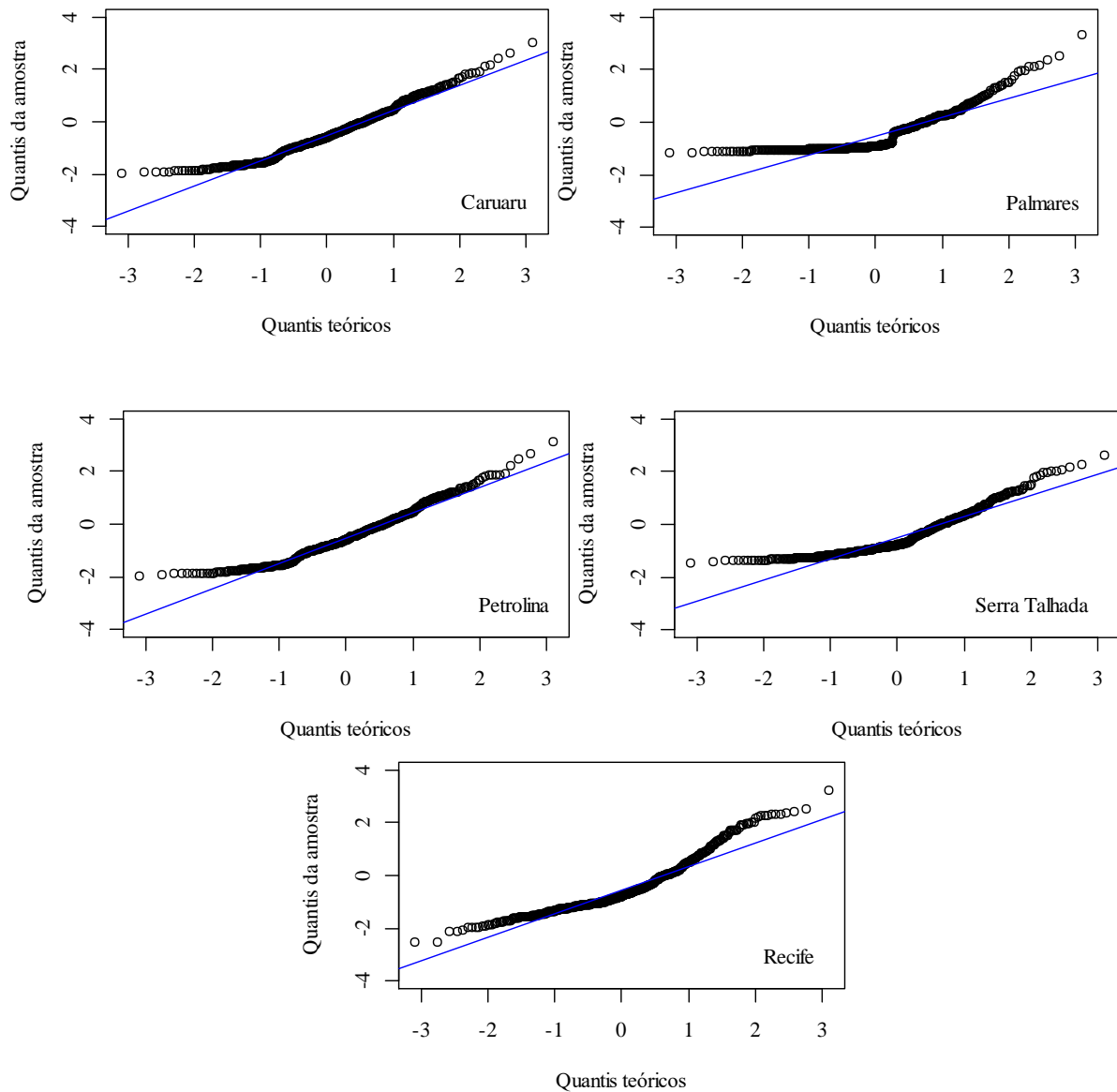
P*	Caruaru		Palmares		Petrolina		Recife		Serra Talhada	
	QP	BN	QP	BN	QP	BN	QP	BN	QP	BN
α^1	-9,230	-11,74	-	-	-216,3	-204,8	-	-4,082	-321,3	-184,61
							3,246			
β_1^2	0,033	0,046	-	-	-0,059	-	-	-	-0,122	-0,089
β_2^3	0,389	0,454	0,133	0,114	-	1,786	0,308	0,268	-	-
β_3^4	-	-	-	-	0,635	0,437	-	0,087	0,662	-0,605
β_4^5	-	-	-	-	0,218	0,201	-	-	0,336	0,191
								$2,88 \times 10^{-7}$		
β_5^6	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,105	-0,819
			1,306	1,087						
β_6^7	-	-	-	-	-0,0092	-0,0097	0,003	$3,00 \times 10^{-3}$	-0,015	-0,011

* = Parâmetros; ¹ = intercepto; ² = Umidade do ar; ³ = Temperatura; ⁴ = Temperatura do ponto de orvalho; ⁵ = Pressão atmosférica; ⁶ = Velocidade do vento; ⁷ = Precipitação.

Fonte: Elaborada pelos Autores.

Avaliando os resíduos Figura 4, demonstram-se que os resíduos não seguem distribuição Normal, principalmente, em Palmares e Recife, com um grande quantitativo de pontos distantes da reta. Além disso, observa-se que os pontos que se desviam da normalidade ocorrem nos extremos. Entretanto, comportam-se como uma sequência de variáveis aleatórias independentes, identicamente distribuídas com média zero e variância constante. Logo, esses modelos conseguem captar o nível e inclinação, mas não as flutuações (valores extremos).

Figura 4. Gráfico Q-Q normal dos resíduos quantílicos para modelo BN para número de casos prováveis de dengue, para cinco municípios do estado de Pernambuco, Brasil, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018.



Fonte: Elaborada pelos Autores.

4. Considerações Finais

Tendo em vista a preocupação dos cientistas em relação a surtos de dengue causados pelo mosquito *Aedes Aegypti*, objetiva-se fazer a análise dos dados de dengue, realizando uma exploração dos dados e uma modelagem com modelos lineares generalizados, em específico, o modelo de regressão Binomial Negativo e o modelo Quase-Poisson.

No que tange aos surtos de dengue causados pelo mosquito *Aedes Aegypti*, teve-se uma preocupação em analisar dados referentes à dengue nos municípios de Caruaru, Palmares, Petrolina, Serra Talhada e da Capital Recife; na qual mostraram-se que a distribuição de casos da doença possui comportamentos variados, sendo possível notar que cidades mais próximas ao litoral, como Recife, apresenta um número acentuado de casos. Por outro lado, cidades mais distantes do litoral, como Serra Talhada, apresentou menor amplitude em relação aos demais municípios.

Em relação a modelagem, foi utilizado o modelo de Regressão Quasi-Poisson e Binomial negativo, na qual observou-se que o modelo de Regressão Binomial negativo se sobressaiu em relação ao modelo Quase-Poisson, pois reduziu os parâmetros de dispersão para todas as cidades analisadas. Por fim, ressaltamos que mais estudos precisam ser realizados nessa área para nos darmos uma amplitude maior.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA) e a Serviço de Informação ao Cidadão (SIC).

Referências

Baracho, R. C. M., Ismael Filho, A., Gonçalves, A., Nunes, S. T. S., & Borges, P. F. (2014). A influência climática na proliferação da dengue na cidade de Areia, Paraíba. *Revista Gaia Scientia*, 8(1).

Barbosa, I. R., & da Silva, L. P. (2015). Influência dos determinantes sociais e ambientais na distribuição espacial da dengue no município de Natal-RN. *Revista Ciência Plural*, 1(3), 62-75.

Bickel, P. J. & Doksum, K. A. (2001). *Mathematical statistics: Basic ideas and selected topics*. (2nd ed.), Prentice–Hall.

Böhm, A. W., Costa, C. D. S., Neves, R. G., Flores, T. R., & Nunes, B. P. (2016). Dengue incidence trend in Brazil, 2002-2012. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 25(4), 725-733. Doi: <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000400006>.

Catão, R. de C. (2011). Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional.

Ceratti, R. K. (2013). Modelos para análise de dados não-normais multivariados longitudinais.

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000400007>.

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. (2018). Perfil das notificações de dengue e sazonalidade no município de Ubá-MG, 2015 A 2016. *Revista Científica FAGOC-Saúde*, 2(2), 9-14.

de Freitas, J. R., Nascimento, G. I. L. A., de Almeida Ferreira, D. S., Santiago, E. J. P., Moreira, G. R., da Silva, A. S. A., & Cunha Filho, M. (2020). Análise espaço-temporal da incidência de febre Chikungunya no estado de Pernambuco. *Research, Society and Development*, 9(9), e288997114-e288997114. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7114>

de Freitas, J. R., Santiago, E. J. P., de Freitas, J. C. R., da Silva, A. S. A., de Araújo Filho, R. N., Piscocoya, V. C., & Cunha Filho, M. (2020). Space-temporal analysis trend of the numbers of dengue cases in Pernambuco-Brazil. *Research, Society and Development*, 9(7), 526974427. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4427>

de Moura, P. M., Docile, T. N., Arnóbio, A., & Figueiró, R. (2014). O Desmatamento e o Crescimento urbano desordenado no estado do Rio de Janeiro: impactos na dinâmica do Dengue. *Cadernos UniFOA*, 9(24),77-85, 2014.

IBGE. Estimativas da população. (2018). Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao.html?=&t=downloads>.

Kraemer, M. U. G., et al (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *Elife*, 4, e08347. Doi: 10.1038/sdata.2015.35

Leslie, C. (2019). Statistical Analysis of Climate Factors Influencing Dengue Incidences in Colombo, Sri Lanka: Poisson and Negative Binomial Regression Approach. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(2), 133-144. Doi: <http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.9.02.2019.p8616>.

Magalhães, M. N. (2006). Probabilidade e variáveis aleatórias. Edusp.

Maniero, V. C., Santos, M. O., Ribeiro, R. L., de Oliveira, P. A., da Silva, T. B., Moleri, A. B., & Cardozo, S. V. (2016). Dengue, chikungunya e zika vírus no Brasil: situação epidemiológica, aspectos clínicos e medidas preventivas. *Almanaque multidisciplinar de pesquisa*, 1(1).

Mustafa, M. S., Rasotgi, V., Jain, S., & Gupta, V. (2015). Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENV-5): A new public health dilemma in dengue control. *Medical journal armed forces India*, 71(1), 67-70. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2014.09.011>

Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society*, A 135, 370-384.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., Shitsuka, R (2018). Metodologia da pesquisa científica. 1. Ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE.

Paula, G. A. (2004). Modelos de regressão: com apoio computacional. São Paulo: IME-USP.

Ramalho, J. Modelos de regressão para dados de contagem. 1996. Dissertação de Mestrado.

Rao, CR (1973) Linear statistical inference and its applications. New York, John Wiley. 560p.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Recuperado de <http://www.R-project.org/>.

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. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007360>

Salles, T. S., da Encarnação Sá-Guimarães, T., de Alvarenga, E. S. L., Guimarães-Ribeiro, V., de Meneses, M. D. F., de Castro-Salles, P. F., & Moreira, M. F. (2018). History, epidemiology and diagnostics of dengue in the American and Brazilian contexts: a review. *Parasites & vectors*, 11(1), 264. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2830-8>

Tadano, Y. de S., Ugaya, C. M. L., & Franco, A. T. A. (2009). Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. *Ambiente & Sociedade*, 12(2), 241-255. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200003>.

Valle, D., Pimenta, D. N., & da Cunha, R. V. (2015). Dengue: teorias e práticas. SciELO-Editora FIOCRUZ. Doi: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00016216>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Jucarlos Rufino de Freitas – 20%

Marília Gabriela Ferreira de Miranda Oliveira – 20%

Moacyr Cunha Filho – 20%

Frank Sinatra Gomes da Silva – 20%

Josimar Mendes de Vasconcelos – 20%