



R-INLA na modelagem espacial de Chikungunya UTILIZANDO ABORDAGEM bayesiana

Introdução

As tentativas de reproduzir a realidade dos fenômenos espaciais geralmente são feitas por representações gráficas estáticas que muitas vezes não capturam e expressam as informações de modo adequado (DIAS; CÂMARA; JR, 2005). Em contrapartida, o rápido desenvolvimento de tecnologias computacionais e estatísticas criam um cenário propício para o emprego de modelos espaciais que anteriormente não eram viáveis. Um exemplo disso é a abordagem bayesiana para a estimativa de parâmetros pelo método INLA (*Integrated Nested Laplace Aproximation*). Este método aproxima as distribuições a posteriori por meio de aproximações de Laplace via métodos computacionais determinísticos sem utilizar simulações, sendo ainda mais eficiente e mais rápido computacionalmente que o método de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC) que é tradicionalmente utilizado. Em outras palavras, é importante destacar que não é suficiente apenas obter um modelo capaz de gerar previsões realistas, mas também que essas previsões sejam geradas rapidamente para que assim o sistema consiga se atualizar de forma mais eficiente. As notificações de arboviroses não são homogêneas nem em cidades e muito menos em áreas mais extensas como a de um estado, sendo ainda que autores como Ribeiro et al. (2006) destaca a existência de diferenças significativas quanto ao sexo e a idade no perfil clínico-epidemiológico daqueles que contraíram a dengue. Nesse sentido, este trabalho visa apresentar uma metodologia que pode ser empregada no desenvolvimento de modelos espaciais considerando variáveis como sexo e faixa etária a fim de compreender a ocorrência da transmissão de doenças causadas pelos arbovírus da Chikungunya (CHIKV).

Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar um método alternativo aos tradicionais métodos de modelagem espacial utilizando enfoque bayesiano, o INLA. É apresentado um modelo contendo o intercepto, a interação sexo - faixa etária e efeito aleatório para os municípios.



Material e Método

Área de estudo

O Estado do Rio de Janeiro possui uma população estimada de 17.159.960 habitantes, está localizado na região sudeste do país, abrange uma área de 43.780,172 km² e possui 92 municípios.

Dados

Os dados de notificações de Chikungunya são referentes ao ano de 2016 e foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) enquanto os dados populacionais são de projeções do IBGE para o ano de 2015. Além disso, para evitar com que os números de casos notificados sejam mascarados pela discrepância populacional existente entre os municípios, os modelos consideram a incidência de casos notificados em cada município. Foi tratado como unidade de estudo a população pertencente à cada município e classificada como áreas vizinhas apenas as áreas de fronteiras, com exceção dos municípios Rio de Janeiro e Niterói que foram considerados como vizinhos devido à ponte Rio-Niterói que liga as duas cidades. Desse modo, é possível criar a chamada matriz de vizinhança, fundamental para o estudo espacial.

Integrated Nested Laplace Approximation - INLA

Rue *et. al.* (2009) apresentaram um novo método que utiliza aproximações de Laplace para aproximar as distribuições a posteriori via métodos computacionais determinísticos, o *Integrated Nested Laplace Approximation - INLA*, cujo qual não utiliza simulações, ou seja, não é necessário verificar convergência, pois é um método determinístico. A grande vantagem deste método é que o tempo computacional é significativamente menor comparado com o tradicional método de MCMC (RUE; MARTINO, 2007). O INLA está implementado no R pelo pacote R-INLA. Contudo, o pacote R-INLA utiliza arquivos .ini e funções externas à biblioteca C e desta maneira não está disponível no CRAN, logo a sua instalação ocorre utilizando um repositório próprio do R-INLA *Project* através do seguinte código:

```
\begin{lstlisting}[language=R]
  install.packages("INLA", repos=c(getOption("repos"),
  INLA="https://inla.r-inla-download.org/R/stable"),
  dep=TRUE)
\end{lstlisting}
```



Estimação Bayesiana com INLA

Seja $Y_{\{s,a,m\}}$ o número de casos de Chikungunya para o sexo s , faixa etária a , e no município m de um determinado estado e para um determinado ano, tem-se o seguinte modelo:

$$Y_{\{s,a,m\}} \sim \text{Poisson}(\lambda_{\{s,a,m\}})$$

onde $\log(\lambda_{\{s,a,m\}}) \sim 1 + s + a + s:a + \gamma_m + \text{offset}$ na qual γ_m é um efeito aleatório espacial, ajustado segundo a soma de um processo CAR intrínseco e um processo gaussiano *iid*, conhecido por *bym*. O termo *offset* é dado por $\log(\text{POP}_{\{s,a,m\}}) \times 10^{-5}$. Dessa forma, a incidência ajustada é dada pelo exponencial do preditor linear $eI_{\{s,a,m\}} = e^{\{\eta_{s,a,m}\}}$ do modelo e a incerteza associada as estimativas de incidência geral e específicas é calculada via aproximação de Monte Carlo usando de amostras da posteriori aproximada do modelo completo via INLA. A incidência anual de Chikungunya para o sexo s , faixa etária a , e no município m , denotada por $I_{\{s,a,m\}}$ é definida por

$$I_{\{s,a,m\}} = \frac{\tilde{Y}_{\{s,a,m\}}}{\text{POP}_{\{s,a,m\}}} \times 10^5$$

onde $\text{POP}_{\{s,a,m\}}$ é o total de habitantes do sexo s , faixa etária a , e no município m .

Resultados e Discussão

A figura 1 mostra a clara distinção entre os números de casos notificados de Chikungunya para homens e mulheres, sendo essa diferença significativa a partir da faixa dos 15 a 19 anos até a 70 a 79 anos. Ribeiro, Sena e Almeida (2018) ao estudarem o perfil epidemiológico no estado da Bahia também observaram a predominância de notificações no sexo feminino, atribuindo a causa dessa diferença à possibilidade de que as mulheres procuram mais assistência médica devido a maior rotina diante dos aspectos sociohistóricos ainda existentes.

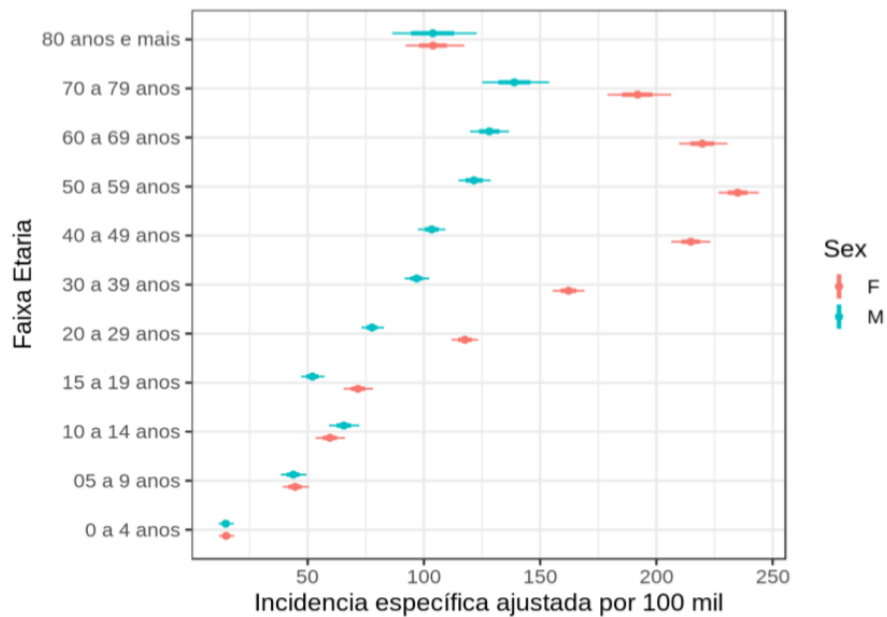


Figura 1 – Incidência ajustada de Chikungunya por sexo e faixa etária

O mapa abaixo (figura 2) mostra a distribuição espacial para a incidência de Chikungunya por município. Observa-se que a região metropolitana e a baixada litorânea são as regiões que englobam a maior quantidade de municípios com as mais elevadas incidências para o Estado, embora a região noroeste fluminense tenha o município com a maior incidência, Porciúncula.

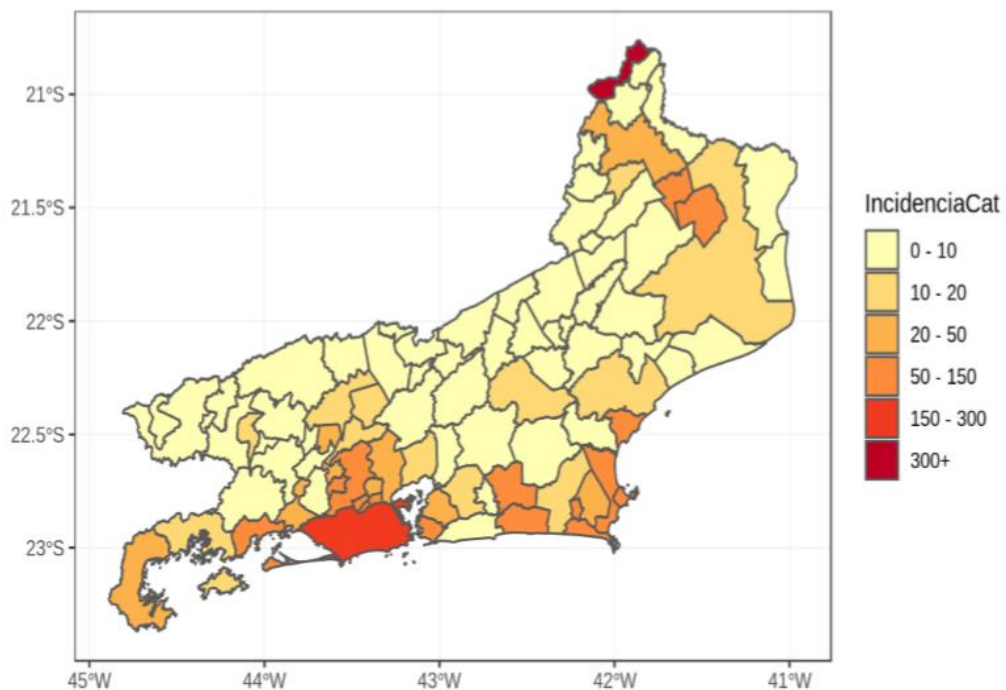


Figura 2 – Mapa da incidência ajustada de Chikungunya por município



Conclusão

O conjunto de metodologias empregada permitiu identificar os municípios do estado do Rio de Janeiro que apresentavam maiores incidências para a ocorrência de Chikungunya. Desse modo, compreende-se que a modelagem espacial utilizando a abordagem bayesiana através do INLA é capaz de fornecer informações que podem resultar no auxílio de tomadas de decisões, podendo elencar áreas prioritárias mediante ao nível de incidência.

Referências

DIAS, T. D. L.; CÂMARA, G.; JR, C. A. D. Modelos espaço-temporais. MA Casanova, G Câmara, CA Davis Jr., L Vinhas, GR Queiroz.(Org. e Ed.). Bancos de Dados Geográficos. Editora Mundo Geo, Curitiba, Cap, v. 4, 2005.

RIBEIRO, I. B.; SENA, J. Costa da S.; ALMEIDA, H. L. Perfil epidemiológico da chikungunya no estado da Bahia, brasil nos anos de 2014 a 2017. 2018.

RIBEIRO, A. F. et al. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. Revista de Saúde Pública, SciELO Public Health, v. 40, p. 671–676, 2006.

RUE, H.; MARTINO, S. Approximate Bayesian Inference for Hierarchical Gaussian Markov Random Field models. Journal of statistical planning and inference, Elsevier, v. 137, n. 10, p. 3177–3192, 2007.