



## Detecção de Conglomerados Espaciais de Dengue no Estado da Paraíba Utilizando o Método Besag e Newell

Danielle Limeira Silva; Ronei Marcos Moraes

Universidade Federal da Paraíba - UFPB  
Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN  
Departamento de Estatística - DE

Laboratório de Estatística Aplicada ao Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LEAPIG  
danielle.limeiras@gmail.com  
ronei@de.ufpb.br

**Resumo:** a dengue é uma doença infectocontagiosa com alto potencial epidemiológico e endêmico, acometendo principalmente países tropicais e subtropicais. Segundo Bhatt *et. al.* (2013), o continente asiático apresentou o maior número de casos aparentes no ano de 2010 (70% do global), sendo a Índia a maior afetada. O continente americano aparece com 14% dos casos aparentes no mundo, com Brasil e México respondendo por metade dos casos. Em 2016, no Brasil foram notificados 1.500.535 casos com uma incidência de 572,8 casos/ 100 mil hab. A região com maior número de casos é o Sudeste, seguido do Nordeste, Centro-Oeste, Norte e Sul. O estado da Paraíba também apresenta o padrão endêmico. Devido a esta situação, faz-se necessário que os gestores de saúde pública tenham em mãos ferramentas para o combate e controle do arbovírus da dengue. Este artigo teve como objetivo a análise do comportamento espacial da dengue no estado da Paraíba, através da metodologia da aglomeração espacial de Besag e Newell, com o fim de fornecer aos gestores uma ferramenta para o controle e prevenção da doença. Os dados utilizados foram cedidos pela Secretaria de Saúde do Estado da Paraíba e são referentes ao período entre 2009 e 2013. Os resultados obtidos mostraram que o método é útil para a identificação de aglomerados espaciais de geo-objetos com risco elevado, concentrados mais à oeste e ao centro-oeste da Paraíba. Isso pode permitir um melhor conhecimento da realidade epidemiológica do estado e servir de suporte à elaboração de políticas de saúde pública para o combate e prevenção da doença pelos gestores.

**Palavras-chave:** Dengue, Besag e Newell, aglomerados, risco.

### 1 Introdução

A dengue é uma doença infectocontagiosa transmitida pelos mosquitos *Aedes Aegypti* e *Aedes Albopictus* com grande potencial epidemiológico e alto poder endêmico. De acordo com a *World Health Organization* (2012) quando da divulgação da *Global Strategy for Dengue Prevention and Control 2012-2020*, no período entre os anos de 1955 e 2010 houve um aumento de 30 vezes na incidência global de dengue e, segundo Bhatt *et. al.* (2013) é estimado que 390 milhões de pessoas sejam infectadas por ano no mundo. Além disso, quase metade da população mundial vive em áreas onde a dengue é endêmica, sendo uma doença de grande preocupação para a saúde pública nos países tropicais e subtropicais (*World Health Organization*, 2012). Ainda de acordo com Bhatt *et. al.* (2013) em 2010 o número estimado de pessoas com aparentes infecções de dengue no mundo foi de 96 milhões, concentradas principalmente na Ásia (70% dos casos no mundo) e especificamente na Índia (34% dos casos mundiais). O continente americano respondeu por 14% das infecções aparentes, onde Brasil e



México equivaleram à metade dos casos de toda a América (BHATT *et. al.*, 2013). Outros continentes apontados por Bhatt *et. al.* (2013) são a África e na Oceania, nos quais o acometimento de dengue foi de 16% e 0,2% dos casos aparente globais.

No Brasil, o Ministério da Saúde afirma que em 2016 foram registrados 1.500.535 casos prováveis de dengue, (casos notificados menos os descartados), com uma incidência de 572,8 casos por 100 mil habitantes (Ministério da Saúde, 2017). Na Semana Epidemiológica (SE) 15 (01/01/2017 a 15/04/2017) registrou 113.381 casos prováveis, com uma incidência de 55 casos/100 mil hab. Entre as regiões do país, a que apresentou o maior número de casos na SE foi o Sudeste, seguido das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Norte e Sul. No entanto, o Centro-Oeste e Norte registraram as maiores taxas de incidências. Com relação ao número de pacientes que foram a óbito, na SE foram registrados 17 óbitos, sendo que ainda existem 125 óbitos não confirmados. No estado da Paraíba, o padrão endêmico também é observado, apresentando maior incidência entre os meses de março a junho (SILVA *et. al.* 2007). Entretanto, por ser um estado com temperaturas elevadas em todas as estações do ano, a proliferação do mosquito *Aedes Aegypti* é favorecida nos doze meses do ano e consequentemente sempre são registrados casos de dengue no estado. Diferente de algumas regiões que, por apresentaram condições climáticas variantes ao longo do ano, são registrados casos apenas em alguns períodos. Segundo o Ministério da Saúde, a Paraíba finalizou o ano de 2016 com 25.617 casos prováveis com uma incidência de 640,5/100 mil hab. e durante a SE ocorreram 967 casos prováveis com uma incidência de 24,2/100 mil hab.

Tendo em vista essa realidade, faz-se necessário que os gestores de saúde tenham a disposição um sistema de monitoramento e previsão do comportamento da dengue, visando a formulação de políticas de saúde pública para a prevenção e combate de forma mais eficiente. Para isso, projetos de apoio e desenvolvimento de medidas para o controle e prevenção da dengue já foram criados, como por exemplo, a *Global Startegy for Dengue Prevention and Control 2012-2020* da Organização Mundial da Saúde e o 62º Termo de Cooperação pela Organização Pan-Americana da Saúde (Organização Pan-Americana da Saúde, 2015). De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (2015) é recomendado a continuação do processo de aperfeiçoamento de vigilância epidemiológica e laboratorial das arboviroses e a incorporação de novas tecnologias de controle vetorial. Com base nisso, os estudos fundamentados em Análise Espacial apresentam-se como um possível método para auxiliar os gestores de saúde na formulação de políticas de saúde públicas. As técnicas de análise espacial permitem a identificação de aglomerados espaciais e padrões espaciais de um fenômeno em um território (ou espaço geográfico). Trabalhos com base na análise espacial da



dengue na Paraíba e no município de João Pessoa já foram realizados por Silva *et. al.* (2007), Lucena *et. al.* (2009), Melo e Moraes (2015) e Sá *et. al.* (2015a). A análise espacial também foi utilizada no estudo para outras doenças como a tuberculose (SÁ *et. al.*, 2014, 2015b).

Com o propósito de fornecer aos gestores de saúde mais uma ferramenta contra a dengue, o presente artigo tem como objetivo analisar o comportamento espacial da dengue no estado da Paraíba, por meio do método de análise espacial Besag e Newell. O estudo foi realizado com base nos dados municipais de casos de dengue no estado da Paraíba, no período entre os anos de 2009 e 2013, cedidos pela Secretaria de Saúde do Estado da Paraíba.

## 2 Metodologia

Para compreender o risco de desenvolver uma doença dentro de um espaço geográfico é calculado o Risco Relativo (MEDRONHO, 2003). Este é um indicador da intensidade com que um fenômeno ocorre em uma sub-região (ou geo-objeto) em relação a um espaço geográfico em um período de tempo (SÁ *et. al.* 2015b). Seu cálculo é dado pela razão da incidência da variável estudada no geo-objeto pela incidência no espaço geográfico (total). Dividindo o risco relativo em classes, é possível observar quais áreas apresentam os maiores e os menos riscos de incidência. O **Quadro 1** mostra a interpretação de cada classe.

**Quadro 1** - Classes do Risco Relativo

Risco Relativo	Classes do Risco Relativo
$0 \leq x < 0,5$	Cidades com RR inferior à metade do risco do espaço geográfico.
$0,5 \leq x < 1$	Cidades com RR superior à metade do risco o espaço geográfico.
$1 \leq x < 1,5$	Cidades com RR superior ao risco do espaço geográfico em menos de 50%.
$1,5 \leq x < 2$	Cidades com RR superior ao risco do espaço geográfico em mais de 50%.
$x \geq 2$	Cidades com RR mais do que duas vezes maior que o risco do espaço geográfico.

Fonte: Quadro adaptado (SÁ, 2015b).

Para verificar se os dados possuem distribuição normal foi aplicado o teste não-paramétrico de Lilliefors, uma derivação do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (LILLIEFORS, 1967). O teste de Lilliefors avalia a concordância da distribuição dos dados com a distribuição normal, admitindo a hipótese nula ( $H_0$ ) de existência de normalidade. O teste é dado pela função abaixo:



$$D = \text{máximo } |F_0 - S_n(x)|$$

onde,  $F_0$  corresponde a distribuição de frequência dos dados,  $S_n(x)$  corresponde a uma distribuição de frequência acumulada de uma amostra aleatória com  $n$  observações e  $D$  é o desvio máximo, visto que Lilliefors foca na maximização dessas diferenças (LILLIEFORS, 1967).

Na análise espacial da dengue, foi utilizado o método de não-paramétrico Besag e Newell, que pode ser usado quando os dados não seguem uma distribuição normal. Este método tem como objetivo identificar aglomerados espaciais em um espaço geográfico subdividido em geo-objetos (BESAG e NEWELL, 1991). Esses aglomerados espaciais possuem um formato circular, com raio inicial igual a zero e são centralizados em centroides (centro de massa dos geo-objetos). Para ser considerado um aglomerado espacial o círculo deve conter  $k$  ou mais casos. Se o círculo com raio inicial zero conter  $k$  ou mais casos o procedimento é interrompido, do contrário o raio é aumentado englobando outros centroides até que sejam encontrados  $k$  casos dentro do círculo (LUCENA e MORAES, 2009). Aos centroides são associados o número de casos do fenômeno estudado e a população em risco, pertencentes ao geo-objeto, assim, a cada aumento do raio a população e o número de casos são recalculados.

Para o cálculo da estatística do teste é tomado como base a variável aleatória  $L$ , a qual representa o número mínimo de áreas vizinhas necessárias para encontrar  $k$  casos próximos ao centroide analisado (ASSUNÇÃO e COSTA, 2005). Considerando  $C$  o número total de casos no espaço geográfico e  $M$  a população total em risco do espaço geográfico, o número acumulado de casos nos  $j$  geo-objetos próximos ao centroide  $i$  será dado por  $C_{j(i)}$  e o número acumulado da população em risco dos  $j$  geo-objetos próximos ao centroide  $i$  será dado por  $M_{j(i)}$  (BESAG e NEWELL, 1991). Assim o  $L$  será o mínimo de geo-objetos  $j$  tal que o  $C_{j(i)}$  seja maior ou igual a  $k$ .

A existência de aglomerado espacial é testada para cada centroide, admitindo um nível de significância do teste definido por  $P(L \leq l)$ , onde  $l$  é o valor observado de  $L$ , o qual testa a hipótese nula de não existência de aglomerado espacial (LUCENA e MORAES, 2009). O cálculo da significância é dado por  $p_k(i)$ , caso o  $p$ -valor obtido for menor do que a significância adotada a área do círculo é considerada um aglomerado. A equação do  $p_k(i)$  é representada abaixo:

$$p_k(i) = P(L_i \leq l_i) = 1 - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{(M_{j(i)} C / M)^j}{j!} \exp(-M_{j(i)} C / M)$$



Após a identificação dos círculos com  $k$  ou mais casos do evento estudado, são sinalizados no mapa apenas os círculos significativos (LUCENA e MORAES, 2009). Neste artigo o nível de significância adotado foi de 0,05.

Devido à sobreposição de círculos e a necessidade de determinação tanto do número de casos quanto do nível de significância, para encontrar aglomerados, o método incorre na dependência do  $k$  e da significância. Para eliminar essa dependência Costa e Assunção (2005) sugeriram o método de Besag e Newell modificado, denominado de CABN, de forma que sua estatística do teste ( $T$ ) é dada pelo mínimo entre todos os  $p$ -valores de todos os geo-objetos. Toda a metodologia descrita acima foi executada no *software* R. Para a realização do teste de normalidade de Lilliefors foi utilizada a biblioteca *nortest*; para a aplicação da estatística Besag e Newell foi utilizada a biblioteca *DCluster*; e para a construção dos mapas resultantes do Besag e Newell e do Risco Relativo em cada ano foi usada a biblioteca *shapefile*.

### 3 Resultados e Discussão

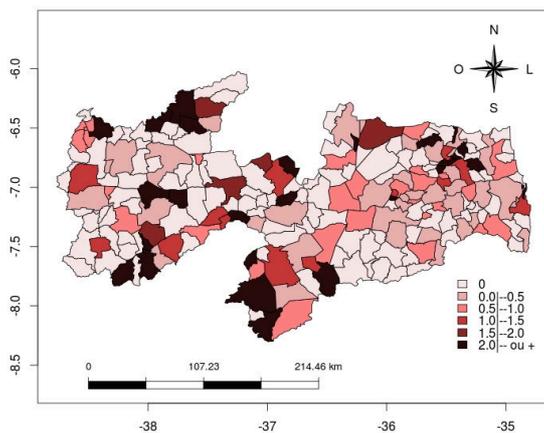
O número total de casos de dengue analisados para o período estudado foi de 56.427 em toda a Paraíba. A aplicação do teste de normalidade de Lilliefors mostrou que estes dados não seguem uma distribuição normal ( $p$ -valores inferiores a  $2,2 \times 10^{-16}$ ). Para a análise dos resultados, foram gerados mapas coropléticos (coloridos) referentes ao risco relativo e ao método estudado. Os mapas de risco relativo servem de auxílio para a interpretação do método, pois são utilizados como referência do comportamento real da dengue. Os mapas gerados pelo método de Besag e Newell sinalizam por pontos vermelhos as áreas do estado que apresentaram significância para a existência de aglomeração espacial.

Para o ano de 2009, a análise do mapa de risco mostrou que os municípios com maiores níveis de risco se concentraram nas regiões ao noroeste, nordeste, sudoeste e centro oeste do estado; desempenho que pôde ser identificado no mapa do Besag e Newell. Neste ano o parâmetro  $k$  foi de 325 casos, sendo detectados 8 aglomerados espaciais, os quais se concentraram à noroeste, nordeste, sudoeste e centro-oeste da Paraíba. Em todos estes aglomerados foram considerados tanto municípios com riscos acima do estadual, como inferior ou nulo. O **Mapa 1** apresenta os riscos relativos e o **Mapa 2** os resultados do método de Besag e Newell.

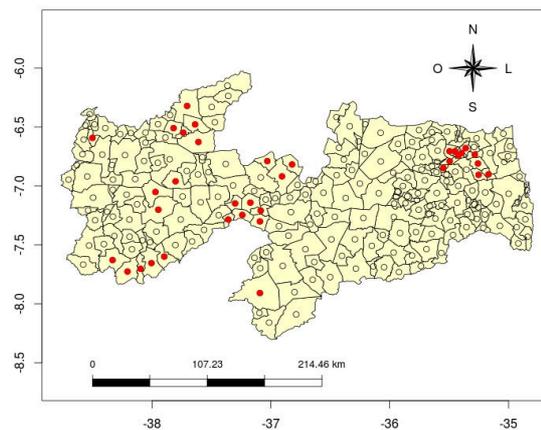
Em 2010, o número de municípios com risco superior ao risco do estado aumentou em todo o espaço geográfico, visto que o número de casos passou de 1.597 em 2009 para 8.678 em 2010. Assim como em 2009, os que apresentaram riscos mais elevados se concentraram nas regiões ao noroeste, nordeste, sudoeste e centro oeste do estado. O parâmetro  $k$  foi de

1.508 casos e foram identificados 13 aglomerados espaciais, localizados ao norte, sul e centro-oeste. Destes aglomerados, 6 apresentaram risco superior ao do espaço geográfico, 4 possuíam risco menor ou igual e 3 variaram de risco nulo à duas vezes acima do risco no espaço geográfico. Como pode ser observado nos **Mapas 3 e 4**.

**Mapa 1 – Risco Relativo 2009**

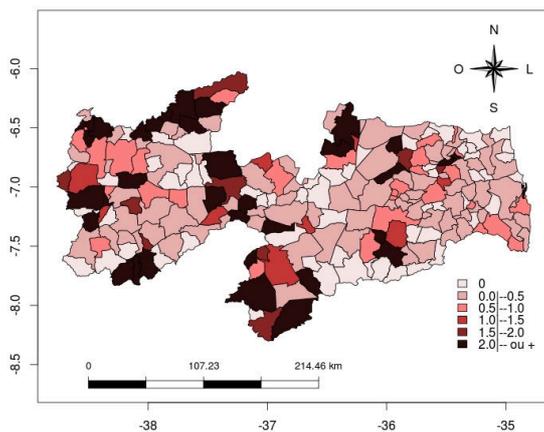


**Mapa 2 – Besag e Newell 2009**

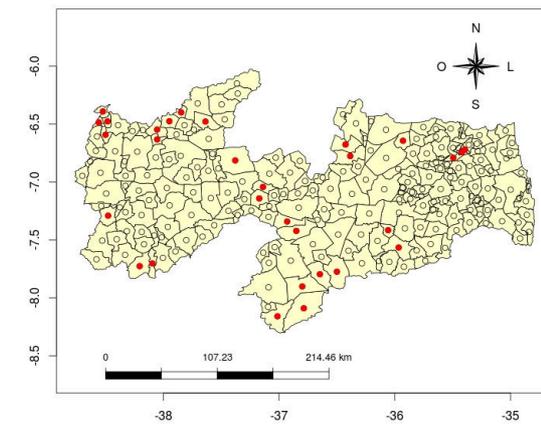


Fonte: Elaboração Própria, 2016.

**Mapa 3 – Risco Relativo 2010**



**Mapa 4 – Besag e Newell 2010**

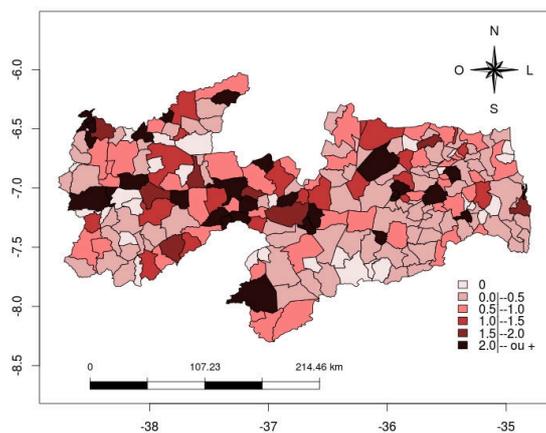


Fonte: Elaboração Própria, 2016.

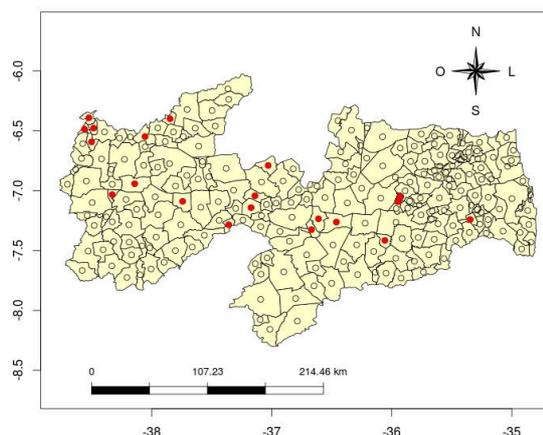
No ano de 2011, o número de casos totalizou 16.371 neste ano, de modo que, em relação a 2010 houve um aumento de 47% dos casos e em relação à 2009 o aumento foi de 90%. Apesar do crescimento no número de casos, foram captados 12 aglomerados espaciais localizados principalmente à oeste e centro-oeste da Paraíba, sendo 11 com risco acima do

risco do estado e 1 com risco entre 0,5 e 1,0, como observado nos **Mapas 5 e 6**. O parâmetro  $k$  foi de 5.154 casos.

**Mapa 5 – Risco Relativo 2011**



**Mapa 6 – Besag e Newell 2011**

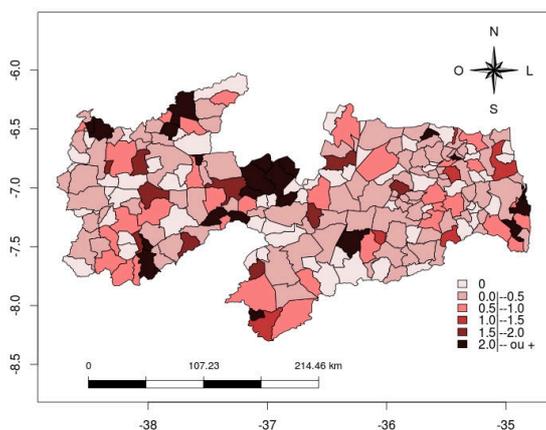


Fonte: Elaboração Própria, 2016.

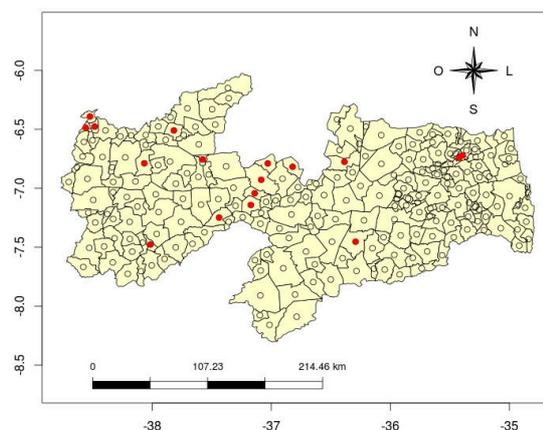
Comparado com o ano anterior, 2012 apresentou uma redução no número de casos, totalizando 11.490, o que pode ser reflexo da forte campanha do Ministério da Saúde neste ano. Os municípios que apresentaram os níveis de risco mais elevados se concentraram nas regiões sudoeste, noroeste, centro-oeste e sudeste do estado. Segundo o método Besag e Newell, no ano de 2012 foram detectados 11 aglomerados espaciais, dentre estes, o risco apresentado em relação ao risco do estado foi duas vezes maior para 11 aglomerados, 8 com risco superior ao do estado e 3 com risco menor ou igual. Os aglomerados identificados foram localizados ao noroeste, nordeste e centro-oeste e o parâmetro  $k$  considerado foi de 4.935 casos. Abaixo o mapa do risco relativo (**Mapa 7**) e do Besag e Newell (**Mapa 8**).

A diminuição do número de casos estaduais observada em 2012 não se manteve em 2013. Nesse ano o número de casos foi o maior dentre os cinco anos analisados, no total 18.291 casos. Como pode ser observado no mapa de risco relativo (**Mapa 9**), grande parte das cidades com risco superior ao do estado se concentraram principalmente ao oeste e centro-oeste. Apesar do crescimento de casos, foram registrados apenas 10 aglomerados, considerando um parâmetro  $k$  de 3.713 casos. Destes aglomerados, 8 apresentaram risco acima do risco estadual, um teve risco entre 0,5 e 1,0 e um variou entre risco nulo e duas vezes acima do risco estadual. Os aglomerados se concentraram principalmente ao oeste do estado, como pode ser observado no **Mapa 10**.

**Mapa 7 – Risco Relativo 2012**

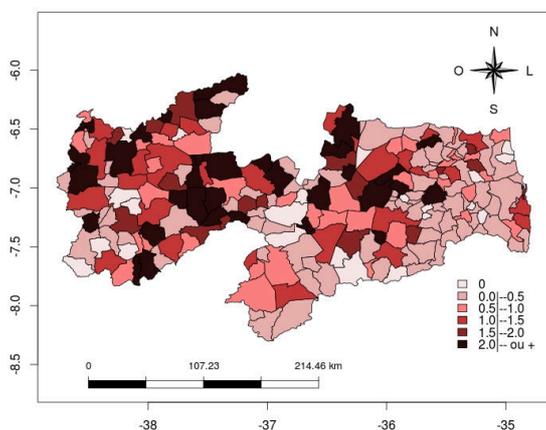


**Mapa 8 – Besag e Newell 2012**

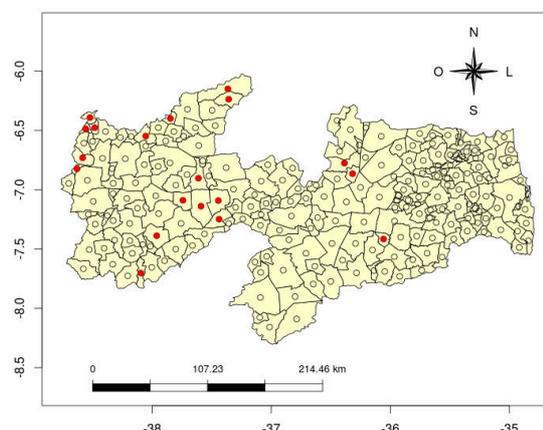


Fonte: Elaboração Própria, 2016.

**Mapa 9 – Risco Relativo 2013**



**Mapa 10 – Besag e Newell 2013**



Fonte: Elaboração Própria, 2016.

Observando os resultados, é possível perceber que em todos os anos a grande maioria dos aglomerados espaciais detectados pelo método eram de municípios com alto risco de dengue. Esse comportamento também foi apontado por Lucena (2009). Os aglomerados espaciais identificados pelo método de Besag e Newell, para os casos de dengue no município de João Pessoa - PB, foram todos de risco elevado (LUCENA, 2009) e ao comparar este método com o Scan Espacial o Besag e Newell foi mais preciso na identificação de aglomerados com tal classe de risco.

Além disso, os aglomerados espaciais de identificados pelo Besag e Newell no período entre 2009 e 2013 apresentaram-se concentrados principalmente na região oeste e centro-oeste



do estado, movimento que também pôde ser visto em Sá (2015a), com a utilização do método Scan Espacial. Sá (2015a) ainda levantou a discussão para a comparação entre a análise de aglomerados espaciais e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) no estado da Paraíba, mostrando que os municípios com baixo IDH são os mais propícios à proliferação da dengue.

#### 4 Conclusão

Este artigo teve como objetivo analisar o comportamento espacial da dengue no estado da Paraíba, por meio do método de aglomeração espacial de Besag e Newell, entre os anos de 2009 e 2013. Na análise em conjunto com o risco relativo foi possível observar que em todos os anos os resultados obtidos pelo método foram coerentes ao comportamento do risco.

A aplicação do Besag e Newell apontou a existência de aglomerados espaciais em todos os anos estudados, os quais foram identificados principalmente na região oeste e centro-oeste do estado e, em sua grande maioria, foram de municípios com risco relativo elevado. Do ponto de vista epidemiológico, o método de Besag e Newell mostrou-se útil para o mapeamento de áreas com maior incidência da dengue. Isso pode permitir um melhor conhecimento da realidade epidemiológica do estado e servir de suporte à elaboração de políticas de saúde pública para o combate e prevenção da doença pelos gestores.

#### Referências

ASSUNÇÃO, Renato Martins; COSTA, Marcelo Azevedo. A Fair Comparison Between the Spatial Scan and the Besag-Newell Disease Clustering Tests. **Environmental and Ecological Statistics**. v. 12, p. 301-319, set. 2005.

BHATT, S; et.al. The global distribution and burden of dengue. **Nature International Weekly Journal of Science**. v. 496, abr. 2013.

BESAG, J.; NEWELL, J. The Detection of Clusters in Rare Diseases. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 154, p. 143-155, 1991.

LILLIEFORS, H. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**. v. 62, p. 399-402, 1967.

LUCENA, S. E. F.; MORAES, R. M. Análise do Desempenho dos Métodos Scan e Besag e Newell para Identificação de Conglomerados Espaciais do Dengue no Município de João Pessoa entre os Meses de Janeiro de 2004 e Dezembro de 2005. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v.15, n.4, p.544-561, out-dez 2009.



MELO, J. C. S.; MORAES, R. M. Uso da Estatística M para análise de aglomerados espaciais do dengue no Estado da Paraíba entre 2009 e 2011. In: ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL (ERMAC 2015). Fortaleza, Brasil, 5-9 out. 2015. 4p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. v. 48, nº 14, 2017.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Ministério da Saúde. **Relatório de gestão dos Termos de Cooperação – 2015**. Brasília, 2015.

SÁ, L. R.; NOGUEIRA, J. A.; MORAES, R. M. Análise de Padrão Espacial da Tuberculose no período de 2009 à 2011, João Pessoa-PB. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO (V SIMGEO). Recife, Brasil, 12-14 nov. 2014. p. 128-135.

SÁ, L. R.; MELO, J. C. S.; MORAES, R. M. Influência do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) na Distribuição Espacial da Dengue. In: 18º CONGRESSO BRASILEIRO DOS CONSELHOS DE ENFERMAGEM (18º CBCENF). João Pessoa, Brasil, 15-18 set. 2015a. 12p.

SÁ, L. R.; NOGUEIRA, J. A.; MORAES, Ronei M. Modelo de decisão sobre o perfil demográfico para o controle da tuberculose usando lógica *fuzzy*. **Revista Eletrônica de Enfermagem**. v. 17, n. 2, p. 223-237, 2015b.

SILVA, Ana H. A. E; MARINHO, Pedro R. D.; MORAES, Ronei M. de; LUCENA, Sadraque E. de F. Utilização de métodos estatísticos na análise da distribuição espacial da incidência do dengue no município de João Pessoa no período de 2001 a 2006. In: ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL (ERMAC'2007) [cdrom]. Recife, Brasil, 2007. 8p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Strategy for Dengue Prevention and Control 2012-2020**. France, 2012.