

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

SADRAQUE ENÉAS DE FIGUEIRÊDO LUCENA
RONEI MARCOS DE MORAES

Universidade Federal da Paraíba - UFPB
Departamento de Estatística, João Pessoa – PB
Laboratório de Estatística Aplicada ao Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LEAPIG
sadraquelucena@gmail.com, ronei@de.ufpb.br

RESUMO – A determinação do melhor índice de aglomeração espacial é primordial quando se trata de estudos epidemiológicos, pois possibilita uma política de saúde pública preventiva e eficaz no combate a doenças como o dengue. Neste artigo realizou-se uma análise do comportamento dos métodos Scan circular e o proposto por Besag e Newell utilizando dados de notificações de dengue em João Pessoa, PB. Para efeito de estudo, os dados foram agregados por bairro, sendo de caráter mensal, compreendendo os anos de 2004 e 2005. Após aplicação, verificou-se que ambos os métodos detectaram conglomerados principalmente nas regiões norte e sudeste do município, embora a região norte incluísse um maior número de bairros durante quase todo período. Na comparação entre as metodologias, o método de Besag e Newell apresentou melhor desempenho quando registrados altos valores concentrados em poucos bairros, onde muitos apresentaram frequência zero. Por outro lado, o método Scan detectou melhor a presença de conglomerados quando muitos bairros apresentaram ao mesmo tempo valores distintos de zero e no sudeste, que apresenta populações altas e baixas em bairros vizinhos.

ABSTRACT – The determination of the best spatial cluster methodology is interesting in epidemiological studies to serve a base for policies of prevention in public health and effective diseases combat like dengue. In this paper it was made an analysis of the behavior of circular Scan method and the one proposed by Besag and Newell using dengue notifications data in João Pessoa, in Brazil. To perform this study, data by month was aggregated by neighborhood, between the years 2004 and 2005. After application, it was verified for both methods detected clusters mainly in north and south regions, but north region included the biggest number of neighborhoods during all period. Comparing methodologies, Besag and Newell's method has been better when it was registered high values concentrated in few neighborhoods, where much of them presented frequency equal to zero. On the other hand, Scan method has detected better cluster presence when a lot of neighborhoods has presented, at the same time, values distinct of zero and in southeast, which has high and low populations side by side.

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido amplamente usados na análise da distribuição espacial de doenças (HIGGS e GOULD, 2001). Em saúde pública, a busca por determinação de regiões cuja taxa de ocorrência de agravos é acima do esperado é importante para uma intervenção eficaz (ANDRADE et al., 2004). Nestes casos é de interesse dos pesquisadores identificarem dentre as áreas que apresentam risco aproximadamente constante, aquelas cujo risco observado é distinto das demais (COULSTON, 2003). Para tanto, verificar se a distribuição espacial de um evento adverso a

saúde é aleatória ou não se torna primordial para prevenção de epidemias (SANKOH et al., 2001).

A escolha do melhor índice de aglomeração espacial, aliado ao estudo descritivo baseado em mapas cadastrais, visa uma combinação de técnicas que levará a criação de um modelo mais robusto de monitoramento dos casos, sugerindo áreas preferenciais de combate à doença (SANCHES, 2000). Com esses conhecimentos em mãos e medidas eficazes de combate à doença, tem-se por consequência uma imediata melhoria das condições de saúde da população (MARÇAL JUNIOR e SANTOS, 2004).

O dengue emergiu como um problema de saúde mundial, sendo evidenciado pela série de epidemias nas

regiões tropicais e subtropicais do mundo (ENDY et al., 2002). No estado da Paraíba verifica-se um padrão epidemiológico endêmico, caracterizado por meses de alta e baixa endemicidade cuja maior frequência ocorre durante os meses de abril a junho (FURTADO et al., 2003b). Entre os anos de 1998 e 2002, o crescimento do número de registros de casos foi superior a 1000% (FURTADO et al., 2003a). No município de João Pessoa a incidência é mais elevada no primeiro semestre. São observados valores de incidência muito baixos ou nulos em grande parte dos bairros, entretanto há uma concentração de altos valores em bairros específicos da cidade (SILVA et al., 2007).

Dada a deficiência nos instrumentos de monitoramento de regiões de alta incidência, a combinação de estudos descritivos e de modelagem por geoprocessamento possibilitam uma política de saúde pública preventiva e eficaz no combate a doenças como o dengue (MONDINI, 2005). No caso deste trabalho, o interesse recai sobre a possibilidade de aglomerações espaciais da incidência do dengue, o que pode indicar presença de zonas quentes (KREMPI, 2004). Tendo em vista o grande número de técnicas existentes, a definição do melhor método é essencial para obtenção de resultados concretos e objetivos, propiciando um monitoramento eficaz e conciso.

Será realizada uma análise do comportamento dos métodos Scan circular proposto por Kulldorff e Nagarwalla (1995) e o método apresentado por Besag e Newell (1991) utilizando dados de notificações de dengue no município de João Pessoa, PB. Para efeito de estudo serão analisados os casos de dengue coletados mensalmente durante o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. Assim, serão confrontados os métodos ao passo em que se realizará um estudo epidemiológico do tipo ecológico (MORGENSTERN, 1982), (MEDRONHO, 2003) avaliando o comportamento dos casos de dengue pelo município. Os dados foram agregados por bairro de moradia do indivíduo a partir das bases de dados disponíveis pelo SINAN e IBGE complementadas pelas informações disponíveis na Secretaria Municipal de Saúde.

2 METODOLOGIA

Defini-se um conglomerado como um conjunto de áreas que apresentam um risco significativamente alto em relação a um determinado evento, embora não seja esperada tal observação nestas áreas (KNOX, 1988). Tais conglomerados podem ser caracterizados segundo três classificações: espacial, temporal e espaço-temporal. A primeira classificação diz respeito à observação de valores elevados em determinada(s) área(s) sem a interferência do período de tempo considerado. O segundo se trata de quando a alta ocorrência de casos se dá em um intervalo de tempo, ignorando-se, de certa

forma, a distribuição espacial (COSTA e ASSUNÇÃO, 2003). Por fim, a última classificação é dada quando deve ser analisada a existência de aglomerações não somente no espaço, mas também no tempo (LIAN, 2007). Para efeito de estudo será considerada apenas a detecção de conglomerados espaciais.

No que diz respeito às técnicas de detecção de conglomerados, estas são caracterizadas em dois grupos: os testes focados de conglomerados e os testes genéricos de conglomerados (KNOX, 1988). O primeiro grupo refere-se aos métodos nos quais se procura evidências de que há um risco elevado ao redor de uma fonte suspeita sob a ocorrência de um evento. O segundo grupo busca a existência de que as regiões não identificadas possuem um risco significativamente maior que o valor observado em toda área de estudo (BEATO FILHO et al., 2001). Neste artigo são abordados os testes genéricos de conglomerados Varredura Scan e o método proposto por Besag e Newell.

Na aplicação dos testes, considera-se a hipótese nula de homogeneidade do padrão espacial da variável em estudo, ou seja, há ausência de conglomerados (COSTA e ASSUNÇÃO, 2005). Com isto, é assumido que a incidência sobre uma variável é constante em todas as áreas, o que implica em um número de casos esperado proporcional ao número de residentes em uma dada área (CARVALHO e MORAES, 2007). Em termos matemáticos, temos a definição a seguir.

Seja uma região de interesse particionada em n sub-regiões indexadas por $i = 1, \dots, n$, na qual se deseja estudar um determinado evento. Denota-se por c_i a variável aleatória que representa o número de casos observados em cada sub-região, e E_i seus respectivos números de casos esperados. A hipótese nula H_0 de não existência de conglomerados é dada por (CARVALHO e MORAES, 2007)

$$H_0: c_i \sim \text{Poisson}(E_i = \lambda P_i) \quad (1)$$

onde λ é o número de observações sobre toda região de interesse e P_i corresponde ao tamanho da população na sub-região i . Para especificar a posição geográfica de cada sub-região, podem ser usadas as coordenadas do centróide (TANGO, 2005). Uma estimativa para λ é obtida por

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2)$$

2.1 Método de Varredura Scan

O objetivo da estatística Scan, proposto por Kulldorff e Nagarwalla (1995) é identificar conglomerados em unidades cuja ocorrência de um evento é significativamente mais provável dentro de uma

área do que fora dela. Para tanto, o método trabalha com o conjunto de todos os possíveis candidatos a conglomerados, sobre os quais são sobrepostos os círculos de raio arbitrário centrados nos centróides de cada sub-região de estudo (COULSTON, 2003). Para cada círculo há o interesse na probabilidade de haver casos dentro (p) e for a (q) dos círculos (GÓMEZ-RUBIO et al., 2005). Dois modelos probabilísticos podem ser empregados na utilização deste método: o modelo Binomial e o Poisson (KULLDORFF e NAGARWALLA, 1995). Tendo em vista que para a análise deste trabalho foi utilizado apenas o modelo de Poisson, serão apresentadas apenas as formulações para este.

Para o modelo de Poisson é computado o raio cujos valores de $p(z)$ e $q(z)$ maximizam a função de verossimilhança condicionada ao total de casos observados. Assim, considera-se a estatística (GÓMEZ-RUBIO et al., 2005)

$$KN = \max_{z \in Z} \frac{L(\hat{z}, \hat{p}(z), \hat{q}(z))}{L_0} \quad (3)$$

onde Z é o conjunto de todos os possíveis candidatos a conglomerados. L_0 é definido como:

$$L_0 = \frac{C^C (M-C)^{M-C}}{M^M} \quad (4)$$

onde C é o total de casos observados na região considerada e M a população total sob toda região de estudo.

$$L(z) = \frac{\exp[-p \cdot n_z - q(M - n_z)]}{C!} p^{c_z} q^{C - c_z} \prod_i c_i \quad (5)$$

onde \exp representa a função exponencial; c_z é o número de casos no círculo z ; e n_z é o número de indivíduos em risco no círculo z .

Tendo em vista as formulações apresentadas, o método Scan trabalha como descrito a seguir. Para cada centróide da região de estudo é calculada sua distância em relação a todos os outros centróides. Em seguida é criado um círculo posicionado sobre o centróide cujo raio é aumentado continuamente, de modo a envolver um novo centróide. Para cada ponto inserido no círculo, calcula-se o número de casos c_z e a população n_z dentro do círculo. Obtém-se o valor de KN para cada par (c_z, n_z) , dado pela equação (3). Ao final é registrado o maior valor de KN e calculadas as simulações de Monte Carlo para avaliar a significância do teste (MOURA, 2006).

Na simulação de Monte Carlo são gerados diversos conjuntos de dados independentes como mesmo número de casos que o conjunto original e são distribuídos ao acaso entre as sub-regiões de acordo com a hipótese nula. Para cada conjunto calcula-se a estatística do teste KN e ordenam-se os valores. Se a estatística obtida para o conjunto original estiver entre os $110\alpha\%$ valores mais altos das estatísticas dos conjuntos de dados

independentes, rejeita-se a hipótese nula ao nível de significância α (MOURA, 2006).

2.2 Método Besag e Newell

Assim como o método Scan apresentado, Besag e Newell propuseram uma saída visual de conglomerados verossímeis de formato circular que tomam por base círculos centrados sobre os centróides de cada sub-região (OPENSHAW et al., 1988) (CARVALHO e MORAES, 2007). Denotado por BN, o método determina o raio necessário para que o círculo contenha pelo menos k de casos em seu interior. O procedimento é iniciado com um círculo de raio igual a zero. Se este contém k ou mais casos, o processo é interrompido; caso contrário, o raio é aumentado até incluir o centróide mais próximo. Logo, são adicionados os respectivos casos e a população exposta ao risco. Deste modo, os raios são definidos de tal forma a incluir novos centróides quando necessário, sendo executado este procedimento até que haja pelo menos k casos inseridos no círculo (COSTA, 2005).

Seja X o número total de casos em toda região de estudo e Y a população total exposta ao risco na região. Sejam ainda $X_{j(i)}$ e $Y_{j(i)}$ o número de casos e a população acumulada das j áreas mais próximas ao centróide i . A estatística do teste baseia-se na variável aleatória L , definida como o mínimo de áreas próximas necessárias para que se obtenha um número k de casos mais próximos do centróide i . Matematicamente, temos (COSTA, 2005):

$$L = \min \{j : C_{j(i)} \geq k\} \quad (6)$$

Para cada centróide é necessário verificar a existência de aglomeração espacial. Portanto, a partir do valor l observado para L , o nível de significância do teste é definido por $P(L \leq l)$, que busca testar a hipótese nula (ausência de aglomeração espacial). A significância, denotada por β , é calculada através da seguinte expressão (COSTA, 2005):

$$\beta = P(L \leq l) = 1 - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{(M_{j(i)} C / M)^j}{j!} \exp(-M_{j(i)} C / M) \quad (7)$$

Um aglomerado é dito significativo se o p -valor obtido é menor que a significância adotada. Assim, após a obtenção de todos os círculos que englobam um número k de casos por meio do método de Besag e Newell, são desenhados no mapa apenas os círculos significativos (p -valor $< \alpha$). Geralmente a escolha de α é feita para permitir os muitos testes simultâneos e são considerados valores menores que a significância usual 0,05 ou 0,01 (COSTA, 2005).

Para desenvolvimento do estudo foi utilizado o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007). A aplicação dos métodos se deu pelo uso do módulo *DCluster*, que é composto por um conjunto de funções para detecção de aglomerações espaciais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de ambos os métodos se deu sobre as notificações de dengue por bairro considerando todos os meses dos anos de 2004 e 2005. Para comparação entre os métodos Besag e Newell e varredura Scan será utilizada a distribuição espacial dos casos de dengue no município, e far-se-á uma breve descrição dos mapas cadastrais obtidos, bem como de cada método em separado. Em seguida será realizada uma análise comparativa entre os conglomerados significativos obtidos por ambas as técnicas. Os conglomerados identificados serão apresentados por mapas nos quais os pontos em vermelho representam os centróides significativos. Cada círculo em vermelho representa o raio necessário para identificação de um conglomerado, de tal forma que dentro de cada um se pode verificar o número de centróides necessários para a existência de conglomeração. O p-valor associado aos testes aplicados foi $\alpha = 0,05$, para possibilitar a comparação entre eles.

3.1 Análise dos mapas cadastrais

No primeiro semestre do ano de 2004 foram observadas as maiores frequências de notificações de casos de dengue por bairro. Ao longo dos cinco primeiros meses desse ano, foi verificado que a região norte apresentou sempre os bairros com os maiores números de notificações de dengue. Dois bairros do oeste próximos à Reserva Florestal e do sudeste também apresentaram valores relativamente mais elevados que os demais. Nos meses de junho, julho e agosto um bairro do sudeste (Mangabeira) apresentou maior número de registros. Nos demais meses houve uma gradativa queda na frequência de notificações. Assim, foram identificados valores distintos dos demais na região norte, oeste próximo à Reserva Florestal e sudeste do município, como mostrado na Figura 1.

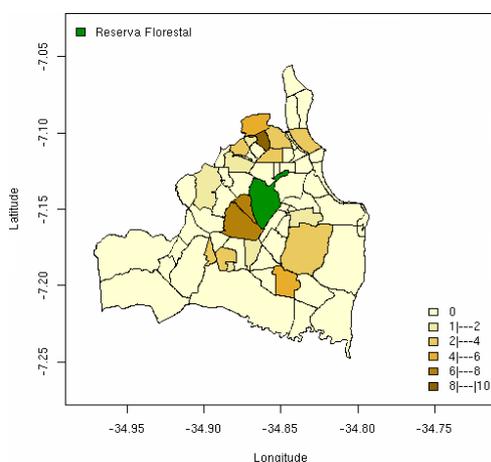


Figura 1 – Notificações de dengue por bairro no mês de abril de 2004.

No ano de 2005 é perceptível a presença de frequência mais elevada entre os meses de maio e agosto. No decorrer dos meses foram verificados valores elevados em relação aos demais bairros no norte do município. A região sudeste também apresentou o mesmo comportamento de frequências elevadas, como apresentado na Figura 2. No oeste os maiores valores observados foram em bairros próximos à Reserva Florestal, assim como no ano anterior. O que se observa ainda neste ano, é que o número de bairros com número de notificações diferente de zero foi maior que no ano anterior.

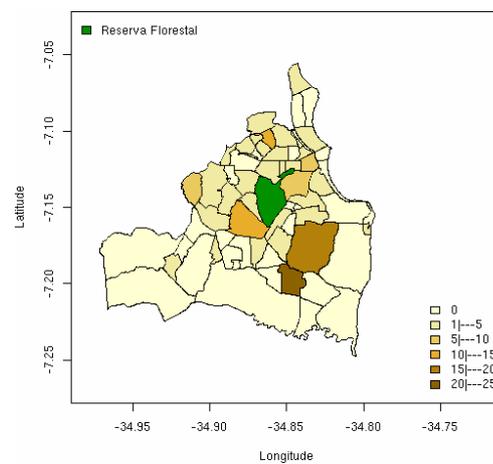


Figura 2 – Notificações de dengue por bairro no mês de julho de 2005.

3.2 Método de varredura Scan

Para o método Scan foi admitida a significância $\alpha = 0,05$ e definido que os candidatos a conglomerados não poderiam superar 10% da população do município. A escolha deste percentual se deu mediante a comparação entre o mapa de incidência e o mapa gerado pelo método Scan, de modo que os conglomerados identificados não fossem maiores que o conglomerado real.

A partir da aplicação do método Scan para o ano de 2004 foi verificado que ao longo de todos os meses houve a presença de persistentes conglomerados na região norte. Os bairros que estiveram presentes em grande parte dos meses foram Alto do Céu, Bairro dos Ipês, Bairro dos Estados, Mandacaru, Treze de Maio, Padre Zé, Roger, Jardim das Acácias e Tambiá. Na porção oeste do município foi verificada a presença de conglomerados apenas no mês de abril, formados por dois bairros próximos à Reserva Florestal (Cristo e Varjão). No sudeste foram observados conglomerados de bairros próximos apenas em junho e julho. Houve também um conjunto de conglomerados de bairros vizinhos das regiões sudeste e sul no mês de março. Nos demais meses os conglomerados identificados estavam distribuídos esparsamente pelas regiões. A Figura 1 a seguir apresenta

o comportamento do método Scan para o mês de junho de 2004.

Assim como em 2004, no ano de 2005 houve a presença de conglomerados na região norte em todos os meses, entretanto não foi observada preferência sobre determinados bairros. Os conglomerados do mês posterior não foram formados sempre por muitos dos bairros significativos no mês prévio. Diferentemente do observado em 2004, houve conglomerações no sudeste em muitos dos meses de 2005. Como pode ser visto na Figura 2, nesta região os bairros que apresentaram conglomerados sempre foram Cuiá, Planalto Boa Esperança, Valentina, Paratibe, Muçumagro e Barra de Gramame. Na região oeste do município houve conglomerados em três meses do ano, sendo os bairros identificados próximos à fronteira do município ou à Reserva Florestal.

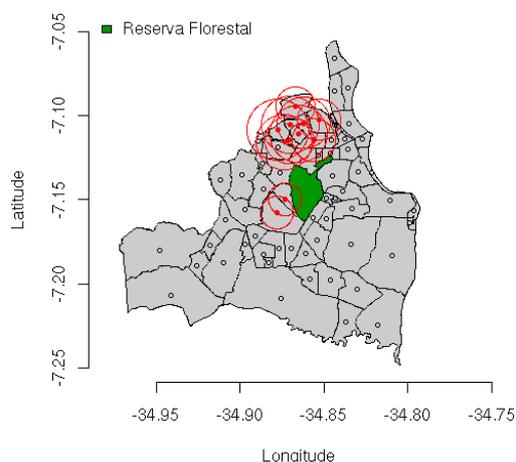


Figura 3 – Método Scan para o número de notificações de dengue em abril de 2004.

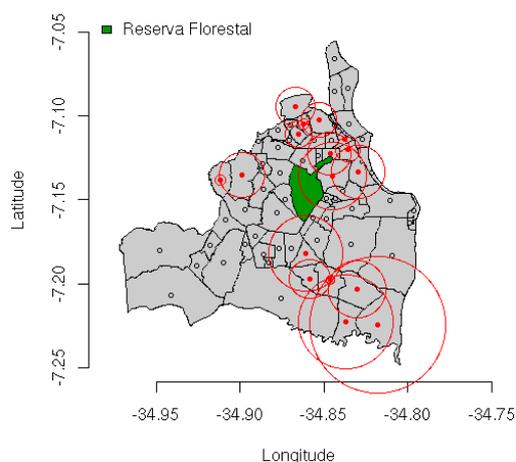


Figura 4 – Método Scan para o número de notificações de dengue em julho de 2005.

3.3 Método Besag e Newell

Como visto, para aplicação do método proposto por Besag & Newell, aqui tratado por método BN, é necessária a determinação do número k de casos para busca e o nível de significância α . Assim sendo, a determinação de k para cada mês foi definido como sendo o maior número de notificações de casos de dengue registrado em um único bairro; o nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$. A partir da definição dos parâmetros necessários, o método foi aplicado em cada mês do período considerado. Após aplicação do método BN foi verificado que nos meses cuja frequência do número de notificações foi baixa e em poucos bairros não houve identificação de conglomerados. Tal fato se deu no terceiro semestre de 2004, bem como em janeiro e dezembro de 2005.

No ano de 2004 foi verificado que ao longo de todo primeiro semestre houve identificação de conglomerações persistentes na região norte, de tal forma que no mês de maio o comportamento do método apresentou conglomerados em praticamente todos os bairros. Ainda no primeiro semestre, em março houve também a presença de conglomerações na região sudeste, mais especificamente em bairros próximos à porção sul do município. Em abril houve também conglomerados na região oeste próxima à Reserva Florestal, e em junho no extremo leste da região sudeste. No mês de julho do mesmo ano foram identificados conglomerados apenas no sudeste, formados por grande parte dos bairros desta região. Nos meses de agosto e setembro houve mais uma vez conglomeração ao norte do município.

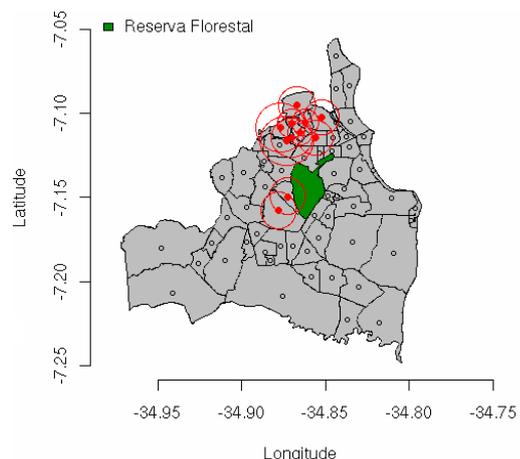


Figura 5 – Método BN para o número de notificações de dengue em abril de 2004.

Ao longo do ano de 2005, a aplicação do método BN levou a identificação de conglomerações na região norte e nos bairros do sudeste que fazem divisa com o sul do município. No norte, os conglomerados identificados não apresentaram nenhuma relação aparente entre os bairros identificados em um mês e outro. No sudeste

observou-se que quando houve presença de conglomerados nesta região, esta era em torno do bairro Planalto Boa Esperança, que esteve em todos eles. Nas regiões oeste e sul do município não foram identificadas qualquer conglomerações em toda sua extensão. A Figura 4 a seguir mostra o comportamento do método BN para o mês de junho de 2005.

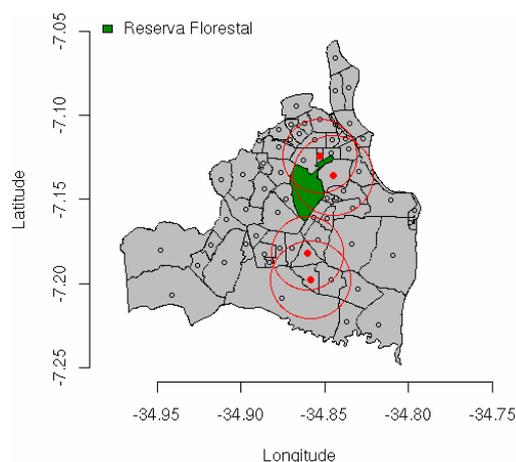


Figura 6 – Método BN para o número de notificações de dengue em julho de 2005.

3.4 Comparação entre os métodos

De modo geral ambos os métodos identificaram conglomerados de dengue ao norte e sudeste do município. Tendo em vista a grande diferença populacional observada no sudeste, onde há bairros vizinhos com populações altas e baixas lado a lado, o desempenho de ambos os métodos foi distinto quando comparadas as regiões. Isto é explicado pelo método Scan ser influenciado diretamente pela população, pois, como visto na metodologia, é necessária a restrição do tamanho populacional para identificação de um conglomerado.

O confronto entre os mapas cadastrais e os mapas gerados pelos métodos Scan e BN mostrou resultados diferentes em si tratando das regiões. Para efeito comparativo, analisou-se os conglomerados identificados por ambas metodologias e o esperado com base nos mapas cadastrais. No norte, onde os bairros têm tamanho populacional próximo, o método BN apresentou conglomerados mais concentrados quando registradas frequências nulas em muitos bairros e relativamente mais altas em poucos bairros próximos. Além disso, quando registradas frequências muito baixas e em poucos bairros, o método BN não apresentou conglomerados, enquanto o método Scan superestimou o tamanho das conglomerações se comparado com os mapas cadastrais.

Na presença de valores relativamente altos em muitos bairros da região norte, o método Scan tendeu a identificar conglomerados mais próximos do esperado a partir da observação dos mapas cadastrais. Quando houve

concentrações de bairros com altos alta frequência e, além disso algum bairro isolado também foi identificado, o método Scan se mostrou mais contundente com o esperado com os mapas cadastrais, apresentando conglomerações em ambos locais.

Na região sudeste, o método Scan apresentou-se mais próximo ao observado com os mapas cadastrais, localizando conglomerados ao redor de regiões que apresentaram número de notificações distintas de zero. Na ocorrência de tal fenômeno na região abordada, o método BN identificou conglomerados em bairros que apresentaram incidência zero. Entretanto, destaca-se que os conglomerados identificados pelo método Scan tendiam a superestimar o que provavelmente deveria ser observado, se levado em consideração os mapas cadastrais. Com isto, na região sul, ambas as metodologias apresentaram nestes anos um comportamento distinto dos mapas de número de casos. Ainda assim, o método Scan se mostrou mais adequado, pois conseguiu identificar conglomerados mais próximos do esperado com os mapas cadastrais.

4 CONCLUSÕES

Foi realizado um estudo comparativo entre os métodos Scan circular e o proposto por Besag e Newell, buscando avaliar seu desempenho em relação aos registros de notificações de dengue por bairro, ocorridos no município de João Pessoa entre janeiro de 2004 e dezembro 2005. Além disso, realizou-se um estudo mensal sobre o comportamento da endemia pelo município, favorecendo a identificação áreas para intervenção de órgãos competentes.

A utilização de ambos os métodos levou à determinação de conglomerados na região norte e sudeste do município. Observou-se ainda que os conglomerados na região norte foram mais abrangentes no tocante ao número de bairros identificados.

Ao serem confrontados os métodos verificou-se que o método de BN apresentou melhor desempenho quando registrados altos valores concentrados onde havia a presença de muitos bairros com frequência zero. Por outro lado, quando valores distintos de zero foram registrados em muitos bairros no mesmo mês, o método Scan identificou conglomerados mais próximos dos observado com os mapas cadastrais. Além disso, na região sudeste, que apresenta grande discrepância em relação ao tamanho populacional de cada bairro, o método Scan se mostrou mais contundente com o esperado pelos mapas cadastrais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.L.S.S.; SILVA, S.A.; MARTELLI, C.M.T.; OLIVEIRA, RM.; MORAIS NETO, O.L.; SIQUEIRA JÚNIOR, J.B.; MELO, L.K.; FÁBIO, J.L. Population-based surveillance of pediatric pneumonia:

- use of spatial analysis in na urban área os Central Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 411-421, mar-abr 2004.
- BEATO FILHO, C.C.; ASSUNÇÃO, R.; SILVA, B.F.S.; MARINHO, F.C.; REIS, I.A.; ALMEIDA, M.C.M. Conglomerados de homicídios e o tráfico de drogas em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, de 1995 a 1999. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 5, p. 1163-1171, 2001.
- BESAG, J.; NEWELL, J. The detection of clusters in rare diseases. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 154, p. 143-155, 1991.
- CARVALHO, D.M.; MORAES, R.M. Análise de conglomerados de homicídios por arma branca e arma de fogo na cidade de João Pessoa entre 2002 e 2005. In: VII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Natal. VII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007.
- COSTA, M.A.; ASSUNÇÃO, R.M. Uma análise de desempenho dos métodos Scan e Besag&Newell na detecção de conglomerados espaciais. In: V Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 2003, São José dos Campos – SP. Anais do V Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 2003.
- COSTA, M.A.; ASSUNÇÃO, R.M. A fair comparison between the spatial scan and the Besag-Newell disease clustering tests. **Environmental and Ecological Statistics**, Springer, v.12, p. 301-319, 2005.
- COULSTON, J.W.; RITTERS, K.H. Geographic analysis of forest health indicators using spatial scan statistics. **Environmental Management**, v. 31, n. 6, p. 761-773, 2003.
- ENDY, T.P.; NISALAK, A.; CHUNSUTTIWAT, S.; LIBRATY, S.G.; ROTHMAN, A.L.; VAUGHN, D.W.; ENNIS, F.A. Spatial and temporal circulation of dengue virus serotype: a prospective study of primary school children in Kamphaeng Phet, Thailand. **American Journal of Epidemiology**, v. 156, n. 1, 2002.
- FURTADO, P.C.H.; SOUZA, I.C.A.; MORAES, R.M. Análise espacial dos casos notificados de dengue no Estado da Paraíba entre 1998 e 2002. In: Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 4, Anais ERMAC'2003. João Pessoa, 2003. (in CD-ROM).
- FURTADO, P.C.H.; SOUZA, I.C.A.; MORAES, R.M. Evolução do dengue no Estado da Paraíba no período de 1998 e 2002. In: Reunião Regional da Associação Brasileira de Estatística, 36, Anais RRABE'2003. João Psoa, 2003. (in CD-ROM).
- GÓMEZ-RUBIO, V.; FERRÁNDIZ-FERRAGUD, J.; LÓPEZ-QUÍLEZ, A. Detecting clusters of disease with R. **Journal of Geographical Systems**, v. 7, n. 2, p. 189-206, 2005.
- HIGGS, G.; GOULD, M. Is there a role for GIS in the 'new NHS'? **Health Place**, v. 7, n. 3, p. 247-259, 2001.
- KREMPI, A.P. Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade da cidade de Bauru. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- KNOX, E.G. Detection of clusters. Em *Methodology of enquiries into disease clustering*. ELLIOTT, P. (editor). London, Small Area Health Statistics Unit, 1989.
- KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in Medicine**, v. 14, p. 799-810, 1995.
- LIAN, M.; WARNER, R.D.; ALEXANDER, J.L.; DIXON, K.R. Using geographic information systems and spatial and space-time scan statistics for a population based risk analysis of the 2002 equine West Nile epidemic in six contiguous regions of Texas. **International Journal of Health Geographics**, v. 6, n. 7, set. 2007.
- MARÇAL JUNIOR, O. ; SANTOS, A. Infestação por *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) e incidência do dengue no espaço urbano: um estudo de caso. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, MG, v. 15, n. 13, p. 233-243, 2004. Disponível em: <http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=125&layout=abstract>. Acesso : 13 maio 2008.
- MEDRONHO, R.A. Estudos Ecológicos. In: Medronho, R.A. et all. *Epidemiologia*. São Paulo: Editora Ateneu, 2003, p 191-198.
- MONDINI, A. ; CHIARAVALLI NETO, F. ; SANCHES, M. G. Y. ; LOPES, J. C. C. . Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 444-451, 2005.
- MORGENSTERN, H.; Uses of ecological Analysis in Epidemiologic Research. **Am. J. Public Health**, v. 72, n. 12, p.1336-1344, 1982.
- MOURA, F.R. Detecção de clusters espaciais via algoritmo scan multi-objetivo. 2006. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

OPENSHAW, S.; CRAFT, A.W.; CHARLTON, M.; BIRCH, J.M. Investigation of leukaemia clusters by use of a geographical machine. *Lancet*, p. 272-273, 1988.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso: 5 abril 2007.

SANCHES, O. Princípios básicos de procedimentos estatísticos aplicados na análise de dados de vigilância em saúde pública: uma revisão. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 317-333, abr-jun 2000.

SANKOH, O.A.; YÉ, Y.; SAUERBORN, R.; MÜLLER, O.; BECHER, H. Clustering of childhood mortality in rural Burkina Faso. **International Epidemiological Association**, v. 30, p. 485-492, 2001.

SILVA, A.H.A.; MARINHO, P.R.D.; LUCENA, S.E.F.; MORAES, R.M. 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, 7, Anais ERMAC'2007. Recife, 2007. (in CD-ROM).