
AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DOS ESTIMADORES BAYESIANOS EMPÍRICOS NA DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO DE TRANSMISSÃO DA MALÁRIA

JAIDSON NANDI BECKER

MARCELO ANTONIO NERO

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE
jaidson.becker, {marcelo.nero}@gmail.com

RESUMO - A malária é considerada um dos mais relevantes problemas de saúde pública existentes no mundo. Para seu combate, é necessário que a doença seja mapeada em uma escala que possibilite o reconhecimento das pequenas regiões geográficas de sua transmissão. Um dos métodos mais simples e utilizados para o mapeamento de doenças é a determinação das áreas de risco por meio da espacialização de taxas de incidência, sendo que, um dos maiores problemas associados ao uso desta taxa é a alta instabilidade que ela possui ao expressar o risco de determinados eventos. Métodos Bayesianos empíricos têm sido largamente utilizados como solução deste problema. Neste contexto, este estudo trata da avaliação do uso dos estimadores Bayesianos empíricos para a determinação das áreas de risco de transmissão da malária no município de Manaus/AM, tendo a malha digital dos setores censitários (2010) do IBGE como base para projeção dos dados espaciais.

ABSTRACT - Malaria is considered one of the most important public health problems in the world. For his match, it is necessary that the disease is mapped on a scale which allows the recognition of small geographic regions of its transmission. One of the simplest methods and used for disease mapping is the determination of risk areas through the spatialization of incidence rates, and that a major problem associated with the use of this high rate is the instability that it has to express risk of certain events. Empirical Bayesian methods have been widely used as a solution to this problem. In this context, this study evaluates the use of empirical Bayesian estimators for the determination of risk areas of malaria transmission in the city of Manaus / AM, and the digital set of census tracts (2010) IBGE as a basis for projection of the data space.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a malária é considerada um dos mais relevantes problemas de saúde pública existentes no mundo. Segundo dados da World Health Organization (WHO, 2009), a mesma ocorre em 107 países e territórios, pondo em risco quase 50% da população mundial. Estima-se que ocorram por volta trezentos milhões de novos casos e um milhão de mortes ao ano.

O quadro epidemiológico no Brasil também é preocupante. Segundo dados consultados no SIVEP_malária (Sistema Informatizado de Vigilância Epidemiológica da Malária) em fevereiro de 2012, embora em declínio, o número absoluto de casos positivos no ano de 2011 foi superior a 280 mil. Aproximadamente 99,9% dos casos são registrados na Região Amazônica, cujas condições ambientais e socioculturais favorecem a expansão de sua transmissão (BRASIL, 2010).

Conforme Sullivam (2010), para seu combate, a malária precisa ser mapeada em uma escala onde seja possível o reconhecimento das pequenas regiões geográficas (bairros e comunidades) de transmissão da doença. No Brasil, a malha censitária é a única base de dados espaciais, disponível para todos os municípios brasileiros, que possibilita uma análise tal como sugerida por Sullivam, tanto na área urbana quanto na rural.

Segundo Azevedo e Remoaldo (2010), uma das maneiras de se conhecer mais detalhadamente as condições de saúde de uma população é através de mapas que permitam observar a distribuição espacial de risco e dos problemas de saúde.

A taxa de incidência é o estimador mais simples e utilizado para o mapeamento da ocorrência de doenças e agravos. Um grande problema associado ao uso desta taxa é a alta instabilidade que ela possui ao expressar o risco de determinados eventos (BRASIL, 2007).

Métodos Bayesianos empíricos têm sido largamente utilizados como solução deste problema. Para estimar o risco de uma área, estes métodos, utilizam-se da informação das outras áreas que compõem a região de estudo, de modo a diminuir o efeito das flutuações aleatórias dos atributos associadas ao risco. O resultado são mapas mais suaves e informativos (ASSUNÇÃO et al, 2005).

Neste contexto, este estudo trata da avaliação do uso dos estimadores Bayesianos empíricos para a determinação das áreas de risco de transmissão da malária no município de Manaus/AM, tendo a malha digital dos setores censitários (2010) do IBGE como base para projeção dos dados espaciais.

A escolha de Manaus como área de estudo teve-se pela mesma ser uma área endêmica para a malária, por apresentar um programa de vigilância epidemiológica bem estruturado e principalmente, por possuir quase a totalidade das localidades cadastradas no SIVEP_malaria georreferenciadas (93,09%).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geografia da saúde

Geografia Médica, ou Geografia da Saúde, corresponde ao uso da cartografia na medicina, ou seja, a interligação dos conhecimentos do espaço físico e médico (LEMOS, 2001).

Pessoa (apud LEMOS, 2002), considera a Geografia da Saúde como a disciplina que tem por fim o estudo da distribuição e da prevalência das doenças na superfície da terra, bem como de seus fatores determinantes. Portanto, a Geografia da Saúde procura estabelecer relações entre os lugares e as doenças espacialmente distribuídas na superfície terrestre (BRASIL, 2006).

Segundo Pina (1998), a análise da distribuição espacial de agravos possibilita determinar padrões da situação de saúde de uma área e evidenciar disparidades espaciais. Mais especificamente, a epidemiologia espacial, permite reconhecer a frequência, a distribuição e a importância dos diversos fatores que influenciam no aumento de determinados riscos para a saúde, tornando possível identificar grupos que compartilham fatores de risco similares (BRASIL, 2006).

2.2 Malária

A malária é uma doença infecciosa, febril, aguda, parasitária, sistêmica, não contagiosa e de transmissão vetorial. O infectado é acometido de acessos febris periódicos, mal-estar, dores de cabeça e comprometimento do fígado, entre outros sinais e sintomas (BRASIL, 2010).

O ciclo de transmissão é composto pelo protozoário parasita do gênero *Plasmodium*, pelo mosquito (vetor) e pelo homem (hospedeiro). A transmissão da malária não apresenta igual intensidade para todas as áreas endêmicas, ou seja, sua distribuição geográfica não é homogênea, estando intrinsecamente vinculada à dispersão dos vetores e a mobilidade humana (SARAIVA et al, 2009). Portanto, o risco de contrair a doença não é uniforme.

2.3 Incidência parasitária

A estratificação epidemiológica de risco consiste basicamente no estudo da distribuição do Índice Parasitário Anual (IPA). O IPA expressa o número de exames positivos por mil habitantes em determinado local e período, conforme equação (1). Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2008), é utilizado no país o seguinte critério para classificação das áreas de risco de transmissão da malária: alto risco (IPA maior que 49,9 casos/1.000 habitantes), médio risco (IPA entre 10 e 49,9), baixo risco (IPA de 0,1 a 9,9) e sem risco (zero casos).

$$IPA = \frac{NEP}{P} \cdot 1000 \quad (1)$$

Onde:

NEP : número de exames positivos

P : população

Em algumas situações o IPA pode induzir a uma análise equivocada. Segundo Assunção et al. (2005), quando uma área possui baixa população, a taxa de incidência de determinada doença pode variar enormemente devido a uma pequena alteração (aumento ou diminuição) no número de ocorrências do evento.

2.4 SIVEP_malária

O Sistema Informatizado de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP_malária) é um banco de dados on-line, de acesso restrito, gerado a partir do cadastro da “Ficha de Notificação de Casos de Malária”. O sistema fornece informações atualizadas e indispensáveis para a definição de estratégias de controle e prevenção epidemiológica em busca da erradicação da doença (BRASIL, 2002).

O sistema possibilita o cadastramento das coordenadas geográficas (ponto) das localidades de transmissão da malária, estas localidades podem representar bairros, comunidades, aldeias, garimpos, assentamentos, sítios, etc. No entanto, não são todas as localidades que possuem a informação geográfica cadastrada.

É importante ressaltar que informação espacial disponível diz respeito à posição geográfica da localidade de transmissão para qual a notificação foi registrada. Isto significa que é estimado que a infecção tenha ocorrido nas proximidades do ponto cadastrado para a localidade.

2.5 Setor censitário

O setor censitário é definido como a unidade de coleta e controle cadastral percorrida por um único recenseador, ou seja, o setor censitário corresponde à capacidade de levantamento do recenseador, o que varia em torno de 200 a 400 domicílios.

Cada Setor Censitário respeita todos os limites territoriais legalmente definidos, ou seja, um setor está integralmente contido em um único município, um único distrito, um único subdistrito e em uma única situação (urbana ou rural) (BRASIL, 2010b).

2.6 Análise espacial

A análise espacial presta-se a mensuração de propriedades e relacionamentos levando em consideração a localização espacial do fenômeno em estudo, ou seja, incorpora o espaço à análise que se deseja fazer (CÂMARA, 2002).

Bailey (2001) define a análise espacial como uma ferramenta que possibilita manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair conhecimento adicional como resposta. Portanto, a análise espacial pode ser considerada como um conjunto de técnicas que buscam descrever os padrões existentes nos dados espaciais.

As análises espaciais são normalmente realizadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), os quais são sistemas computacionais usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. A sua capacidade de reunir, estruturar e integrar adequadamente uma grande quantidade de dados de expressão espacial, o torna essencial para a manipulação de informações geográficas (PINA, 1998).

Um SIG possibilita o tratamento, cruzamento, sobreposição, análise e visualização das informações espaciais, sob a forma de mapas digitais (CÂMARA, 2002).

Segundo Lemos (2002), o SIG tem sido efetivamente empregado na saúde pública para a identificação de áreas de risco de infecção parasitária, contribuindo para o processo de erradicação de doenças endêmicas.

2.7 Estimadores de Bayes empíricos

Em uma abordagem bayesiana assume-se que os conhecimentos e as incertezas acerca do real valor do risco de ocorrência de um determinado evento em cada área dentro de uma determinada região podem ser representados por uma distribuição de probabilidade.

Os estimadores de Bayes empíricos consideram que a taxa “real” associada a cada área não é conhecida e que uma taxa observada é disponível (ASSUNÇÃO et al, 2005). A idéia dos estimadores bayesianos é supor que a taxa real é uma variável aleatória, que possui uma média e uma variância conhecidas (BAYLE, 2001).

O melhor estimador dessa taxa é uma combinação linear entre a taxa observada (eventos/população) na área i e um valor médio μ_i ponderados por um fator w_i , como apresentado na equação (2):

$$\hat{\theta}_i = w_i t_i + (1 - w_i) \mu_i \quad (2)$$

Onde:

w_i : fator de ponderação
 t_i : taxa observada
 μ_i : taxa média

A média usada na ponderação pode ser a taxa média de todas as áreas (polígonos) em estudo, neste caso o método é chamado de *bayesiano empírico global*, ou a média das áreas vizinhas, o qual então chamado de *bayesiano empírico local*.

A taxa média é dada pela equação (3):

$$\hat{\mu}_i = \frac{\sum y_i}{\sum n_i} \quad (3)$$

Onde:

y_i : contagem do evento em cada área
 n_i : população

O fator de ponderação é dado pela equação (4):

$$w_i = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2 + \frac{\mu_i}{n_i}} \quad (4)$$

Onde

σ_i^2 : variância

A variância é dada pela equação (5):

$$\sigma^2 = \frac{\sum n_i (t_i - \hat{\mu})^2}{\sum n_i} - \frac{\hat{\mu}}{\bar{n}} \quad (5)$$

Onde:

\bar{n} : população média

O peso fator de ponderação é tanto menor quanto menor for a população em estudo da i -ésima área e reflete o grau de confiança a respeito de cada taxa. Para o caso de populações reduzidas, a confiança na taxa observada diminui e a estimativa da taxa se aproxima de nosso modelo a priori (ou seja, se aproxima da taxa média). Regiões com populações muito baixas terão uma correção maior, e regiões populosas terão pouca alteração em suas taxas (DRUCK, 2004).

3 MÉTODO

Segundo consulta realizada em fevereiro de 2012 no SIVEP_malária, o território de Manaus possui 854 localidades de transmissão da malária cadastradas no SIVEP, sendo que destas 795 estão georreferenciadas (93,09%). Para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2011 (01 ano) foram registrados 15.051 casos positivos de malária no município, dos quais 13.339 têm localidades georreferenciadas como local provável de infecção (88,62%).

Os dados consultados no SIVEP_malária foram tabulados no programa computacional Microsoft Office Excel 2010 conforme: localidade, latitude, longitude (SIRGAS 2000) e número de casos.

No programa Terra View 4.1.0 foi importado o arquivo em formato shapefile da malha dos setores censitários (2010) do estado do Amazonas (latitude e longitude - SIRGAS 2000), disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O banco de dados foi gerado no programa Microsoft Office Access 2010. A malha dos setores censitários utilizada abrangeu apenas os setores censitários referentes ao município de Manaus, o que corresponde a 2.461 polígonos, dos quais 2.429 situam-se na área urbana (98,29%) e somente 32 na área rural (1,71%).

A tabela de pontos das localidades gerada no Excel foi importada para o Terra View e os dados referentes aos casos de malária destas foram atribuídos aos setores censitários aos quais cada apresentavam-se espacialmente inseridas.

Ao banco de dados adicionou-se os dados de população dos setores censitários (censo 2010), disponibilizados pelo IBGE. Com base nos dados de população e número de casos de malária foi calculado o IPA de cada setor censitário e realizadas as análises de Bayes empírico local e global.

4 RESULTADOS

A grande maioria das localidades de transmissão da malária está situada na área urbana de Manaus, enquanto que as localidades da área rural encontram-se situadas nas margens dos rios e estradas, conforme pode ser visualizado na figura 01.

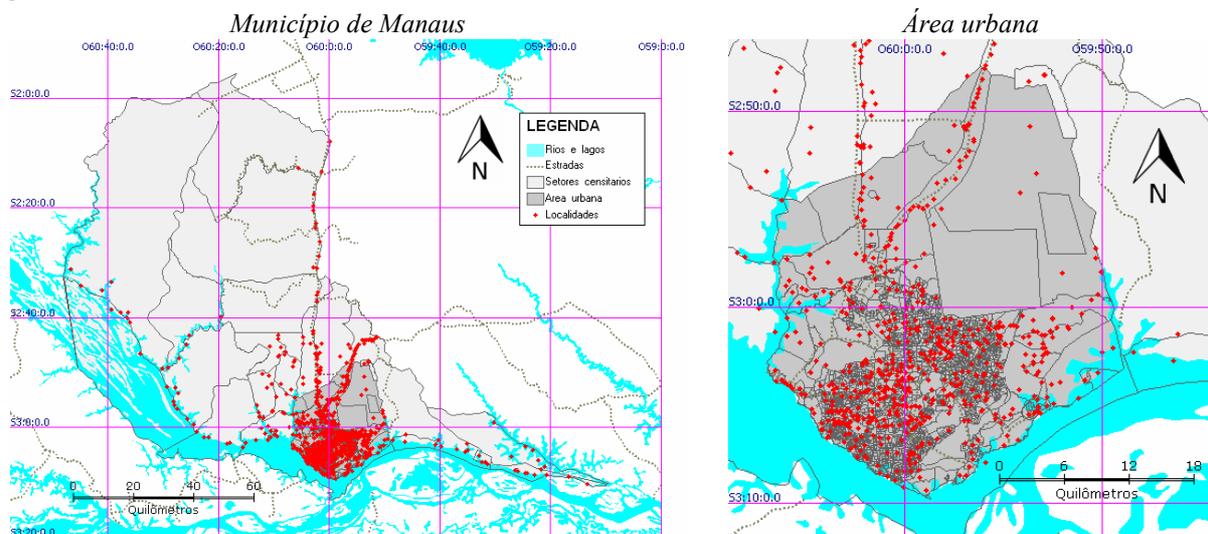


Figura 01 - Mapa de distribuição das localidades de transmissão da malária.
Projeção geográfica latitude/longitude - Datum SIRGAS 2000.

Embora a área urbana central concentre o maior número de localidades de transmissão, a maior parte dos 13.339 casos de malária analisados encontra-se situado na região periurbana do Município, enquanto que na própria (área urbana central) praticamente não ocorre disseminação da doença (ver figura 02).

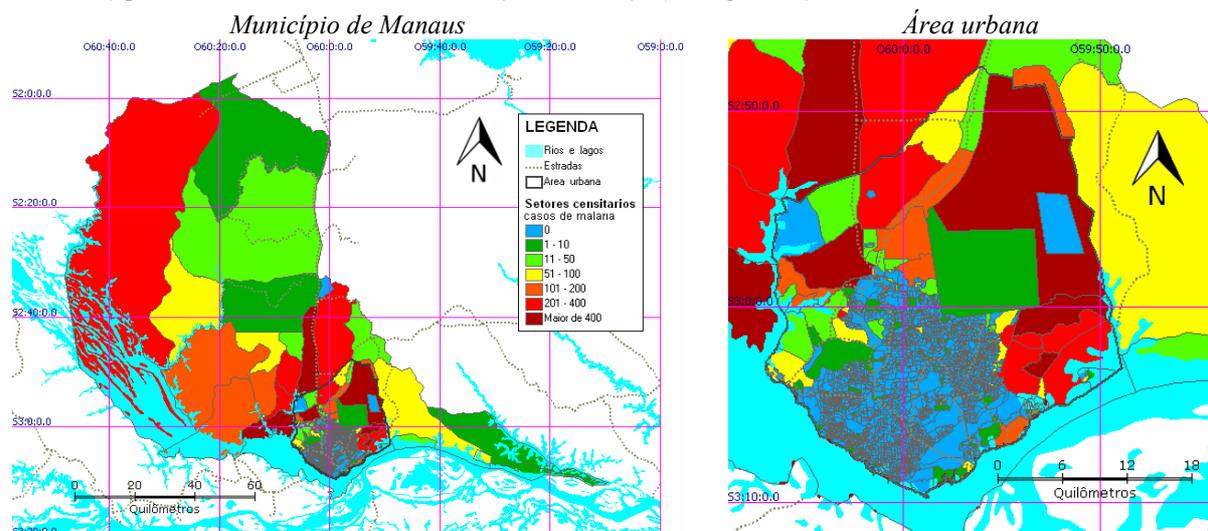


Figura 02 - Mapa de distribuição dos casos de malária.
Projeção geográfica latitude/longitude - Datum SIRGAS 2000.

A população do município de Manaus está praticamente toda concentrada na área urbana central (ver figura 03). Conforme o censo 2010 (IBGE) Manaus possui 1.802.014 habitantes, dos quais 1.792.881 residem na área urbana (99,49%).

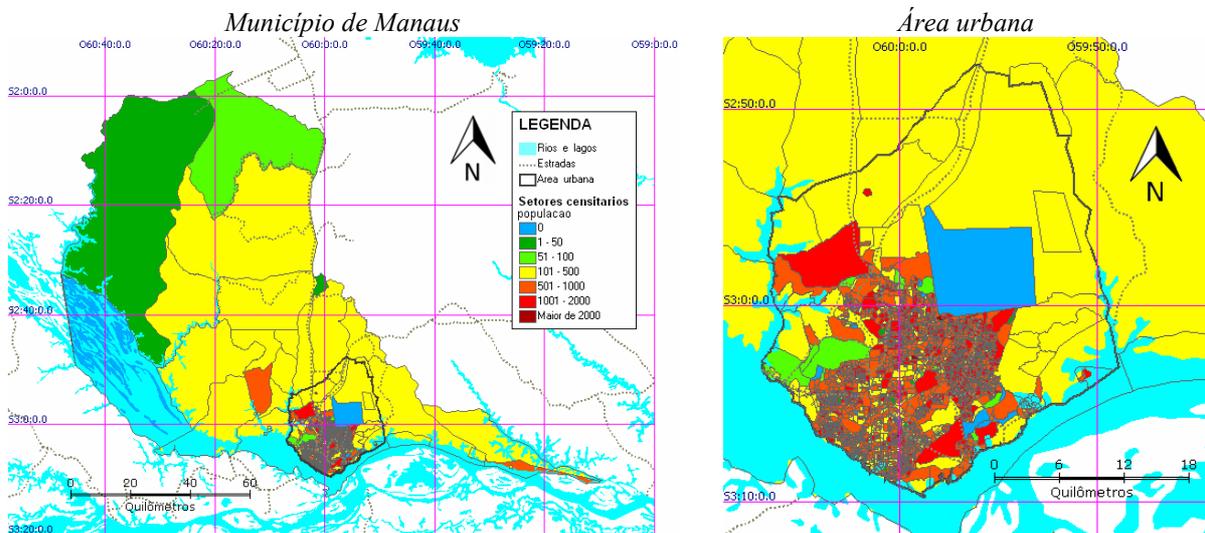


Figura 03 - Mapa demográfico.
Projeção geográfica latitude/longitude - Datum SIRGAS 2000.

Segundo o cálculo do IPA, as áreas com maior risco de transmissão da malária situam-se na área rural e periurbana (ver figura 04). Praticamente os mesmos setores que apresentam baixa população (ver figura 03).

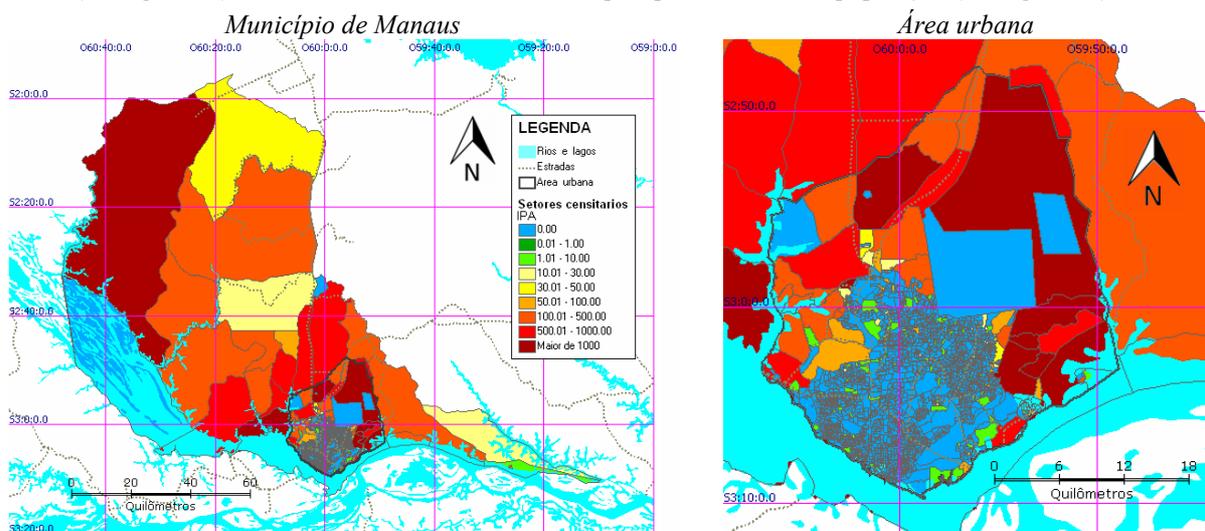


Figura 04 - Mapa do risco de transmissão da malária conforme o IPA sem aplicação de nenhum método posterior.
Projeção geográfica latitude/longitude - SIRGAS 2000.

Para a realização das análises de Bayes empírico é necessário que não haja áreas com população igual a zero. Portanto, foram excluídos 26 setores censitários do mapa para quesito de cálculo. Esses 26 setores ficam previamente considerados como áreas livres de transmissão da malária, estando representados na cor branca (vazados).

A aplicação do estimador de Bayes local resultou na diminuição da área livre de transmissão da malária. Muitos dos setores censitários situados na área urbana central, que apresentavam IPA 0,00 e conseqüentemente livres de transmissão (ver figura 04), agora apresentam um baixo risco de transmissão da doença (ver figura 05).

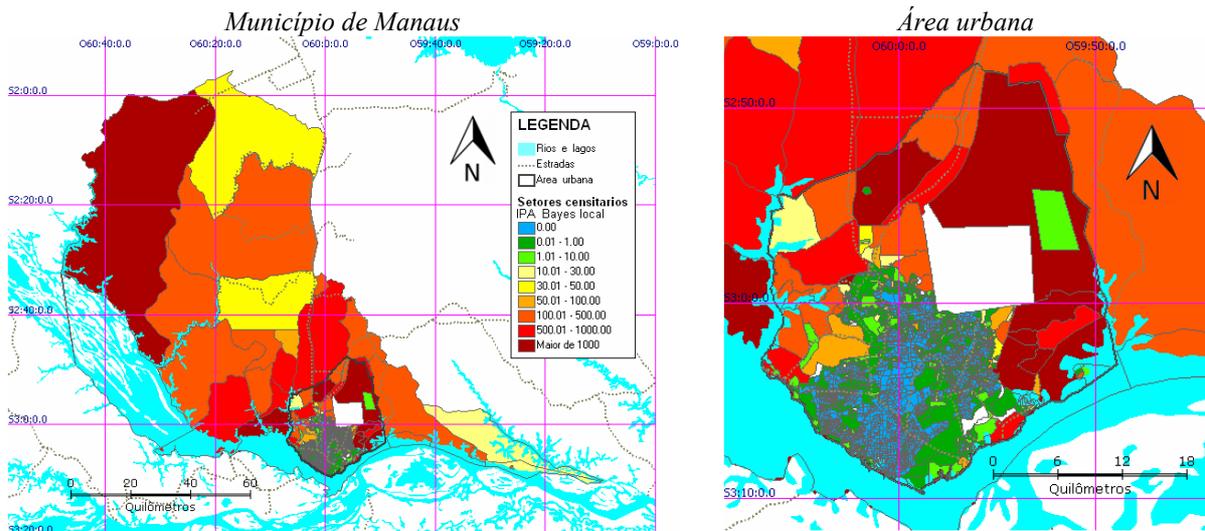


Figura 05 - Mapa do risco de transmissão da malária conforme o IPA aplicado da estimativa de Bayes local.
Projeção geográfica latitude/longitude - SIRGAS 2000.

O estimador de Bayes global resultou na eliminação total da área livre de transmissão da malária. Todos os setores censitários que apresentavam IPA 0,00 (ver figura 04), agora apresentam um baixo risco de transmissão da doença (ver figura 06), redimindo os 26 setores excluídos para quesito de cálculo.

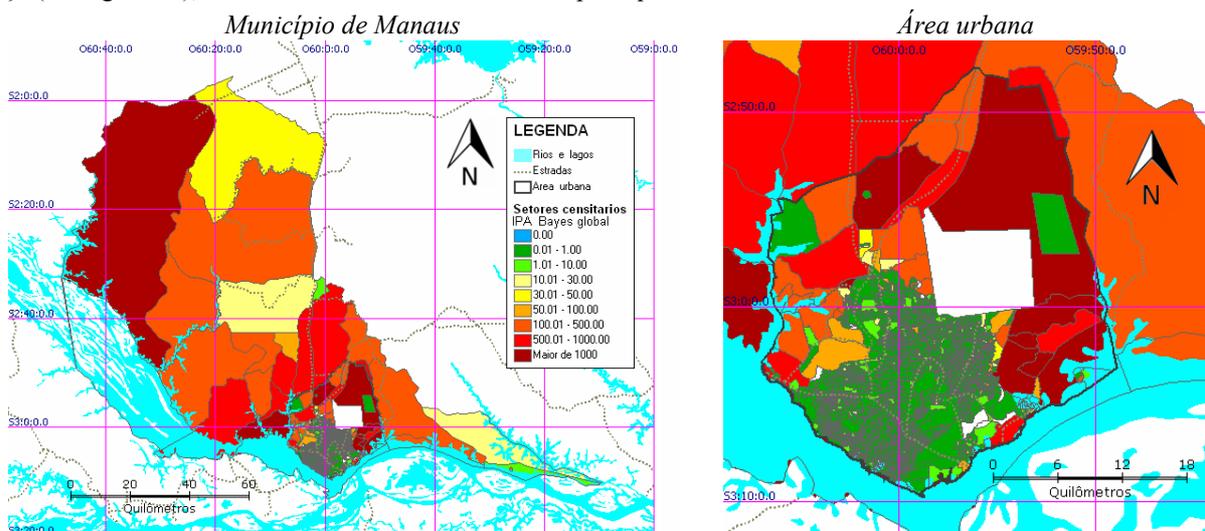


Figura 06 - Mapa do risco de transmissão da malária conforme o IPA aplicado da estimativa de Bayes global.
Projeção geográfica latitude/longitude - SIRGAS 2000.

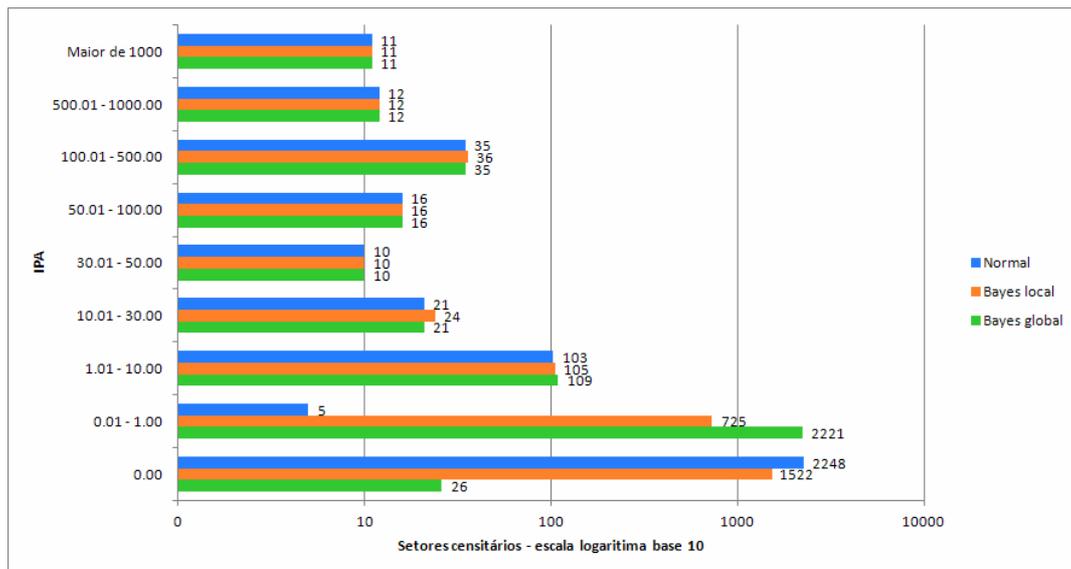
No quadro 01 é apresentado o gráfico de frequência dos setores censitários conforme classe de valores do IPA. É percebido que somente houve grandes diferenças da frequência entre os métodos para determinação das áreas de risco de transmissão da malária nas classes de baixo risco de transmissão da malária (IPA 0,00 e IPA 0,01-1,00).

Para a classe IPA 0,00 houve uma diferença de 726 setores censitários a menos no IPA aplicado do estimador Bayes local que no IPA normal (sem a aplicação de nenhum método posterior). De modo similar, o IPA aplicado do estimador de Bayes global apresentou 2.222 setores a menos que no IPA normal.

Por sua vez, o IPA 0,01-1,00 apresentou uma diferença inversa ao IPA 0,00. O IPA (0,001-1,00) aplicado do estimador de Bayes local apresentou 720 setores censitários a mais no que no IPA normal, enquanto que para o IPA aplicado do estimador de Bayes global a diferença foi de 2.216 setores.

Houve também pequenas diferenças da frequência de setores censitários nas classes:

- IPA 1,01-10,00: dois setores a mais para o IPA aplicado do estimador de Bayes local e de seis para o Bayes global (comparado ao IPA normal);
- IPA 10,01-30,00: três setores a mais no IPA aplicado do estimador de Bayes local (comparado ao IPA normal);
- IPA 100,01-500,00: um setor a mais no IPA com Bayes local (comparado ao IPA normal).



Quadro 01 - Gráfico de frequência dos setores censitários conforme classificação do IPA.

Os dados apresentados no quadro 01 também podem ser vistos no quadro 02 na forma de gráficos de dispersão. O gráfico de dispersão torna mais fácil a compreensão das alterações dos valores de IPA dos setores censitários mediante a aplicação dos estimadores de Bayes.

O quadro 01 mostra que em comparação ao IPA normal, somente a classe IPA 0,00 apresentou diminuição do número de setores censitários tanto para o IPA aplicado do estimador de Bayes local como para com Bayes global.

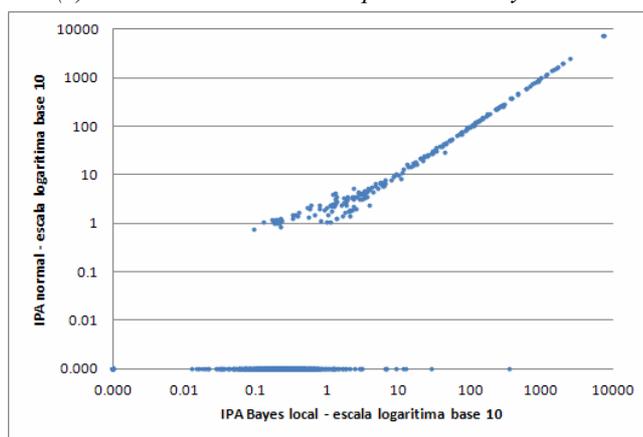
No caso do IPA aplicado do Bayes local, dos 726 setores censitários que deixaram de pertencer à classe IPA 0,00:

- 720 setores passaram para a classe IPA 0,01-1,00;
- 02 para a classe IPA 0,01-10,00;
- 03 para a classe IPA 10,01-30,00;
- 01 para a classe IPA 100,01-500,00.

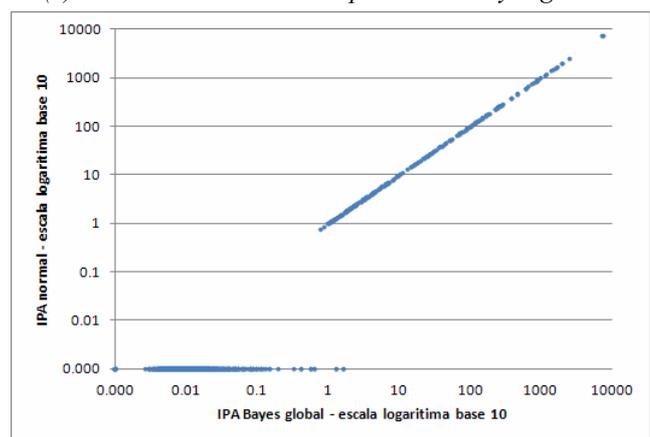
Sendo que este único setor da classe IPA 100,01-500,00 passou de zero à 346 casos de malária.

Quanto ao caso do IPA aplicado do Bayes global, dos 2.222 setores censitários que deixaram de pertencer à classe IPA 0,00: 2.216 setores passaram para a classe IPA 0,01-1,00 e 06 para a classe IPA 0,01-10,00.

(a) IPA normal versus IPA aplicado de Bayes local



(b) IPA normal versus IPA aplicado de Bayes global



Quadro 02 - Gráficos de dispersão.

A aplicação dos estimadores de Bayes também alterou o número total de casos de malária atribuídos aos setores censitários. Os 13.339 casos inicialmente atribuídos ao território de Manaus foram reduzidos a 13.075 com a aplicação do estimador de Bayes local (-1,97%) e a 13.010 com a aplicação do Bayes global (-2,46%).

Os 26 setores censitários excluídos para quesito de cálculo das estimativas de Bayes possuíam 302 casos de malária a eles atribuídos, valores estes que não foram aproveitados pelas estimativas.

5 CONCLUSÕES

Na primeira determinação das áreas de risco de transmissão da malária, onde foi calculado o IPA normal (sem a aplicação de nenhum método posterior), visualizam-se poucas transições abruptas do IPA entre setores censitários adjacentes. As transições abruptas estão principalmente entre as áreas periurbana (muitos setores com IPA maior de 50,01) e urbana central (muitos setores com IPA 0,00).

A área periurbana apresenta na sua maioria setores censitários com população entre 101 e 500 habitantes e alto número de casos de malária. Enquanto a urbana central apresenta setores com alta população e praticamente nenhum caso de malária.

A aplicação do estimador de Bayes local suavizou as diferenças do IPA dos os setores censitários adjacentes entre as áreas periurbana e urbana central, aumentando os valores de IPA dos setores censitários periféricos da área central urbana, os quais eram atribuídos de IPA normal 0,00.

Uma alteração que merece destaque é de um setor censitário situado na área rural que possui IPA normal 0,00 e com a aplicação do estimador de Bayes local passou a apresentar IPA de 346,00. O setor apresenta população de 04 habitantes e setores adjacentes com alto valores de IPA.

Quanto à aplicação do estimador de Bayes global, todos os setores com IPA normal 0,00 foram alterados para valores de IPA entre 0,01 e 10,00. Esta alteração resultou na ausência de áreas de livre transmissão da malária, o que é incoerente com a dinâmica de disseminação da doença. Portanto pode-se afirmar que a aplicação do estimador de Bayes global não é indicado na determinação das áreas de risco de transmissão da malária.

No geral, as aplicações dos estimadores de Bayes resultaram em alterações muito singelas nos valores do IPA. Salvo algumas exceções, as alterações somente puderam ser visualizadas nas classes de baixo risco de transmissão da malária (IPA 0,00 e 0,01-1,00), pela mesmas possuem uma faixa de valor muito pequena.

Pode-se afirmar que o motivo das alterações nos valores do IPA terem sido menores que o esperado, foi a distribuição espacial do risco de transmissão da malária apresentar desde o início (IPA normal) uma superfície suave, sem muitas mudanças abruptas do IPA entre setores censitários adjacentes, resultando em fatores de ponderação modestos.

O resultado obtido foi muitos setores (todos no caso do estimador de Bayes global) com IPA normal 0,0 alterados para baixíssimos valores do IPA (entre 0,01 e 1,00) quando aplicados dos estimadores de Bayes. Enquanto que os setores que apresentavam altíssimo IPA mantiveram praticamente o mesmo valor, mantendo-se na mesma classe de valores do IPA. Setores com IPA normal entre 1.000,00 a 3.000,00 tiveram uma diminuição menor que 10 unidades de seu valor, o que em porcentagens é muito pouco (0,33 a 1%).

Os estimadores de Bayes têm como objetivo oferecer uma solução para a alta instabilidade que as taxas de incidência apresentam. Esta solução é oferecida através da suavização das diferenças dos valores destas taxas entre os polígonos adjacentes da área de estudo, neste caso os setores censitários.

As suavizações das taxas de incidência realizada pela aplicação dos estimadores de Bayes resultaram em alterações muito modestas nos valores de IPA.

Embora o estimador de Bayes local tenha apresentado bons resultados, para a obtenção de resultados realmente condizentes com a dinâmica de disseminação da doença é necessário considerar as incertezas da posição geográfica dos casos de malária. Questões como dispersão dos vetores, mobilidade humana e relativas a confiabilidade dos dados de notificação da doença (no casos os dados do SIVEP_malária), devem ser introduzidos nas determinações das áreas de risco epidemiológico.

É preciso de um “espalhamento controlado” dos casos da doença. O que talvez possa ser obtido através da aplicação do estimador de Kernel associado a outras técnicas de análise espacial.

REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, R. SCHMERTMANN, C. POTTER, J. CAVENAGHI S. **Empirical Bayes Estimation of Demographic Schedules for Small Areas**. *Statistics in Medicine*, v. 42, p. 537-558, 2005.
- AZEVEDO, B. REMOALDO, P. C. **A importância da cartografia e dos SIG em geografia da saúde**. XII Colóquio Ibérico de Geografia, out. 2010.
- BAILEY, T. C. **Spatial Statistics Methods in Health**. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 17, n. 5, 2001.

- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual do recenseador: pesquisa de avaliação da cobertura da coleta.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2010b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de utilização do SIVEP-Malária local.** Ministérios da Saúde, Fundação Nacional da Saúde. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia prático de tratamento da malária no Brasil.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Abordagens espaciais na saúde pública.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Brasília, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Sistemas de informações geográficas e análise espacial na saúde pública.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Brasília, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia para gestão do controle da malária.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2008.
- CÂMARA, G.;MONTEIRO, A.M.V. CARVALHO, M. S. DRUCK, S. **Análise Espacial de dados Geográficos.** EMBRAPA, 2002.
- LEMONS, J. C. **A geografia médica e as doenças infecto-parasitárias.** Caminhos de Geografia. n. 3, p. 74-86, jun. 2002.
- PINA, M. R. **Potencialidades dos Sistemas de Informações Geográficas na Área da Saúde.** FIOCRUZ. Rio de Janeiro/1998.
- SARAIVA, M. G. G. et al. **Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. n. 42, p. 515-522, out. 2009.
- SULLIVAN, D. **Uncertainty in mapping malaria epidemiology: Implications for control.** Epidemiologic Reviews, v. 32, p. 175-187, jun. 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World malaria report.** WHO library cataloguing in publication data, 2009.