

Mapeamento Espacial e Epidemiológico da Malária no Estado do Pará

Cristiane Alves dos Santos
Nayane Caroline Jorge Cardoso da Silva
Samara Viana Costa
Magno Roberto Alves Macedo

Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará - IDESP
Rua Municipalidade, 1461, Umarizal – Cep: 66050 - 350, Belém-PA
{cristiane.santos, nayane.silva, samara.costa, magno.macedo}@idesp.pa.gov.br

Abstract. This study aims to analyze the spatial distribution of malaria incidence among municipalities in the state of Pará, using geoprocessing techniques and exploratory spatial data analysis. For exploratory analysis of spatial data as an indicator of malaria selected the Annual Parasite Index (IPA) and type of parasite species (*P. falciparum* / *P. vivax*), the measures were applied autocorrelation Moran global and local. The methodology used spatial analysis allowed determination of priority areas that include the dynamics of the epidemic / endemic disease beyond the strict limits of municipalities. The use of spatial analysis proved to be an important resource for stratification of priority areas for instrumentation and useful levels, central and regional planning control actions, monitoring and evaluation. It was concluded that from the analysis of the data could be verified that the distribution of malaria cases in the region is not homogeneous, since there are areas with high transmission and others with low levels. And therefore there is a spatial autocorrelation among counties for the study of malaria. The records of reported cases of malaria were obtained from the Information System for Epidemiological Surveillance - Malaria (Malaria-SIVEP), for the year 2011. The software used was ArcGIS 10.0 and the GeoDa.

Palavras-chave: malaria, spatial analysis, epidemiology, malária, análise espacial, epidemiologia.

1. Introdução

A malária é uma doença infecciosa parasitária, que acomete um quarto da população mundial. Mata cerca de um milhão e meio a três milhões de pessoas a cada ano, fato esse que faz com que a Organização Mundial da Saúde (OMS) considere a malária como o maior problema de saúde pública em muitos países, particularmente os do Terceiro Mundo, entre eles o Brasil (Organizacion Panamericana, 2001).

No Brasil, aproximadamente 99% dos casos de malária registrados se encontra na região amazônica. Isto acontece devido à região apresentar características climáticas, ambientais e ecológicas extremamente favoráveis à transmissão. Além disso, dentre os principais aspectos da sociedade amazônica que estão relacionadas à prevalência de endemias regionais, destacam-se o alto índice de desenvolvimento de migração nas últimas três décadas, o crescimento urbano desordenado sem acompanhamento de infraestrutura sanitária e o desmatamento, sendo estes os fatores primordiais das transformações ambientais responsáveis por altos riscos à saúde humana (Confalonieri, 2005).

Desde o início da década de 1990, a Amazônia Legal (divisão política do território nacional constituída pelos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão) registra elevada incidência de malária. Todos os Estados constituintes dessa divisão contribuíram para tal registro. Segundo o balanço apresentado pelo Ministério da Saúde (2011), apontou que o Estado do Pará vem apresentando aumento progressivo do número de casos notificados de malária, inclusive passando a ocupar o primeiro lugar em contribuição de notificações entre os Estados da Amazônia Legal durante os anos de 2010 e 2011.

Considerando que esse é um processo dinâmico e diferenciado que provoca marcantes alterações no ecossistema, é de fundamental importância uma constante avaliação da incidência da malária nesta região, com intuito de contribuir para o planejamento das ações governamentais no combate à transmissão da doença.

Por isso, o interesse da saúde pública, mais especificamente a epidemiologia na análise da distribuição espacial das doenças e sua relação com fatores de risco tem impulsionado o uso dos métodos de análise espacial. Organizações como OPAS, OMS e Instituições de Saúde de diversos países vêm incentivando a utilização de mapas que permitam visualizar áreas de risco para doença como forma de orientar as atividades de controle. O mapeamento de áreas de risco permitiu avançar na localização de grupos populacionais e dos fatores de risco, destacando o caráter focal de várias endemias. No entanto, experiências de apropriação da ferramenta de análise espacial para determinação de áreas de risco com a finalidade de subsidiar as práticas de vigilância e controle ainda são incipientes.

Deste modo, o presente estudo tem por objetivo analisar a distribuição espacial da incidência da malária entre os municípios do Estado do Pará, utilizando técnicas de geoprocessamento e de análise exploratória de dados espaciais. Haja vista, que a análise espacial de dados epidemiológicos tem propiciado o aumento da capacidade explicativa e preditiva da distribuição e tendência das doenças na população no espaço. (Santos, 2006).

2. Metodologia

2.1. Dados

Foi realizado estudo epidemiológico e espacial cujo objeto de análise é os 143 municípios do Estado do Pará. Como indicador de malária selecionou-se a Índice Parasitário Anual (IPA) e o tipo de espécie parasita (*P.falciparum/P.vivax*).

A seleção dos municípios baseou-se na classificação epidemiológica do Índice Parasitário Anual (IPA), definido como o total de exames positivos e notificados em um determinado ano, dividido pelo total da população estimada por município ou pelo Estado, e multiplicado por mil, conforme a (Equação 1):

$$IPA = \left[\frac{\text{Números de exames positivos notificados}}{\text{População total anual estimada}} \right] \times 1000 \quad (1)$$

De acordo com o valor IPA, temos um critério de classificação epidemiológica da malária conforme estabelecido por Marques (2001) e mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Estratificação Epidemiológica da área malárica de acordo com IPA

Classificação da Área	Valor do IPA
Área de alto risco	$IPA \geq 50$
Área de médio risco	$10 < IPA < 50$
Área de baixo risco	$1 < IPA < 10$
Área sem risco	$IPA < 1$

Os registros de casos notificados de malária foram obtidos no Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica – Malária (SIVEP-Malária), para o ano de 2011.

2.2. Análise espacial

Calculou-se o Índice de Moran Global (Cliff e Ord, 1981) e local apenas para os valores de IPA por municípios. Para visualização de áreas de prioridade construiu-se, para o período, mapas temáticos da IPA, número de casos de malária por tipo de espécies e o Moran Map.

O Índice de Moran global detecta a existência de autocorrelação espacial, isto é, avalia quanto o valor observado da IPA num município é correlacionado com os valores dos vizinhos. Esse índice fornece um valor único, variando de -1 a 1, sendo útil para estudos de uma região como um todo. O limite desta técnica é que ela expressa a autocorrelação espacial considerando apenas o primeiro vizinho (Câmara *et al.* 2004). Esta proximidade considera a contigüidade espacial, no entanto, na transmissão da malária pode ser influenciada por outras formas de associação como vias de acesso, meios de transporte etc. que não será abordada neste trabalho.

O Moran Map é a representação do Índice de Moran Local, onde os municípios são classificados dentro dos 4 quadrantes ou como não-significantes estatisticamente (Câmara *et al.* 2004). Para este estudo, cada conglomerado geográfico com autocorrelação espacial estatisticamente significativa, identificado no interior de cada quadrante, foi denominado de agrupamento.

Utilizou-se para a análise estatística espacial o programa de livre acesso GeoDa. Os mapas foram gerados no programa ArcGis 10.0.

3. Resultados

3.1. Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Entre os municípios do estado do Pará foram notificados 130.646 casos de malária em 2011. Dentre eles, 12 municípios, sequencialmente (Anajás, Oeiras do Pará, Jacareacanga, Bagre, Anapu, Currealinho, Goianésia do Pará, Cameté, Itaituba, Pacaja, Senador Jose Porfírio, Novo Progresso, Santa Cruz do Arará, São Sebastião da Boa Vista, Porto de Moz) apresentaram IPA ≥ 50 /mil habitantes, que caracteriza alto risco de contrair malária, correspondendo 77% dos casos notificados no estado, como mostra a Figura 1. Vale ressaltar que em todos os municípios do estado apresentaram no mínimo um caso de malária por região.

Em relação ao Estado do Pará, o Índice Parasitário Anual da Malária apresentou um intervalo de confiança [Média \pm DP: 29,36 \pm 91,60], onde a média do IPA classificou-se dentro do estrato de médio risco.

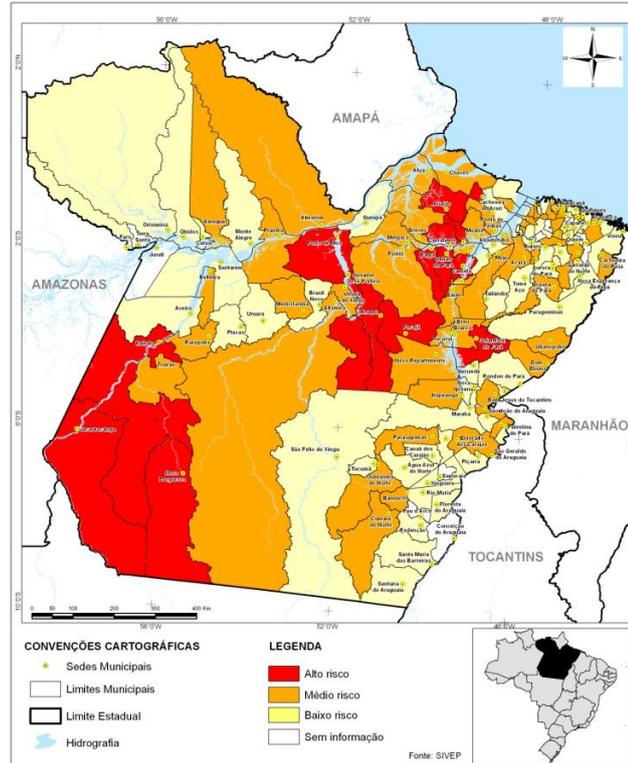
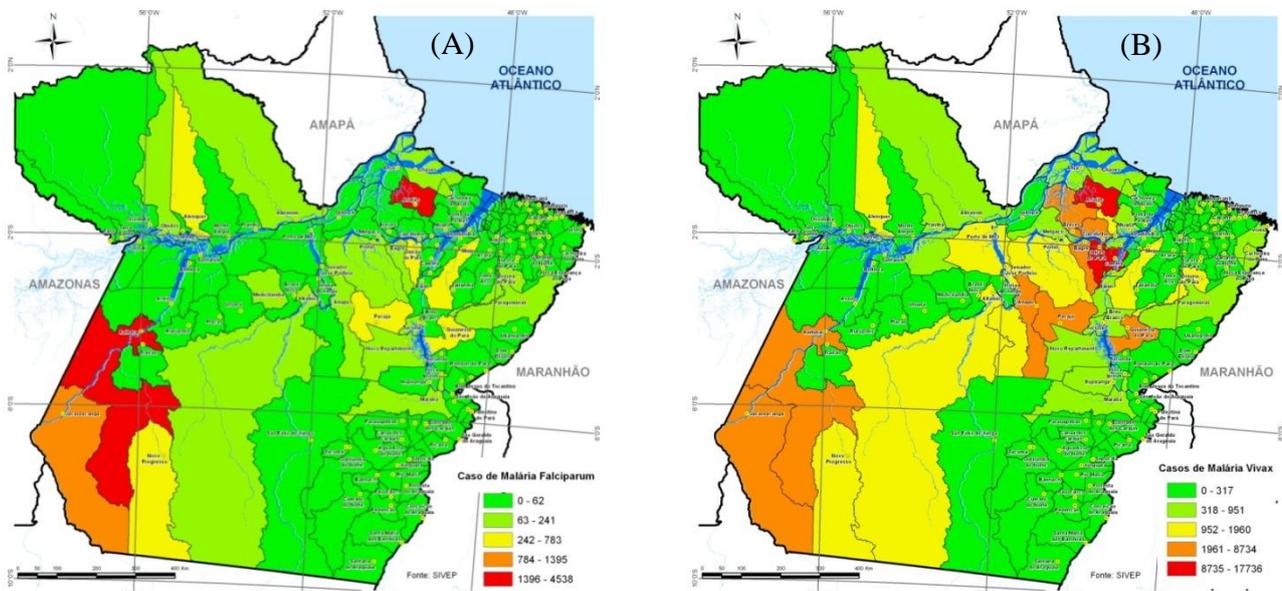


Figura 1. Distribuição do IPA segundo município, Pará, 2011.

Com relação às espécies parasitárias mais prevalentes no estado, observa-se que 86,3% das infecções por malária foram causadas pelo *P. vivax*, aproximadamente 12,1% por *P. falciparum*, forma mais grave da doença, sendo que o município de Anajás possui destaque, pois apresenta uma maior incidência para ambas as espécies (*P. falciparum* e *P. vivax*), indicando um alto número de contaminação, como mostra as Figuras 2.A e 2.B. No entanto, em relação a malária mista (*P. falciparum* + *P. vivax*), que atinge 1,6% da população, o município de Itaituba possui uma maior incidência, Figura 2.C.



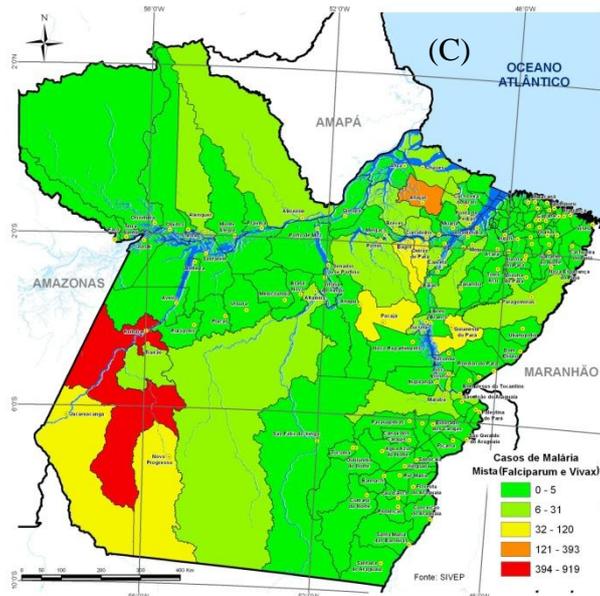


Figura 2. Mapeamento dos casos de Malária por tipo de espécie, respectivamente. Espécie *P. falciparum* (A), Espécie *P. vivax* (B) e Espécie Mista (*P. falciparum* + *vivax*) (C).

3.2. Autocorrelação Espacial Global

Para avaliar se a distribuição do IPA nas áreas dos municípios do Pará não ocorre de forma aleatória, ou seja, se existe uma autocorrelação espacial nesta área, foi utilizado o índice de Moran, que é um índice de associação espacial global. Desta forma, a autocorrelação espacial no Estado do Pará foi significativa para o Índice Parasitário Anual (IPA), considerando um nível de significância de 5%.

Observa-se no gráfico do índice de Moran uma autocorrelação positiva, com o valor do índice igual a 0.1897, que é superior ao valor esperado que é de -0.0070, o que indica que municípios com elevada (ou baixa) frequência de casos de malária estão espacialmente associados a outros municípios de mesma característica.

A significância do índice de Moran apresenta um nível descritivo (*p-value*) igual a 0.0050, que é inferior ao nível de significância de 5%, o que indica a rejeição da hipótese nula de independência espacial.

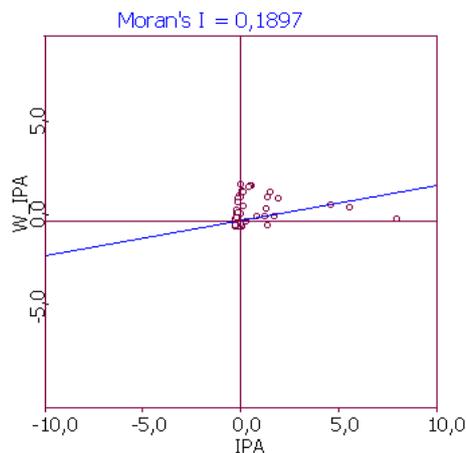


Figura 3. Gráfico do Índice de Moran para o índice parasitário anual de Malária em 2011.

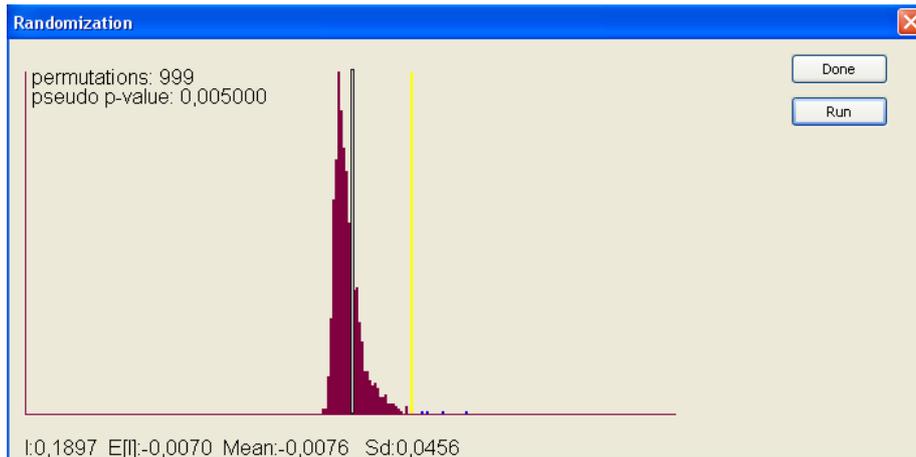


Figura 4. Teste de Significância do Índice de Moran para o índice parasitário anual de Malária em 2011.

3.3. Autocorrelação Espacial Local

A Figura 5 apresenta o resultado do Moran Map para as ocorrências de malária no estado do Pará, considerando um nível de significância de 5%. Verifica-se que os municípios Jacareacanga, Novo Progresso, Chaves, Afuá, Breves, Curralinho, Conceição do Araguaia, São Sebastião da Boa Vista, Mocajuba, Bagre e Cametá são significativos para o padrão espacial (ALTO-ALTO). No entanto, os municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Isabel, Santa Barbara, Castanhal, Santo Antonio do Taua, Colares, Bujaru, Inhamangá, São Domingos do Capim, São Miguel da Boa vista, Santa Maria do Pará, Irituia, Bonito, Ourém, Nova Timboteua, Peixe Boi, Capanema, Tracuateua, Primavera, Quatipuru, Parauapebas, São Geraldo do Araguaia, Piçarra, Xinguara, Floresta do Araguaia e Conceição do Araguaia estão para o padrão (BAIXO- BAIXO). Para o padrão (BAIXO-ALTO) classificaram-se os municípios de Baião, Muaná, Ponta de Pedra e Limoeiro do Ajuru.

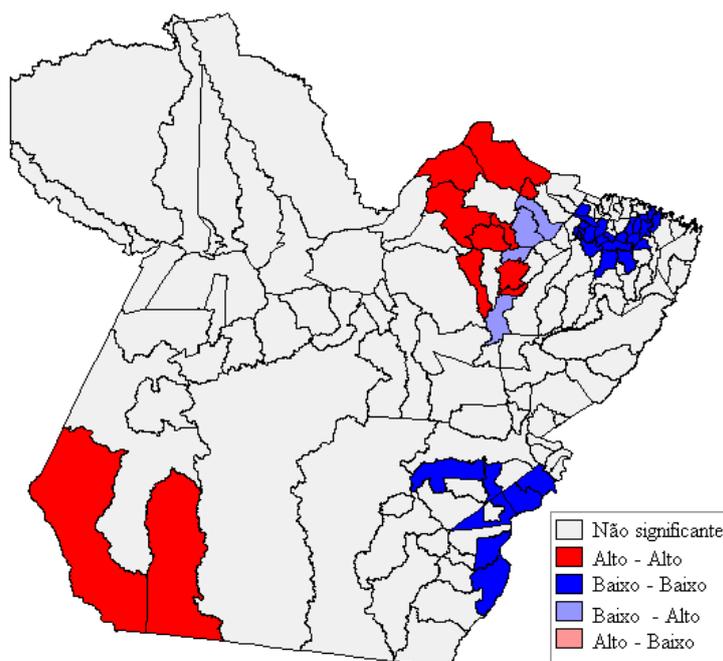


Figura 5. Moran Map do Índice Parasitário Anual no estado do Pará em 2011.

4. Conclusões

O presente estudo tem por objetivo analisar a distribuição espacial da incidência da malária entre os municípios do Estado do Pará, utilizando técnicas de geoprocessamento e de análise exploratória de dados espaciais, para o ano de 2011. A partir da análise dos dados pôde-se verificar que a distribuição dos casos de malária na região não é homogênea, uma vez que existem áreas com elevada transmissão e outras com níveis baixos. Esse quadro parece estar associado com a instalação de projetos agropecuários e principalmente áreas de exploração de minérios (Couto, 2002). O controle da malária em áreas extensas como o estado do Pará, certamente ainda é um grande desafio à experiência dos profissionais da área da saúde e em particular às entidades governamentais responsáveis pelos programas de combate e controle da doença nos diversos níveis. Considerando os níveis elevados dos IPA nos municípios anteriormente citados, registra-se a necessidade de fortalecer os serviços de atenção básica no atendimento dos pacientes portadores de malária, notadamente no que se refere ao diagnóstico precoce e tratamento correto dos casos, visando reduzir a morbimortalidade.

Certamente, há necessidade de que sejam ampliadas as investigações epidemiológicas para que se tenha uma avaliação mais consistente da magnitude do problema causado pela malária na população do Estado do Pará, e que permitam a elaboração de estratégias de controle com a aplicação de medidas específicas às áreas identificadas como prioritárias.

Finalmente, registramos que a caracterização epidemiológica espacial da malária é útil, não somente para avaliar a incidência e prevalência do agravo, mas, também, para estudar os fatores causais, objetivando uma rápida revelação de eventuais epidemias e avaliar a eficiência dos programas de controle da doença.

5. Referências Bibliográficas

Anselin, Luc.. Exploratory Spatial Data Analysis in a Geocomputational Environment. In: Longley P. A.; Brooks; S. M.; McDonnell, R.; Macmillan; B. Geocomputation a primer. Chichester: John Willey & Sons Ltd, 1998, p.77-94.

Anselin, Luc.. Geoda: geodata analysis software. Illihois, (2004).

Atanaka-Santos, M. **Análise espacial na determinação de áreas de risco para malária em Mato Grosso: uma inovação para os programas de controle**. 2006. 79 p. (INPE-15343-TDI/1379). Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz., São José dos Campos. 2006.

Carvalho, S. C.; Câmara, G.; Cruz, O. C.; Correa, V. **Análise de dados de área - análise espacial de dados geográficos**. Brasília, 2004, capítulo 5.

Cliff, A. D.; Ord, J. K., 1981. **Spatial Processes**. London: Pion.

Confalonieri, U. E. C. **Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para análise de paisagem e doenças**. Estudos Avançados, v.19, n.53, p-221-236, 2005.

Couto, R.C.S. **Malária: O Custo da Hidrelétrica de Tucuruí- PA, Brasil**. Editora Universitária do Pará, 2002, p.107-121

Marques, A. C. **Manual de Terapêutica da Malária**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 105 p.

Martarole, T. L., **Análise Espacial dos Dados da Criminalidade Infanto-Juvenil em Porto Velho-RO** disponível em: <
http://www.mp.ro.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=60668&folderId=154128&name=DLFE-37816.pdf>. Acesso em: 20 de Outubro de 2012.

Ministério da Saúde. Malária. In: **Relatório de situação: Pará**. 5 edição. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília, p. 37, 2011.

Neves, Marcos Corrêa. et. al. **Análise Exploratória Espacial de Dados Sócio-Econômicos de São Paulo**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/marcos_gisbrasil2000.pdf> - Acesso em: 8 de out. 2012.

Organización Panamericana de La Salud. **Informe de la situación de los programas regionales de malaria en las Américas: con base en datos de 2000**. Washington, DC, 2001.