



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
POPULAÇÃO, ESPAÇO E AMBIENTE

HETEROGENEIDADE ESPACIAL DA MALÁRIA: IDENTIFICAÇÃO DE FONTES E SUMIDOUROS DE INFECÇÕES

Jaidson Nandi Becker

Atualmente a malária é considerada um dos mais relevantes problemas de saúde pública existentes no mundo. A doença esta condicionada à interação de três fatores: o parasito (plasmódio), o hospedeiro (homem) e o vetor (mosquito). Sua transmissão atribuída à forma de ocupação do solo, a exploração dos recursos naturais, ao movimento humano e as características sociais e culturais de dada região (Barbieri e Sawyer, 1996).

No Brasil aproximadamente 99,8% dos casos são contraídos na Região Amazônica, onde as condições ambientais e socioculturais são favoráveis à transmissão da doença (BRASIL, 2010). Segundo dados do SIVEP_malária, embora em declínio nos últimos anos, o número total de casos de malária contraídos em território nacional foi superior a 270 mil em 2012.

Os termos “fontes” e “sumidouros” da malária foram retirados de Wesolowski et al (2012) e estão diretamente relacionados aos conceitos de chegada, estabelecimento e disseminação de doenças exóticas descritos por Randolph e Roger (2010). Resumidamente, as fontes da malária são áreas onde os três fenômenos da doença ocorrem (chegada, estabelecimento e disseminação), sendo a mesma então transmitida, assim persistindo. Enquanto, os sumidouros da malária são áreas onde a doença chega mas não se estabelece, não havendo disseminação ou transmissão da mesma, portanto extinguindo-se.

O objetivo deste estudo é propor uma metodologia para identificação de áreas fontes e sumidouros da malária. Esta informação é um forte contribuinte para compreensão da dinâmica e dos padrões de disseminação da doença, assim como para o planejamento de ações de controle.

Método

O estudo foi aplicado ao município de Manaus/AM por tratar de uma área endêmica para a malária, por apresentar um programa de vigilância epidemiológica atuante e principalmente por possuir quase a totalidade das LTM (Localidade Transmissora da Malária) georreferenciadas (95,96%, 831 de 866). Os dados de malária utilizados no estudo foram referentes o ano de 2011.

Para identificação das fontes e sumidouros da malária foi utilizados os seguintes dados:

- Coordenadas espaciais das LTM, disponibilizados pelo SIVEP_malária;
- Dados de notificação da malária, disponibilizados pelo SIVEP;
- Malha digital dos setores censitários 2010, disponibilizado pelo IBGE;
- Dados de população (censo 2010), disponibilizados pelo IBGE.

Os dados de notificação da malária constam dos registros de pacientes atendidos com suspeita da doença. Somente os registros de notificação positiva para casos novos (incidentes) foram utilizados, descartando os casos mal curados e considerados reincidentes (prevalentes). Dos casos incidentes, unicamente os casos autóctones à Manaus foram analisados (casos naturais). Desta forma, foram desconsideradas as infecções ocorridas em outros municípios por pacientes residentes em Manaus, assim como as ocorridas em Manaus por pacientes residentes em outros municípios.

Para cada LTM obteve-se a incidência de malária por “local de provável infecção”, que é o número de infecções ocorridas LTM, e por “local de residência”, que é o número de infectados residentes na LTM.

O Plano Nacional de Controle da Malária descreve a LTM como sendo a menor unidade epidemiológica de agregação de dados para a doença. A função da LTM é possibilitar a formação de um banco de dados geográfico para acompanhamento, monitoramento e avaliação das ações de controle da malária.

O georreferenciamento para cada LTM é realizado pelo registro de um único par de coordenadas geográficas (ponto). Portanto, não possuem seus limites físicos descritos ou graficamente delimitados. Sendo que os pontos de georreferenciamento são orientados para serem coletados em locais de concentração populacional.

Para identificar as LTM fontes e sumidouros da malária elaborou-se uma equação baseada no conceito de Número Básico de Reprodução (R_0) desenvolvido por Dietz (1975) e Hethcote (1976).

O R_0 expressa o potencial de transmissibilidade, tradicionalmente definido como o número de casos resultantes de um indivíduo infectado em uma população totalmente susceptível. Portanto, se o valor de R_0 for maior que 1, um indivíduo infectado transmite a doença a um número maior de indivíduos que ele próprio, assim a doença persistindo. Enquanto, se o valor de R_0 for menor que 1, um indivíduo infectado transmite a doença a um número menor de indivíduos que ele próprio, assim a doença extinguindo.

A equação elaborada é apresentada abaixo, sendo denominada de potencial de infecção (P_i). A mesma é obtida pela divisão do número de casos por local de provável infecção (C_i) pelo número de casos por local de residência (C_r).

$$P_i = \frac{C_i}{C_r}$$

onde:

se $C_i > 0$ e $C_r = 0$, então $P_i = C_i$

se $C_i = 0$ e $R_i = 0$, então $P_i =$ inexistente (livre de malária)

A equação foi aplicada para cada LTM referente à Manaus. Para $P_i > 1$ definiu-se LTM como fonte de malária, considera-se que um indivíduo infectado residente na LTM transmitiu a doença a um número maior de indivíduos que ele próprio. Para $P_i < 1$ definiu-se LTM como sumidouro de malária, considera-se que um indivíduo infectado e residente na LTM transmitiu a doença a um número menor de indivíduos que ele próprio. Para $P_i = 1$ definiu-se LTM como estável para a transmissão da malária, sendo esta considerada uma condição muito incerta quanto disseminação da doença.

Para o caso de $C_i > 0$ e $C_r = 0$, adotou-se $P_i = C_i$ pelo razão de se uma LTM foi notificada como local de provável infecção é necessário que pelo menos um indivíduo residente na LTM estivesse infectado para que a transmissão ocorresse.

Para delimitação das áreas fonte, sumidouro e estável, assim como para uma melhor visualização dos resultados, foi criada uma grade regular com células de 2x2 km sobre o espaço das LTM e atribuídas a estas células os valor médio de P_i das LTM nelas espacialmente contidas. O tamanho de células 2x2 km foi adotado baseado na capacidade de voo do mosquito *Anopheles darlingi* (principal vetor da malária ano Brasil) que é entorno de 2 km.

De modo complementar fez-se uma breve análise da população nas áreas identificadas (fonte, sumidouro e estável). Tal análise foi realizada pela sobreposição das áreas identificadas ao mapa de população total e de razão de sexo por setor censitário. Os setores censitários foram agrupados por bairro na área urbana e na área rural os setores tipo ilhas foram agregados ao setor envolvente.

Resultados

A tabela 01 mostra um resumo dos valores de casos de malária notificados para Manaus em 2011.

Tabela 01: Número de casos de malária em Manaus no ano de 2011.

Casos	Por local de provável infecção	Por local de residência
Total	16.821	18.862
Incidentes	14.603	16.340
Autóctones à Manaus	14.282	

A figura 01 apresenta a espacializações das LTM georreferenciadas referentes à Manaus. Algumas LTM pertencem geograficamente ao Município de Rio Preto da Eva. Por resultado de pactuação realizada entre os dois Municípios estas LTM são atendidas pela Vigilância Epidemiológica de Manaus quanto às ações de controle da malária. Portanto serão consideradas como pertencentes ao território de Manaus, sendo incluídas no estudo.

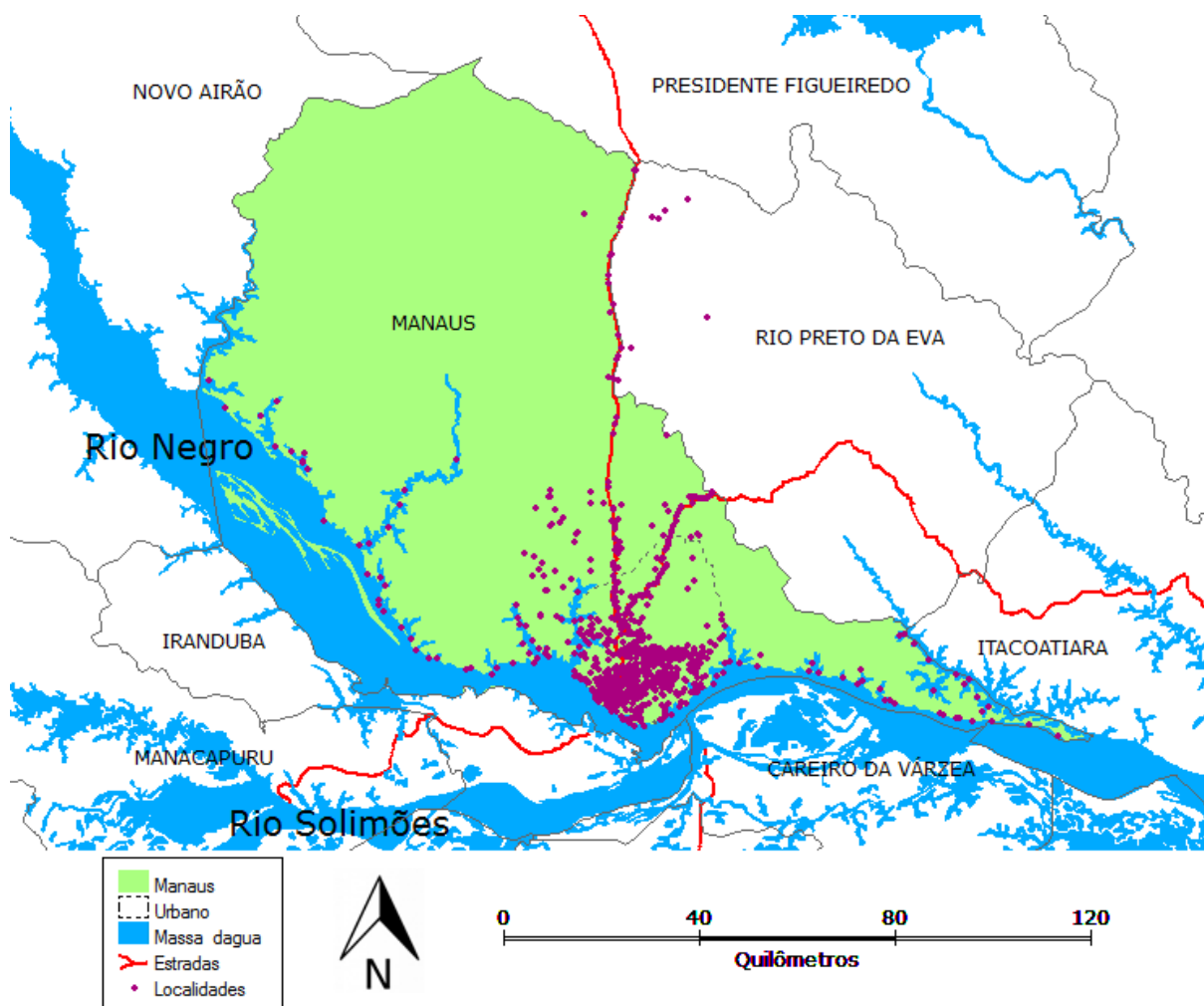


Figura 01: LTM em Manaus.

A figura 02 apresenta as LTM segundo seu potencial de infecção (P_i) e a figura 03 o mesmo atribuído a grade celular 2x2 km.

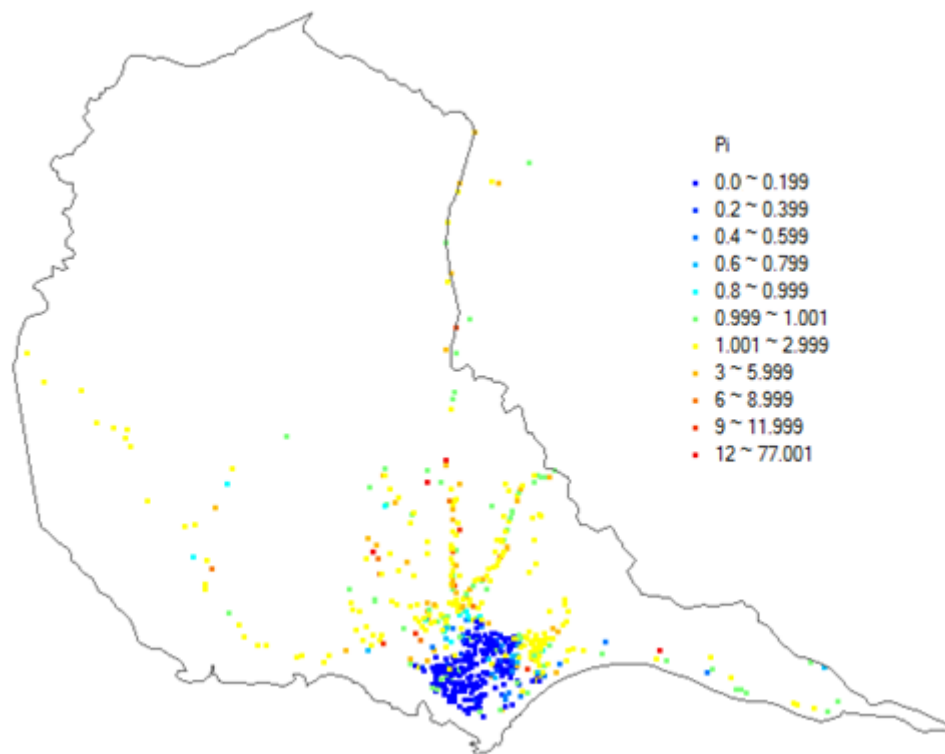


Figura 02: LTM segundo potencial de infecção.

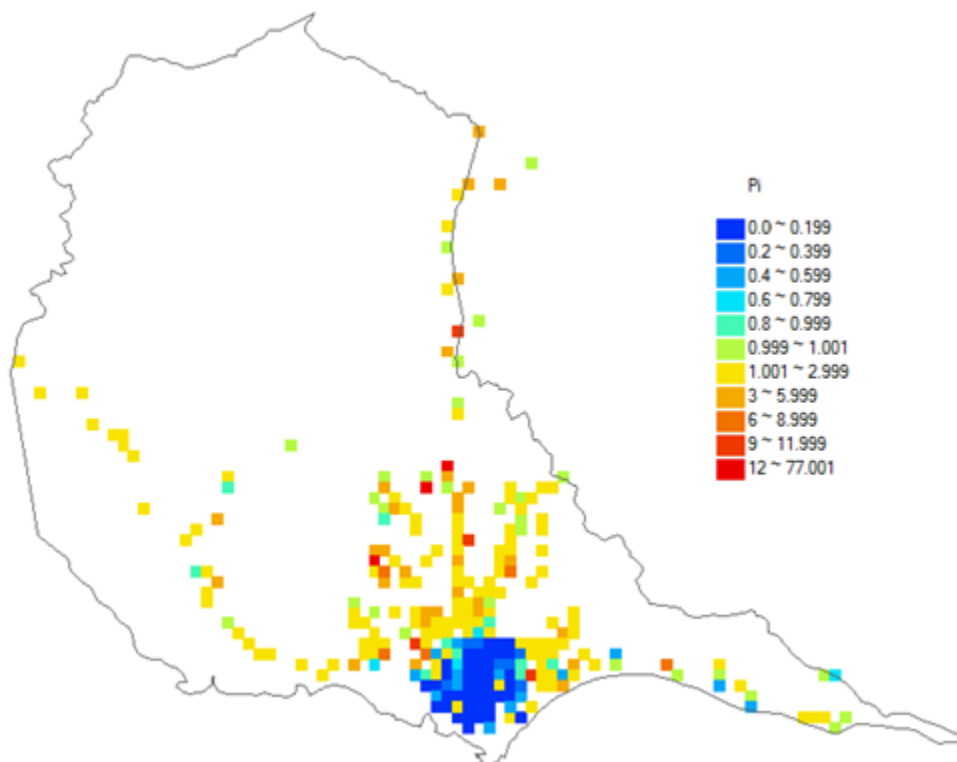


Figura 03: Grade celular segundo potencial de infecção.

A figura 04 apresenta o mapa de população total e as figuras 05, 06 e 07 mostram respectivamente a população para as áreas de infecção fonte, sumidouros e estável.

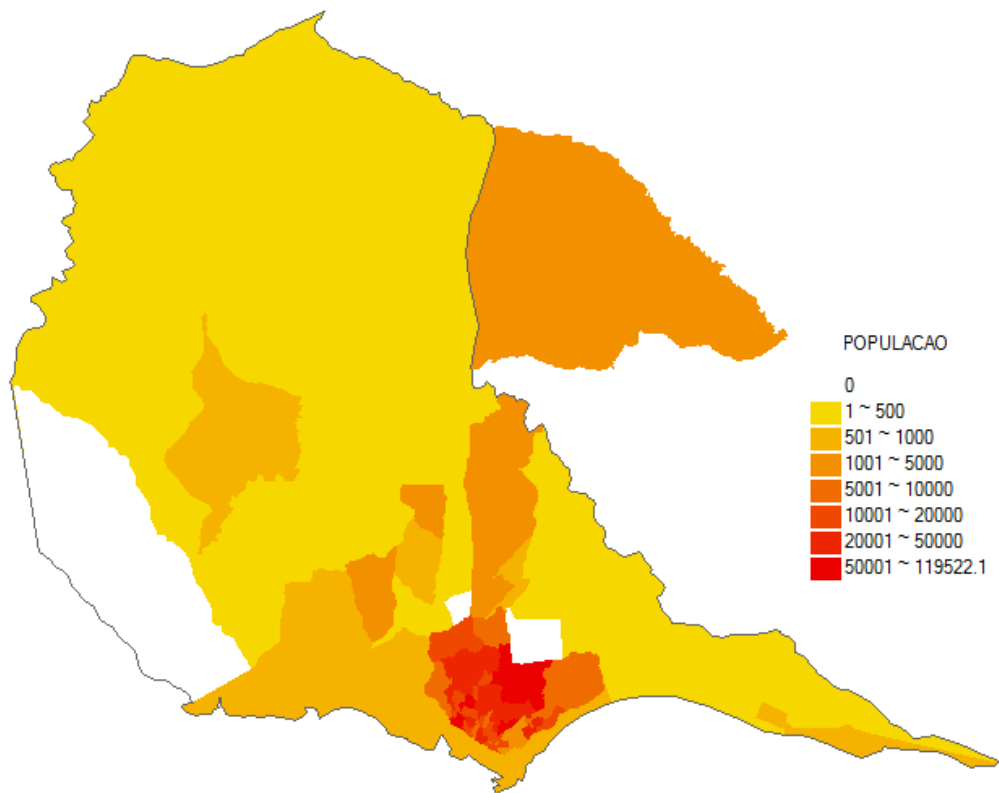


Figura 04: População.

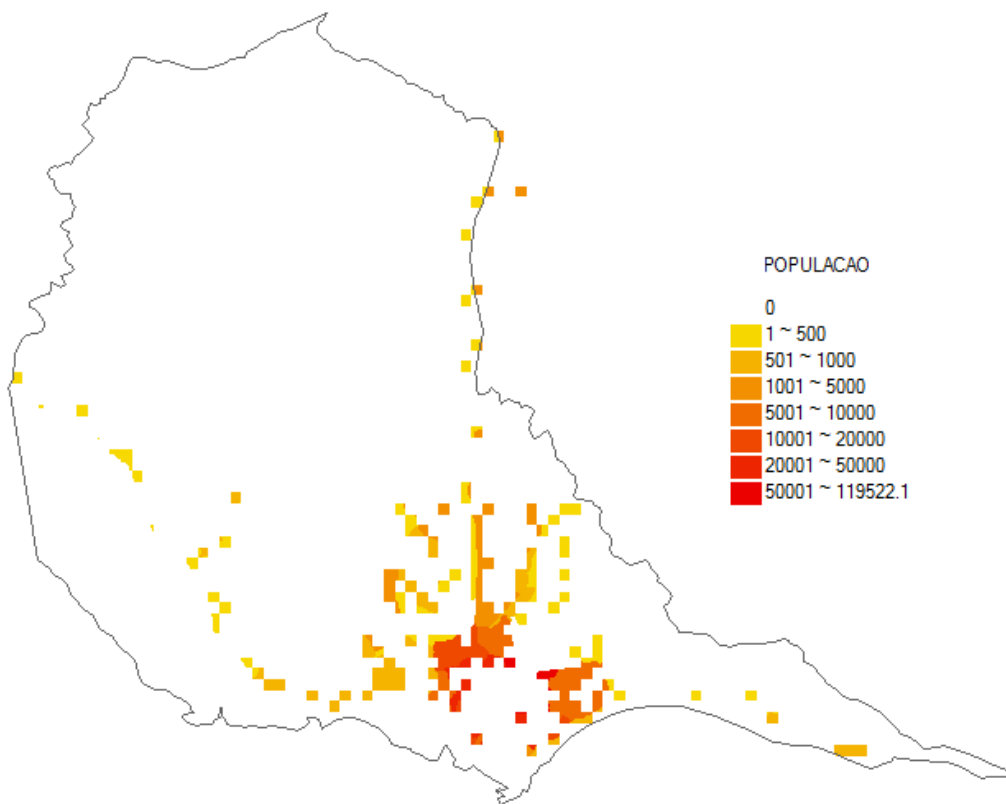


Figura 05: População da área fonte.

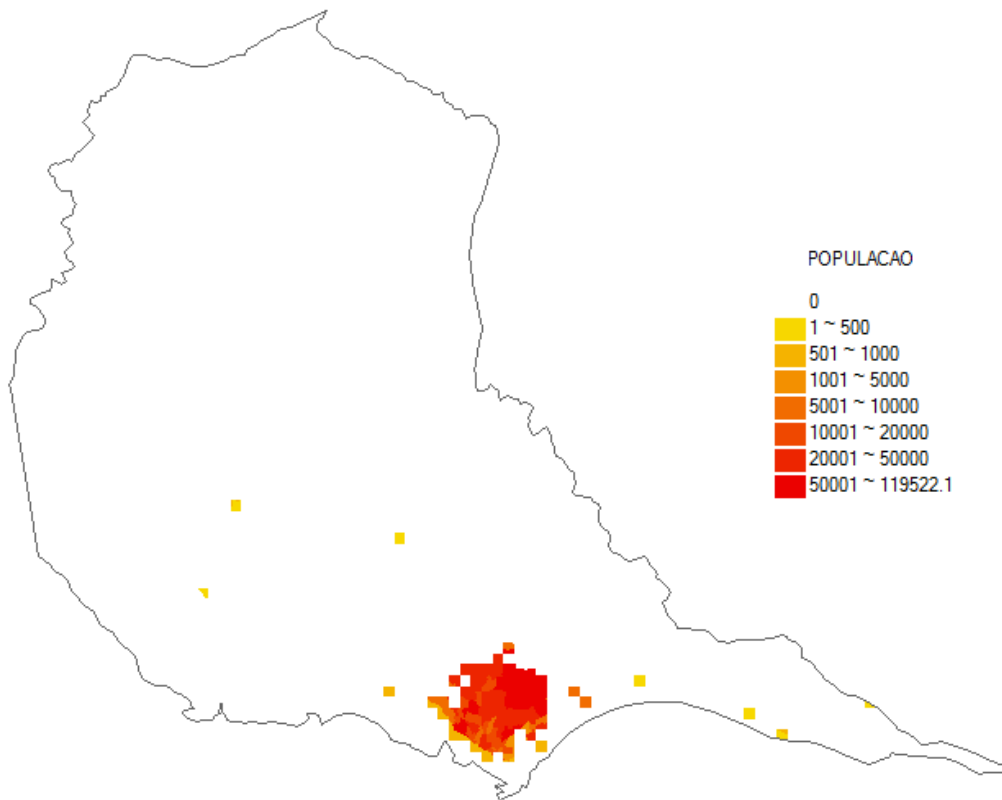


Figura 06: População da área sumidouro.

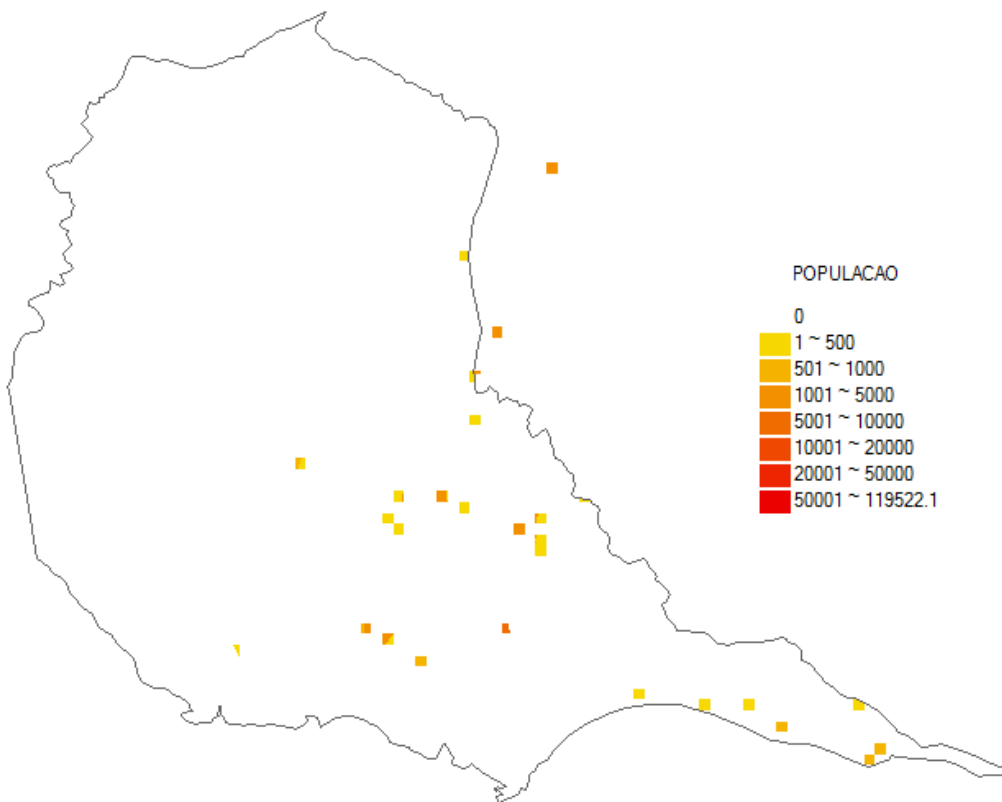


Figura 07: População da área estável.

A figura 08 apresenta o mapa de razão de sexos e as figuras 09, 10 e 11 mostram respectivamente a razão de sexo para as áreas de infecção fonte, sumidouros e estável.

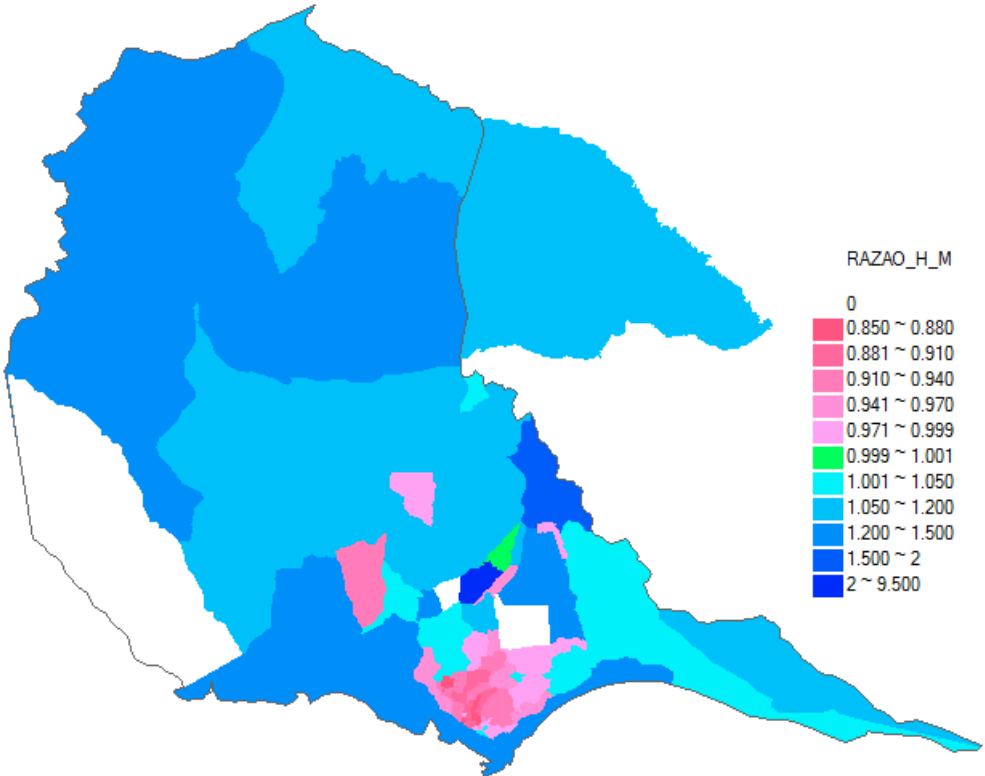


Figura 08: Razão de sexo.

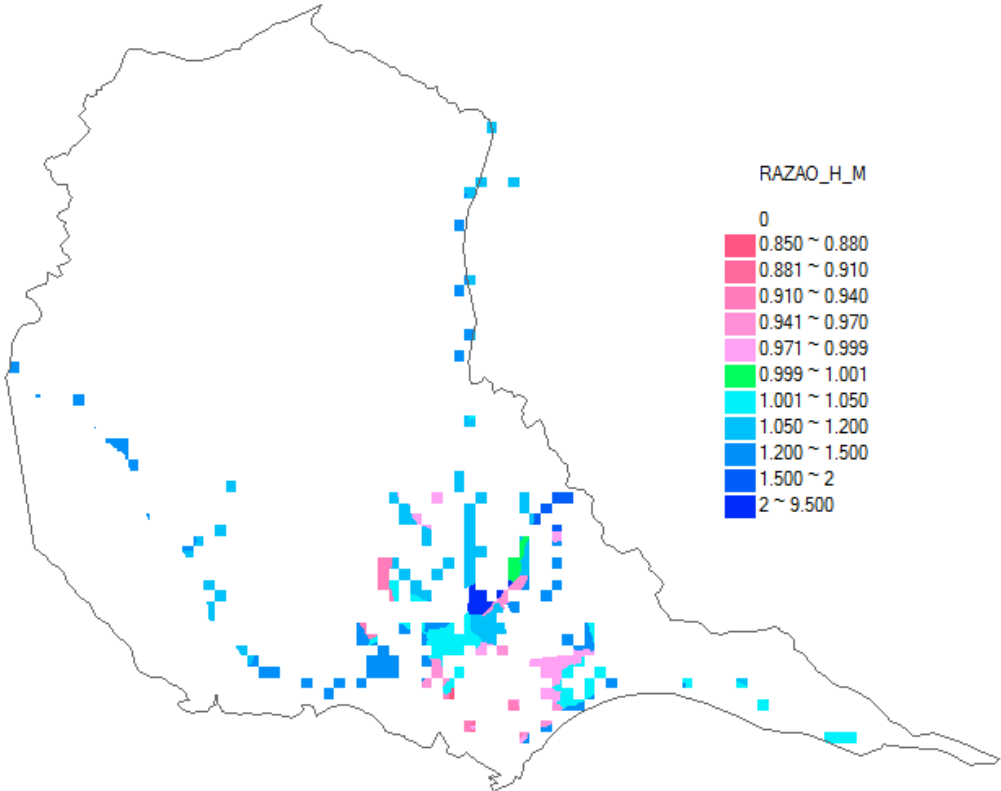


Figura 09: Razão de sexo da área fonte.

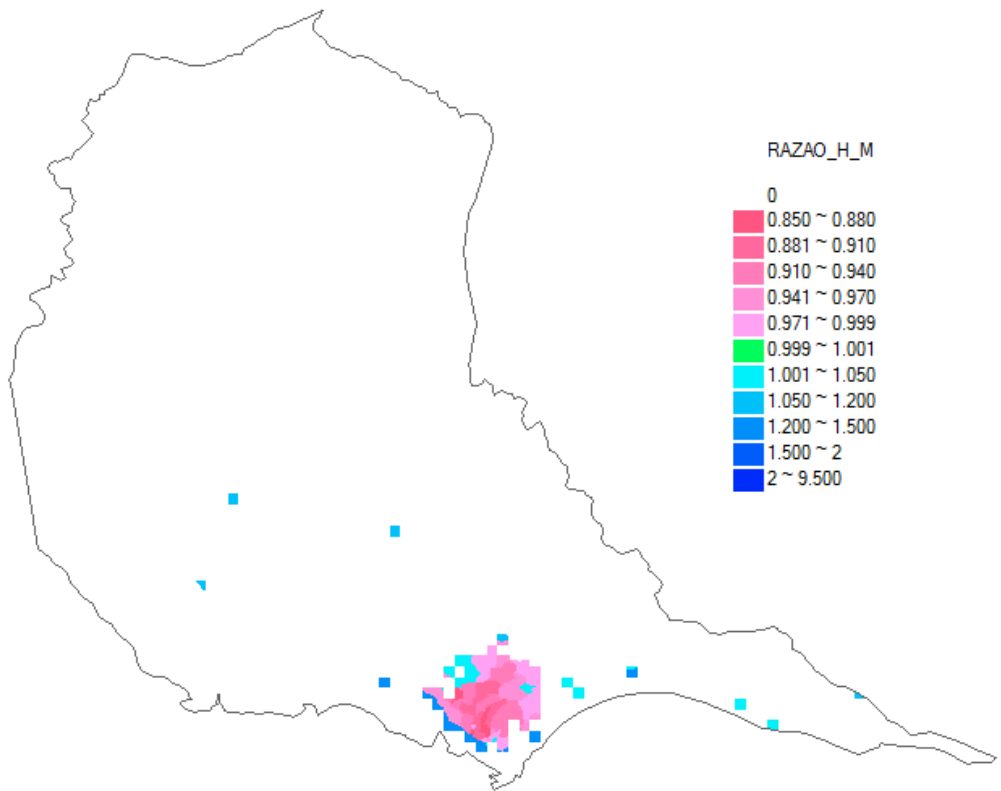


Figura 10: Razão de sexo da área sumidouro.

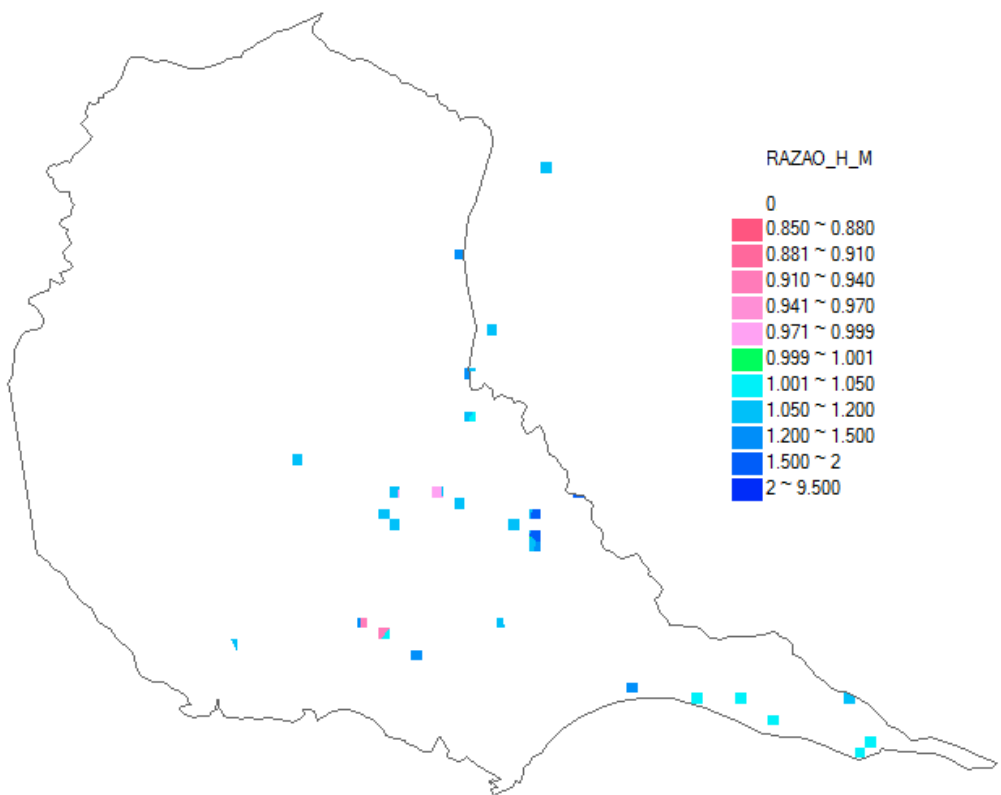


Figura 11: Razão de sexo da área estável.

Discussões

Um número de infecções (C_i) diferente do número de infectados residentes (C_r) indica a existência de infecções não naturais (importadas), ou seja, o indivíduo foi infectado em local diferente do de sua residência. Pode-se afirmar então que o potencial de infecções trata de mensurar as fontes e sumidouros de infecções importadas.

Um número infecções (C_i) maior que de infectados residentes (C_r) indica que ocorreu infecções em não residentes (visitantes), que importaram a infecção para o local de sua residência (a infecção emigra de uma LTM para outra). Enquanto um número de infectados residentes maior que de infecções, indica que residentes importaram a infecção de outro local (a infecção imigra de uma LTM para outra).

Deve se observar que os casos que “emigram” de uma LTM são os mesmos que “imigram” em outra, formando fluxos de disseminação da doença.

Conclusões

Observou-se que as áreas fontes situam-se em grande maioria na área rural, próximo as estradas e as margens dos rios. Sendo que este é o padrão de ocupação populacional da região. Conclui-se que nestas áreas há condições propicias para proliferação do vetor e uma exposição do homem ao mesmo.

Os sumidouros estão agrupados na área urbana da cidade. Este resultado era esperado, pois áreas urbanizadas não apresentam condições propicias para a proliferação dos vetores. Assim a malária tende a se extinguir nessas áreas.

As áreas estáveis foram encontradas em menor número e estão distribuídas pela área rural. Estas áreas são muito incertas quanto sua classificação, podendo facilmente passar para fontes ou sumidouros. Ao se observar sua posição geográfica e padrões populacionais percebe-se que elas semelham-se mais com áreas fonte que com sumidouros. Sendo esta como sua provável verdadeira classificação.

Nos padrões de população observou-se que as áreas fontes possuem menor população que os sumidouros. Portanto são áreas menos urbanizadas e mais propicias a proliferação dos vetores da malária. Enquanto os sumidouros possuem maior população, sendo mais urbanizados e não propicio à proliferação dos vetores. Reforçando o exposto acima.

Para a razão de sexo as áreas fontes possuem um maior percentual de residentes do gênero masculino, enquanto que nos sumidouros encontra-se maior percentual feminino. Normalmente é atribuído ao homem funções laborais de maior exposição aos vetores, coincidindo este conceito com o observado.

A identificação de áreas fontes e sumidouros de malária fornece informações uteis para o planejamento das ações de controle da doença, indicando qual pratica de controle melhor se adequa à cada área.

Outras análises devem ser realizadas para completar este estudo. A análise do fluxo de disseminação da doença seria de grande importância. Outra análise sobre os padrões de paisagem nestas áreas também vem sendo realizada.

Referências

- BARBIERI, A. F. SAWYER, D. O. **Malária nos garimpos do Norte de Mato Grosso: diferenciais na homogeneidade.** X Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Belo Horizonte/MG, 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, 7^o edição. Brasília/DF, 2010.
- DIETZ, K. **Transmission and Control of Arbovirus Diseases.** Society for Industrial and Applied Mathematics, 1975.
- HETHCOTE, H. W. **Mathematical models for the spread of infectious.** Society for Industrial and Applied Mathematics, 1976.
- RANDOLPH, S. E. ROGERS, D. J. **The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions.** Nature Reviews, 2010.
- WESOLOWSKI, A. EAGLE, N. TATEM, A. J. SMITH, D. L. NOOR, A. M. SNOW, R. W. BUCKEE, C. O. **Quantifying the Impact of Human Mobility on Malaria.** Science, 2010.