



RISCO DE MALÁRIA NO ASSENTAMENTO MONTE EM LÁBREA E ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DO DESMATAMENTO

MARIANE CARVALHO DE ASSIS¹

OUTRO, EM ANDAMENTO

RESUMO

A principal área endêmica de malária no Brasil é a Amazônia Legal. Para que ela ocorra é necessária a interação entre três elementos: mosquito vetor, protozoário parasita e hospedeiro humano. Os criadouros preferenciais da espécie *Anopheles darlingi* são coleções hídricas. As paisagens alteradas pelo homem provêm criadouros, formando locais com possibilidade de acumular água. Conhecer a estrutura da paisagem nesses ambientes pode ajudar a entender sua contribuição para formação do risco de malária. Esse trabalho propõe construir um risco local de malária no assentamento Monte, sul de Lábrea, Amazonas. Informações censitárias, epidemiológicas e ambientais são integradas e é gerado um risco local em 2005 e 2008. Após conhecer esse risco é necessário conhecer a estrutura da paisagem, através de métricas da paisagem. Feito isso, é realizada uma análise exploratória da relação entre a estrutura da paisagem com áreas de risco no assentamento. Os primeiros resultados indicam que o processo de desmatamento continua ativo, mas o risco de malária em 2008 converteu-se para médio ou baixo. Esse resultado indica que nos primeiros estágios de transformação do espaço natural em espaço construído, que as condições ambientais resultantes se mostram mais propícias ao estabelecimento do ciclo da malária. Dado que nesse período ocorrem maiores transformações ambientais, que pode propiciar ambientes para o vetor, entrada de pessoas, e aumentar o contato entre esses elementos. Esse trabalho visa contribuir com a discussão entre malária e desmatamento através de uma abordagem utilizando métricas e quantificando o processo de desmatamento no assentamento numa escala intramunicipal.

Palavras-chave: *Anopheles darlingi*; Espaço Celular; IPA; Métricas da Paisagem.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do ciclo malarígeno depende das características naturais do ambiente, que favorecem a proliferação do agente infeccioso causador da doença que reside nos corpos dos mosquitos (*Plasmodium*), da presença do homem, cujo sangue serve de alimento ao vetor do gênero *Anopheles* que transmite a doença (BARBIERI, 2001). O principal vetor da malária no Brasil é o *Anopheles darlingi*. Na Amazônia, esse vetor é o que melhor e mais rapidamente se beneficia das alterações que o homem produz no ambiente silvestre (CONSOLI; LOURENÇO, 1994). Essa espécie é encontrada no ambiente floresta e em locais próximos a frentes recentes de desmatamento, nas bordas entre o ambiente floresta e o ambiente modificado pela ação do homem. Os criadouros preferenciais para o desenvolvimento das formas imaturas são as margens das grandes coleções hídricas como lagoas, açudes, represas, igarapés, bolsões formados nas curvas dos rios (DEANE *et al*, 1948; CONSOLI; LOURENÇO, 1994). As paisagens alteradas pelo homem provêm criadouros adequados para as larvas dos mosquitos, formando locais com possibilidade de acumular água no solo. Somado a isso, nessas áreas

¹ Geógrafa, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial B do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, mariane@dpi.inpe.br



de encontro, há o recente contato entre o homem suscetível e o vetor da malária. Tanto o ambiente natural quanto o ambiente modificado pela ação humana desempenham um importante papel na proliferação e manutenção do *An. darlingi* e consequentemente na disseminação da malária (TADEI, 1998).

A partir do conhecimento do ciclo de transmissão da doença, das interações e das características dos elementos que compõem esse ciclo é possível pensar a malária no contexto dos estudos ecológicos (ASSIS, 2011; LAMBIN, 2010; PAVLOVSKI, 1966; WILSON, 2007). Uma vez que esses estudos tratem dos processos saúde-doença a partir da observação da paisagem natural. O estudo dessa paisagem inclui a caracterização do lugar da ocorrência e seu papel no ciclo de transmissão e na compreensão dos mecanismos de produção da doença. A análise da paisagem permite um melhor entendimento das interações entre as mudanças nos ecossistemas e clima, uso da terra e os elementos do ciclo de transmissão, como características do comportamento humano e da ecologia dos vetores nessa paisagem (LAMBIN, 2010).

Desse modo, através do melhor conhecimento sobre o lugar de ocorrência do caso e dos fatores sociais e ambientais condicionados por aqueles espaços de vida, é possível caracterizar a distribuição espacial da malária e compreender, pelo menos em parte, sua dinâmica de produção. A partir desse contexto, o presente estudo propõe realizar uma análise temporal da estrutura do desmatamento e realizar uma análise exploratória da sua relação com as áreas de risco de malária no assentamento Monte ao sul do município de Lábrea, estado do Amazonas nos anos de 2005 e 2008.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

No estado do Amazonas, principalmente na região fronteira com Rondônia e Acre, o município de Lábrea vem sofrendo forte pressão da fronteira agrícola e conseqüente alteração da cobertura vegetal original e entrada de inúmeros indivíduos susceptíveis (Meira *et al.*, 1980; Tadei *et al.*, 1988). Nessa região está localizado o assentamento Monte (Figura 1). Esse assentamento teve seus primeiros casos de malária notificados pelo serviço de saúde a partir de 2005. Com mais de 1.610 casos de malária no primeiro ano. De acordo com esses dados, com os dados de população disponíveis pelo IBGE e com os dados de desmatamento do

PRODES é possível inferir que essa área teve sua ocupação intensificada entre os anos de 2004 e 2005. Essa área é uma das grandes responsáveis pela dinâmica de alteração da cobertura vegetal do município que é contínua até os dias de hoje, a taxa de desmatamento no município é a maior do estado do Amazonas, em torno de 3044.3 km² de área desmatada até o ano de 2008 (PRODES/INPE).

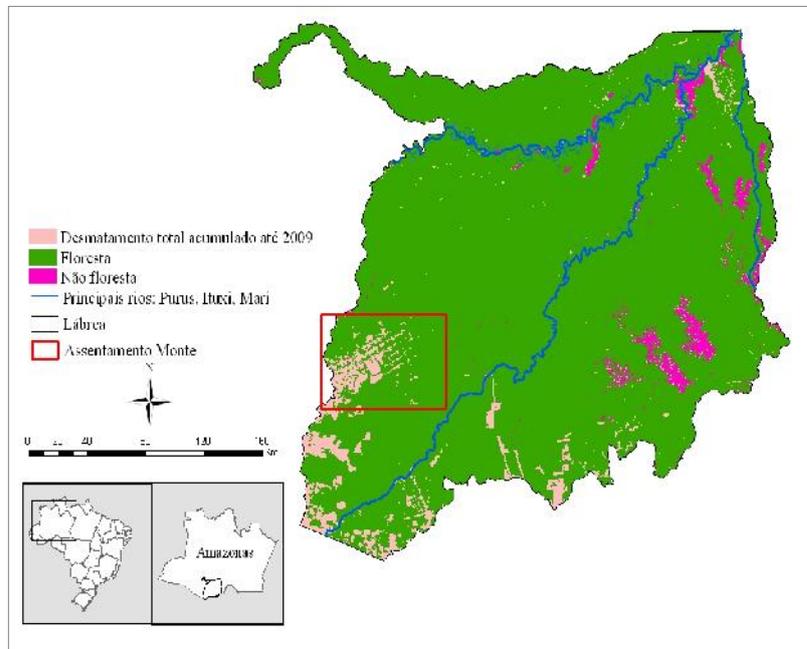


Figura 1: Localização do assentamento Monte ao sul do município de Lábrea.

CONSTRUÇÃO DO RISCO DE MALÁRIA

Compreendendo a necessidade de constante aperfeiçoamento do Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (PNCM), a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS) implantou, no ano de 2003, o Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária) na Região Amazônica. Para o PNCM a determinação de áreas de risco de transmissão da malária utiliza um indicador conhecido como *Incidência Parasitária Anual* (IPA). O IPA é um índice de positividade de malária que expressa o número de exames positivos por mil habitantes em determinado local e período (ROZENFELD, 2000).

Os graus de risco são classificados em alto risco (IPA₅₀/1.000 hab.), médio risco (IPA entre 10 a 49/1.000 hab.) e baixo risco (IPA < 10/1.000 hab.). Esse coeficiente de incidência é calculado e fornecido para os agentes, gestores e pesquisadores em saúde pública na escala estadual, municipal e local. Para a incidência local uma das dificuldades encontradas em gerar o IPA é a determinação da população da área. Partindo dessa premissa, para a realização desse trabalho é necessário construir um modelo de distribuição espacial potencial da população, ou



seja, uma estimativa de população exposta e a partir desse modelo gerar a incidência parasitária anual adaptada atuando como uma medida de risco a malária em uma escala intramunicipal, através de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para o assentamento Monte em Lábrea (ASSIS *et al.*, 2011; ASSIS, 2011).

Para o modelo de distribuição espacial da população é necessário definir variáveis indicadoras condicionantes de presença de população. Na região amazônica a presença de estradas, rios, condições do terreno, núcleos urbanos e atividades de desmatamento são fatores que indicam a presença humana (AMARAL, 2003). Utilizaram-se os dados de estradas fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a malha hídrica pela Agência Nacional de Águas (ANA), núcleos urbanos pelo SIVEP-Malária/MS, a cobertura florestal pelo Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dados de vertente processados a partir da aplicação do algoritmo de compartimentação do terreno em ambientes: *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) baseado nos dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) (RENNÓ *et al.*, 2008). Por fim os dados de habitantes foram obtidos a partir da Contagem Populacional de 2007 realizada pelo IBGE. O registro de casos de malária de 2005 e 2008 foi obtido da base de dados informatizada do SIVEP-Malária. O dado utilizado foi o resumo epidemiológico por local provável de infecção, contendo o número de casos positivos de malária.

Para conhecer o risco de malária no assentamento numa escala intramunicipal a principal decisão foi trabalhar todas as variáveis indicadoras de presença de população e de ocorrência de malária em um espaço celular. A vantagem de sua utilização é que a um mesmo plano celular podem estar associadas diversas informações onde todas as variáveis de entrada são integradas (AGUIAR *et al.*, 2008). Um espaço celular é composto por um conjunto de células com resolução definida. Utilizou-se uma resolução de $[2 \times 2] \text{km}^2$, a qual está relacionada à média do alcance do vôo do mosquito da espécie *An. darlingi* (DEANE *et al.*, 1948). Após a criação inicia-se a aplicação do método multivariado desenvolvido por Amaral (2003), que utiliza dados auxiliares para a criação de um modelo de redistribuição da população. Para tal é necessário definir um modelo conceitual formal que descreva os fatores condicionantes da presença da população na região. O preenchimento de cada célula é feito com as variáveis de interesse da base de dados, através de operadores de síntese.



Para as variáveis estradas, rios, núcleos urbanos e vertente o operador utilizado foi distância mínima. Para cobertura florestal utilizou-se o operador porcentagem da classe. Passou a ter um espaço celular da área de estudo com uma tabela associada com diversos atributos para cada célula. A partir desses atributos é possível obter a contribuição relativa das variáveis preditoras e a relação entre elas com uso de inferência *Fuzzy* (MEIRELLES, 1997) e, após a aplicação de um método de interpolação multivariado para redistribuição dos habitantes do setor censitário, cada célula terá proporcionalmente um potencial de ocorrência de população definido pelas variáveis indicadoras. Desta forma, a densidade de população inicialmente representada nos limites dos setores censitários (poligonais), foi redistribuída em células de acordo com as relações definidas entre as variáveis indicadoras da presença da população, definindo o modelo de distribuição espacial potencial da população, uma estimativa de população exposta ao risco de malária no assentamento.

A partir dessa estimativa de população exposta foi possível gerar o IPA adaptado local para a área de estudo. O método utilizado foi o mesmo do modelo de população. As variáveis foram selecionadas por estarem relacionadas com a dinâmica da doença na região amazônica, pois se sabe que a presença de estradas implica em importantes alterações na cobertura vegetal para abertura das mesmas e exercem forte atrativo populacional nas suas margens, o que pode facilitar a transmissão da doença. Os rios são utilizados pela espécie *An. darlingi* para procriação, cerca de $\frac{3}{4}$ do ciclo de vida do mosquito é no ambiente aquático expondo a população que está fixada em suas margens ao vetor. Os núcleos urbanos é a localização real das localidades coletadas pelos guardas durante visita em campo, onde é observada maior aglomeração de pessoas.

A densidade de número de casos foi redistribuída em células de acordo com as relações definidas entre as variáveis indicadoras. A partir disso foi possível empregar a fórmula do coeficiente de incidência para gerar o modelo de distribuição espacial da incidência de malária - IPA adaptado local. O processamento dos dados foi feito no programa TerraView 3.5 através do *plugin* de células disponibilizado pelo INPE.

ANÁLISE TEMPORAL DO DESMATAMENTO

Para a análise temporal do desmatamento ocorrido no assentamento Monte utilizou-se os dados gerados pelo PRODES. Para a caracterização temporal inicial



do desmatamento foram coletados e manipulados os *shapefiles* dos anos de 2003 a 2008. Excluiu-se as classes floresta, hidrografia, nuvens e não floresta, permanecendo apenas a classe desmatamento para análise de sua estrutura através de métricas da paisagem no *software GeoDMA, Geographical Data Mining Analys* (KORTING et al., 2008). Dentre as métricas calculadas, optou-se por discutir quatro métricas. Sendo elas: uma de forma que é a densidade de borda (ED), outra de tamanho que é o tamanho médio dos polígonos de desmatamento (MPS) e mais duas de área, que são a área de desmatamento total por célula e o cálculo do desmatamento total por área de risco (CA) e o mesmo para porcentagem da classe desmatamento (PercentLand). Essas métricas foram escolhidas para análise, pois a partir delas é possível conhecer o processo de desmatamento ao longo do tempo na área de estudo, se ainda há desmatamento ocorrendo, quantificá-lo por célula e por área de risco, identificar a densidade de bordas que é um indicador da paisagem importante considerando a característica do vetor. Segundo revisão da literatura é nesse ambiente de contato entre a classe desmatamento e a classe floresta que o vetor pode se procriar, devido à criação de ambientes propícios com acúmulo de água no solo.

A hipótese implícita para utilização dessas métricas é que apesar do processo de desmatamento continuar ocorrendo na região, o risco de malária após alguns anos de implementação do assentamento tende a diminuir. Os primeiros anos são mais importantes para estabelecimento da epidemia e alto risco da doença, pois é nesse período que há grande alteração da cobertura vegetal, criação de ambientes propícios, entrada de grande contingente de pessoas, muitas vezes em situações precárias e com isso há um maior contato entre o vetor e o homem.

Após conhecer o risco de malária nos anos de 2005 e 2008, utilizou-se o limite dos riscos para análise do desmatamento dos mesmos anos segundo o risco, podendo ser alto, médio ou baixo. Para comparação entre os valores obtidos por área utilizou-se a mediana. Dentre as estatísticas possíveis, a mediana é utilizada para a comparação entre fenômenos de mesmo tipo. A mediana é o valor que ocupa exatamente o meio de uma série de termos dispostos em ordem crescente ou decrescente; o primeiro quartil e o terceiro quartil abrangem 25% e 75% respectivamente dos termos da série de valores (MOREIRA, 1968).

RESULTADOS E DISCUSSÕES



DISTRIBUIÇÃO DO RISCO DE MALÁRIA

Após conhecer a distribuição espacial da população por célula e aplicar a fórmula do coeficiente de incidência foi possível conhecer a distribuição espacial do risco de malária em 2005 e 2008 (Figura 2). Em 2005, o primeiro ano com notificação de casos de malária o risco apresentou-se alto e em 2008, após 3 anos da notificação dos primeiros anos nota-se que houve conversão de alto risco para médio, baixo e áreas sem risco. Em 2008, 76 células que eram alto risco passaram a ser baixo risco, 58 para médio risco e 108 para áreas sem risco de malária.

RISCO DE MALÁRIA E ANÁLISE TEMPORAL DA ESTRUTURA DO DESMATAMENTO

Somado a notificação dos primeiros casos de malária e aos dados populacionais do IBGE, o dado de desmatamento também contribui com a inferência de o assentamento ter sido densamente ocupado entre 2004 e 2006. Com a análise do desmatamento total acumulado na série temporal de 2003 a 2008 é possível concluir que a cada ano há abertura de novas áreas, no período de 2003 a 2006 houve um incremento em área desmatada de 277,24 Km² e entre 2007 e 2008 de 70,18 Km².

Ao olhar para a estrutura do desmatamento nas áreas de risco de malária nos anos de 2005 e 2008, observa-se que em 2005 nas células de alto risco o desmatamento total acumulado era de 403,6 Km² e após a conversão dessa área para médio e baixo risco o desmatamento total acumulado foi de 282 Km² no médio risco e 289 Km² no baixo risco. Com um incremento de 167,4 Km² de desmatamento distribuído nessas áreas. Quanto à porcentagem do desmatamento, em 2005 a área de alto risco concentrava na mediana 33% de desmatamento nas células. Em 2008 esse valor passou para 40% no baixo risco e 47% no médio risco (Figura 2). A mediana da área de desmatamento por célula calculada foi de 1,32 Km² em 2008, 1,62 Km² em 2005 no baixo risco e 1,9 Km² no médio risco.

Com base nessas métricas é possível concluir que o processo de desmatamento continuou na área durante o período de estudo. Visto que houve aumento da área desmatada por célula, aumento da porcentagem e incremento do desmatamento na região. Houve uma maior intensificação nas áreas de médio risco, o que pode ter contribuído com o estabelecimento desse quadro epidemiológico,

enquanto na área de baixo risco a situação apesar de intensificada, aconteceu numa grandeza inferior.

O tamanho médio dos polígonos do desmatamento no baixo risco diminuiu 0,1 Km² se comparado ao ano de 2008, e no médio risco manteve-se constante em 0,20 Km². Outra medida importante, que pode ter contribuído para o estabelecimento do médio risco nessas células foi a densidade de borda que foi de 39 m/ha em 2008, e na região do baixo risco foi de 33 m/ha. Essa densidade de borda pode criar novas áreas para procriação do vetor da malária e aumentar a dimensão do contato entre o vetor e o homem.

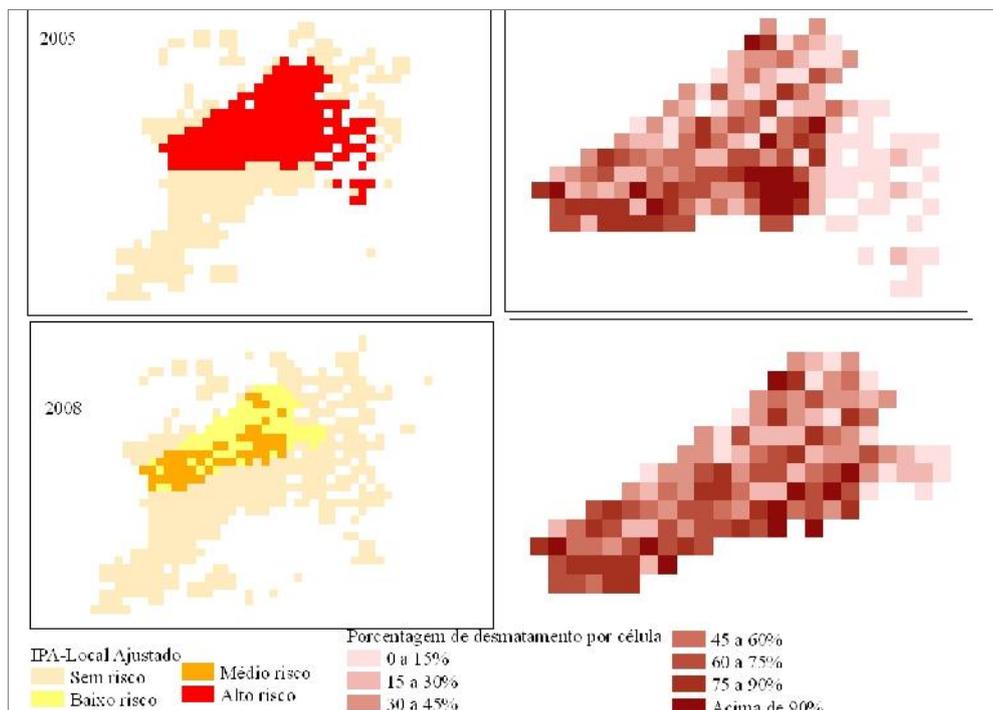


Figura 2: Distribuição espacial do risco de malária no assentamento Monte em 2005 e 2008 e a distribuição da porcentagem de desmatamento por célula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Importante ressaltar que apesar do processo de desmatamento continuar ativo no assentamento, o risco de malária converteu-se para médio ou baixo, o que pode corroborar com os apontamentos de ASSIS, 2011; CASTRO; SINGER, 2007; MONTE-MÓR, 1985; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992, de que é exatamente nos primeiros estágios de transformação do espaço natural em espaço construído, que as condições ambientais resultantes se mostram mais propícias ao estabelecimento do ciclo da malária humana. Dado que é nesse período que ocorrem as maiores transformações ambientais, o que pode propiciar ambientes para o vetor, entrada de pessoas, e com isso aumentar o contato entre esses elementos. Após os anos



iniciais de transformação outros fatores passam a ter maior contribuição com o risco de malária como aspectos comportamentais e econômicos da população. Castro *et al*, 2006 dividiu o que aconteceu no projeto de assentamento Machadinho em Rondônia em 3 fases de acordo com os anos do projeto e a incidência da malária. A primeira fase considerada epidêmica é onde surgem os primeiros casos e dura 3 anos, a segunda fase é a transição, onde há diminuição da incidência e dura 5 anos e a fase seguinte é chamada de endêmica, onde a malária tende a se estabelecer com incidência baixa ou sem risco. Aproximando esse resultado do que foi encontrado nesse trabalho, é possível afirmar que entre 2004 a 2006 o projeto de assentamento Monte viveu a primeira fase com alto risco de malária, entre 2007 e 2008 o projeto viveu um momento de transição, apresentando médio e baixo risco de malária.

Os autores citados acima, apesar de sua relevante contribuição para a discussão entre o desmatamento e a malária não apresentaram valores que ilustrem que o processo de desmatamento continua ocorrendo e a comparação desse processo ativo com o risco de malária nessa escala intramunicipal. Nesse sentido, esse trabalho visa contribuir com essa discussão através de uma abordagem utilizando métricas e quantificando o processo de desmatamento no assentamento Monte ao sul de Lábrea em uma escala intramunicipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.P.; ANDRADE, P.R.; FERRARI, P.G. **Preenchimento de células**. São José dos Campos. INPE/DPI. Publicação Interna. 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~anapaula/plugin_celulas/help.pdf>. Acesso em: dezembro de 2010.

AMARAL, S. A. **Geoinformação para estudos demográficos: representação espacial de dados de população na Amazônia brasileira**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003.

ASSIS, M.C. **Abordagens espaciais para caracterização dos condicionantes socioambientais associados ao risco de malária em novas fronteiras na Amazônia: o caso de Lábrea, Amazonas**. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.05.13.31?languagebutton=pt-BR&searchsite=bibdigital.sid.inpe.br:80>> Acesso em julho de 2011.

ASSIS, M.C.; GAVLAK, A.A.; MONTEIRO, A.M.V. **Risco potencial local de malária e sua distribuição em Lábrea, Amazonas**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

BARBIERI, A.F. **População, saúde e uso da terra: avaliação da prevalência de malária em um região da Amazônia brasileira**. In.: XXIV General Population Conference in Salvador de Bahia, 2001. Disponível em: <www.abep.nepo.unicamp.br/iussp2001/.../GT_Pop_Amb_Barbieri_Text.pdf>. Acesso em julho de 2011.

CASTRO, M.C.; MONTE-MOR, R.L.; SAWYER, D.O.; SINGER, B.H. Malaria risk on



the Amazon Frontier. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 103, 2452–2457, 2006.

CASTRO, M.C., SINGER, B.H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. **Revista Brasileira de Estudos Poulacionais**.v. 24, p. 247-262, 2007.

CONSOLI, R.A.G.B., LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. P. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**, 1st Ed., Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1994.

DEANE, L.M., CAUSEY, O.R., DEANE, M.P. Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões Nordeste e Amazônicas do Brasil. *Rev Serv Espec Saúde Públ.* v.1, p. 827-965, 1948.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES/INPE**: projeto de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: abril de 2011.

KORTING, T. S.; FONSECA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; CÂMARA, G. **GeoDMA- Um sistema para mineração de dados de sensoriamento remoto**. XV Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 2009.

LAMBIN, E. et al. Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. **International Journal of Health Geographics**, v. 9, p. 54, 2010.

MEIRELLES, M.S.P.M. **Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento – uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos**. Tese de Doutorado. UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.

MONTE-MÓR, R.L.M. Malária e meio ambiente na Amazônia brasileira. In: Seminário Latino-Americano sobre população e saúde, Campina. **População e Saúde**. UNICAMP.v.1, p. 312-328, 1986.

MOREIRA, J.S. A. **Elementos de estatística**. São Paulo: Editora Atlas, 170 p., 1968.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469–3481, 2008.

PAVLOVSKY, E.N. **Natural nidity of transmissible diseases**. Urbana, Ill.: University of Illinois Press, 1966.

ROZENFELD, S.(org.) **Fundamentos da vigilância sanitária**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p.304, 2000.

SAWYER, D.O.; MONTE-MÓR, R.L. Malaria prevalence and environmental factors in early stages of settlement project. In: **Pan American Health Organization**, Brasília, 1992.

SIVEP-Malária/MS. Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica – Notificação de Casos. Disponível em: http://portalweb04.saude.gov.br/sivep_malaria/default.asp. Acesso em março de 2010.

TADEI, W.P. et al. Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. **American Journal of Tropical Medicine & Hygiene**, v. 59, p. 325-335, 1998.

WILSON, M.E. Towards better world. **Infectious diseases: an ecological perspective**. v. 311, p. 1681, 2007.