

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS FATORES SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS À INCIDÊNCIA DE MALÁRIA NO ALTO PURUS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

MARIANE CARVALHO DE ASSIS¹

¹*Divisão de Processamento de Imagem - DPI
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
mariane@dpi.inpe.br*

RESUMO: A malária no Brasil se concentra na Amazônia Legal, 99,7% dos casos, e é considerado o principal problema de saúde pública dessa região. O alto Purus é composto por treze municípios no estado do Acre, é uma região bastante degradada ambientalmente e caracterizada pela presença de assentamentos rurais e com crescente elevação da incidência de malária em comparação as demais regiões da Amazônia. Visando analisar a intensidade da incidência de malária entre os anos de 2003 a 2006, através do método de Kernel, observou-se que há uma variabilidade da incidência de malária em toda a região do alto Purus. Através da análise espaço-temporal fatores como presença de assentamento rural e proximidade de estradas podem estar associados a diferentes níveis de intensidade de incidência de malária. Indicando que não é possível realizar um mesmo tipo de planejamento de controle para o alto Purus, pois a dinâmica da malária é bastante heterogênea.

Palavras-chave: IPA, Malária, Método de Kernel.

1. INTRODUÇÃO

A malária é uma das doenças tropicais mais incidentes no mundo. Cerca de 40% da população mundial vive em áreas com risco de transmissão de malária, resultando em cerca de 300 milhões de pessoas infectadas no mundo a cada ano. Essa doença caracteriza-se por desencadear acessos periódicos de febres intensas que debilitam profundamente o doente. A malária provoca lesões no fígado, no baço e em outros órgãos, além de anemia profunda devido à destruição maciça dos glóbulos vermelhos que são utilizados pelo protozoário parasita do gênero *Plasmodium* para reproduzir-se. Há quatro espécies que infectam o homem: *P. falciparum* (que causa a forma mais grave da doença), *P. vivax* (predominante no Brasil), *P. ovale* (ocorre apenas no continente Africano) e *P. malariae*. O *Plasmodium* é transmitido ao homem pelo vetor anofelino (mosquito do gênero *Anopheles*), como a espécie *Anopheles darlingi* (predominante no Brasil). Só as fêmeas destes mosquitos que transmitem a doença, pois são hematófagas.

Caracteriza-se como uma doença complexa, pois para que ela ocorra é necessário à interação de três elementos: o parasita, o vetor e o hospedeiro humano. Sendo que a dinâmica sócioambiental está presente e exerce forte influência na relação entre o vetor e o homem.

Desse modo através do melhor conhecimento do território, da distribuição espacial dos casos notificados e a influência sócio-ambiental na distribuição da malária, servirá de subsídios para políticas públicas mais eficazes de prevenção e controle. Para isso as ferramentas de geoprocessamento têm sido utilizadas amplamente.

Devido a estas características, essas ferramentas, em especial o Sistema de Informações Geográficas (SIG), podem tornar-se não somente um instrumento para a análise espacial dos dados, mas igualmente para o controle da informação, o que é extremamente útil para a tomada de decisão nos estudos de epidemiologia e de saúde (CAMARA e MONTEIRO, 2001 e GRAHAM *et al.*, 2004). As tecnologias de geoprocessamento estão sendo empregadas para incrementar o estudo de padrões espaciais e temporais de doenças. As quais podem ser usadas para complementar o monitoramento convencional, além de possibilitar uma forma de estudar as relações complexas da dinâmica da doença com fatores ambientais determinantes (CRINGOLI *et al.*, 2005). Tal fato significou um importante avanço qualitativo na pesquisa em disciplinas básicas da saúde pública (CARVALHO *et al.*, 2000 e KISTEMANN *et al.*, 2002).

Segundo Marques (1994), a malária, assume a partir da década de 80 uma característica focal de transmissão na região amazônica, particularmente relacionada com a exploração das riquezas minerais em garimpos abertos e com a ocupação de terras para a formação de pólos agrícolas e novos assentamentos em áreas da Região Norte do país, antes cobertas pela floresta amazônica. Estabelecendo então um grave problema de saúde pública na região.

Portanto, no Brasil o risco de transmissão da malária não é uniforme, a área endêmica é a Amazônia Legal, composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão. Sendo que entre os estados pertencentes à Amazônia Legal, o Acre e o Amazonas, nos quais está localizada a bacia do

rio Purus, vêm apresentando desde 2005 os maiores Índices Parasitários Anuais (IPA)¹ (SVS, 2007). A bacia do rio Purus é ainda pouca antropizada, e apresenta-se em patamares superiores em termos de conservação de ambientes naturais. Atualmente, a região de interface entre a porção leste do estado do Acre e a divisa com o Amazonas é cenário de expansão de fronteira agrícola, a partir da logística dada pelas rodovias BR-364, BR- 319 e BR-230. É nesta região que se concentra o impacto da ocupação na bacia.

Sendo que o alto Purus, porção acreana da bacia, é uma região bastante degradada ambientalmente e caracterizada pela presença de assentamentos rurais e com crescente elevação da incidência de malária em comparação aos demais setores da bacia. A doença nessa região se apresenta fortemente relacionada com as alterações da cobertura vegetal decorrentes da expansão da fronteira agrícola além da dinâmica populacional. Desse modo, torna-se necessário uma análise mais focada nessa região afim de melhor compreender esses fenômenos. Portanto o alvo de estudo desse trabalho se limita à área corresponde ao alto Purus.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O alto Purus, área de estudo desse trabalho é constituinte da bacia do rio Purus, a qual corta os estados do Acre e Amazonas. Em função da dinâmica sócio-ambiental e da morfologia fluvial, adotou-se a divisão da bacia em três trechos: o alto Purus (compreendendo a porção acreana da bacia), o médio Purus (porção sul da bacia no estado do Amazonas) e o baixo Purus (na parte mais próxima à foz, onde o rio cruza os municípios amazonenses de Tapauá, Anori e Beruri) (Figura 1).

¹ O Índice Parasitário Anual (IPA) é o número anual de casos positivos de malária dividido pelo número de habitantes locais e multiplicado por mil.

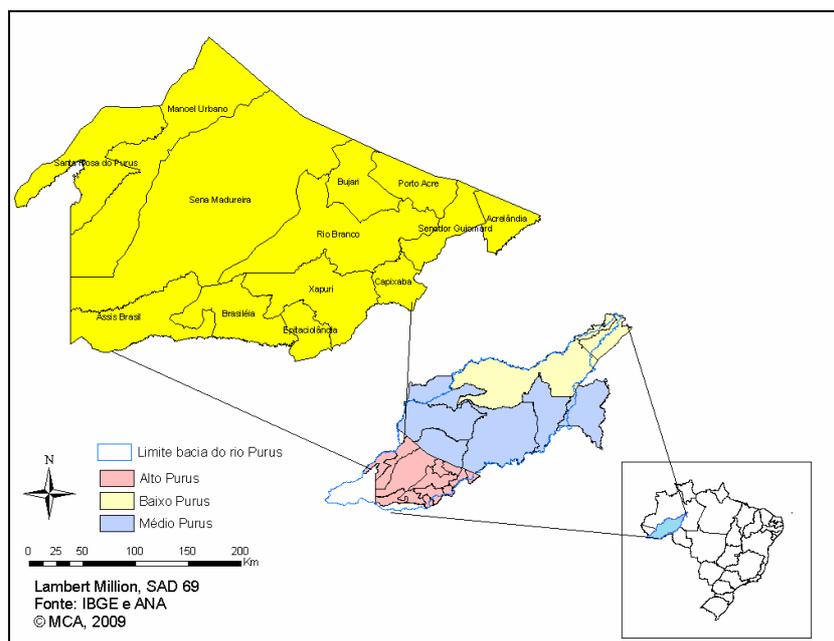


Figura 1: Localização do alto Purus.

2.2. Fonte de dados

A malária de acordo com exigências estatutárias, estipulada pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, é uma endemia contida na lista de doenças de notificação compulsória. A qual deve ser notificada à autoridade de saúde pública responsável. Desse modo quando se realiza um exame de despistagem de malária é preenchida uma ficha de investigação que deve ser enviada ao setor de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde, que registra as informações que constam na ficha num banco de dados informatizado e as envia à Secretaria de Estado de Saúde, a qual transmite ao Ministério da Saúde. Assim, para realizar esse estudo utilizou-se o registro de casos de malária entre 2003 e 2006 obtidos da base de dados informatizada do “Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica – Notificação de Casos de Malária” (SIVEP-Malária). O dado utilizado foi: o resumo epidemiológico por local provável de infecção.

O qual contém, entre outras informações, o número de casos positivos de malária e a incidência parasitária anual (IPA), o principal indicador utilizado nesse trabalho. O IPA é calculado em função do número de casos positivos anual dividido pelo número de habitantes locais e multiplicado por mil. O qual é uma medida de risco a exposição da

malária definida pelo serviço responsável pela atuação nas políticas públicas, definição de estratégias de controle e vigilância da doença, o SIVEP-Malária. Esse indicador é dividido em três níveis, sendo eles: alto risco para IPA maior que 50,0; médio entre 10,0 e 49,9; por fim baixo, entre 0 a 9,9 casos.

O resumo por local provável de infecção equivale a informações pontuais sobre a doença. Para tornar esse tipo de dado manipulável num SIG foi necessário a geocodificação dos dados pontuais, através de busca pelo nome das localidades em diversos bancos de dados que continham informação sobre localidades do Acre, além da procura em sites de busca específicos na Internet.

Para efetivar as análises dos resumos epidemiológicos de malária correlacionados com dados ambientais e socioeconômicos, tais dados foram coletados de diversas fontes para fomentar o banco de dados para elaboração do banco de dados geográfico (BDG) da malária do alto Purus. Entre elas: Agência Nacional de Águas, ANA, com a malha hídrica; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, com a malha rodoviária e limites municipais e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, com os dados referente as taxas de desflorestamento do programa de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite, o PRODES.

Também foram utilizados imagens Landsat do projeto ZULU da NASA (mais informações sobre esse dados podem ser obtidas em <<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>).

Após a coleta foi feita a compilação e sistematização de todos os dados e posteriormente foram inseridos em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), mais especificamente nos programas SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e no TerraView.

2.3 Análise de dados

Como os dados estavam disponíveis em informações pontuais, ou seja, por localidade, a análise fica deficitária e não se tem um entendimento completo da variabilidade do fenômeno em estudo.

Portanto para se analisar o padrão de ocorrência das coordenadas das localidades (dados pontuais) utilizou-se o método de interpolação pela técnica de Kernel. Um método de interpolação é capaz de gerar medidas de valores estimados para toda a área de estudo.

Especificamente o método por Kernel permitiu identificar áreas por intensidade de eventos, com base na incidência parasitária anual por localidades entre os anos de estudo.

O uso do método de Kernel, considerado como método de análise exploratória de dados espaciais, além de possibilitar fácil e rápida visualização de localidades expostas, identifica diferentes graus de intensidade em uma determinada área. A estimativa de Kernel envolve uma técnica em que se coloca uma superfície simétrica sobre os pontos e, baseada em função matemática, avalia-se a distância do ponto a uma posição de referência e soma depois o valor de todas as superfícies para essa posição de referência. Esse procedimento é repetido para todas as suas posições (SANTOS, 2009).

Os mapas gerados foi uma grade numérica e posteriormente um temático, a partir da definição de classes por fatiamento. O fatiamento é mais eficiente para as análises, pois permite a divisão de classes segundo os valores que foram gerados pela grade numérica. Utilizou-se a denominação de baixa, média e alta intensidade para análise de áreas de concentração de casos de acordo com os valores padronizados pelo SIVEP-Malária através do indicador IPA. A partir das três classes geradas, é possível fazer medidas de classes a fim de identificar a área de cada uma.

Em sistema de informações geográficas (SIG), foram calculados buffers (áreas de influência) ao redor dos vetores de estradas e principais rios da região com a finalidade de gerar áreas de exposição a possíveis fatores de risco. No cálculo dos buffers, foi utilizado raio de 2 km, uma vez que esses fatores podem estar diretamente relacionados à dispersão do vetor. Considerando o alcance aproximado de raio de vôo dos mosquitos do gênero *Anopheles*.

Foram realizadas ainda operações geográficas de intersecção a fim de identificar a porcentagem de ocorrência de casos de malária entre as classes definidas pelo Kernel Temático, cruzando também os buffers gerados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se na figura 1 que a densidade dos casos de malária é mais freqüente na porção leste do estado do Acre, principalmente no limite com o Amazonas. A cor vermelha está associada a valores mais intensos onde podem também ser chamada de “áreas quentes”, enquanto a cor azul à incidência mais baixa. A análise do estimador de densidade por Kernel através de uma grade numérica permite a compreensão da variabilidade da intensidade do risco de malária no espaço e no tempo, entre os anos de estudo.

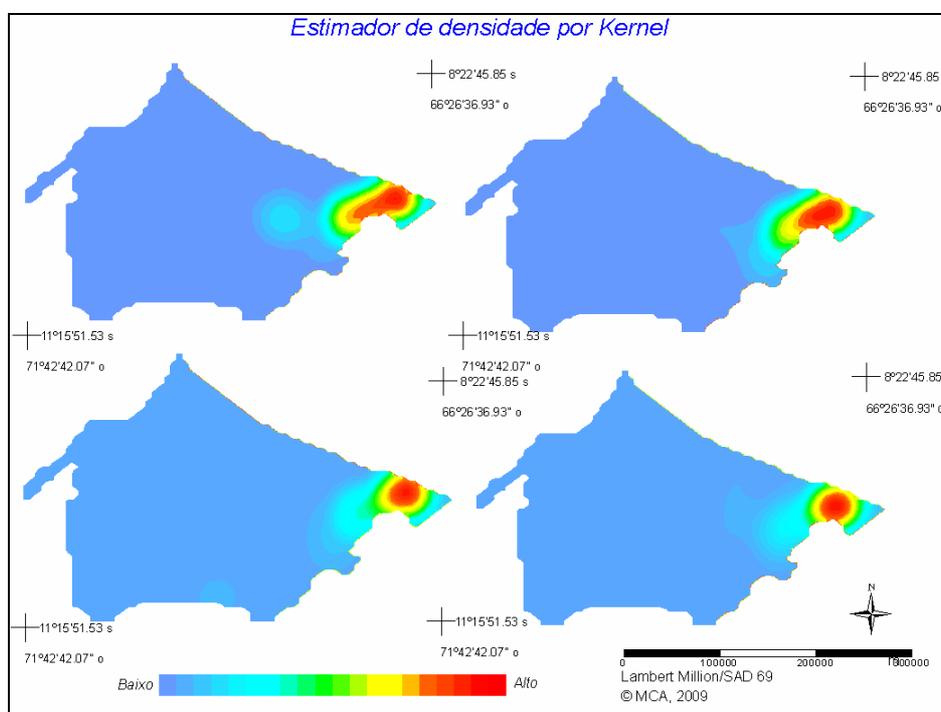


Figura 2: Mapa numérico de estimador de densidade por Kernel da incidência de malária.

Porém o mais indicado para esse tipo de análise é o fatiamento das classes de intensidade, através de um mapa temático (figura 2). Pois permitiu que os valores fossem padronizados segundo a medida de risco do serviço, IPA. Portanto contribui para a compreensão da distribuição espacial da malária entre os anos. O que pode facilitar a atuação de gestores e agentes de saúde, indicando áreas prioritárias para a ação de prevenção e controle da doença. Desse modo, é possível concluir que a mesma ação não será necessária para toda a região do alto Purus. Pois há áreas, principalmente ao leste do estado, com intensidade mais

alta de incidência de malária, entre todos os anos de estudo. Indicando que essa área precisa de ação mais urgente e eficiente para o controle dos casos.

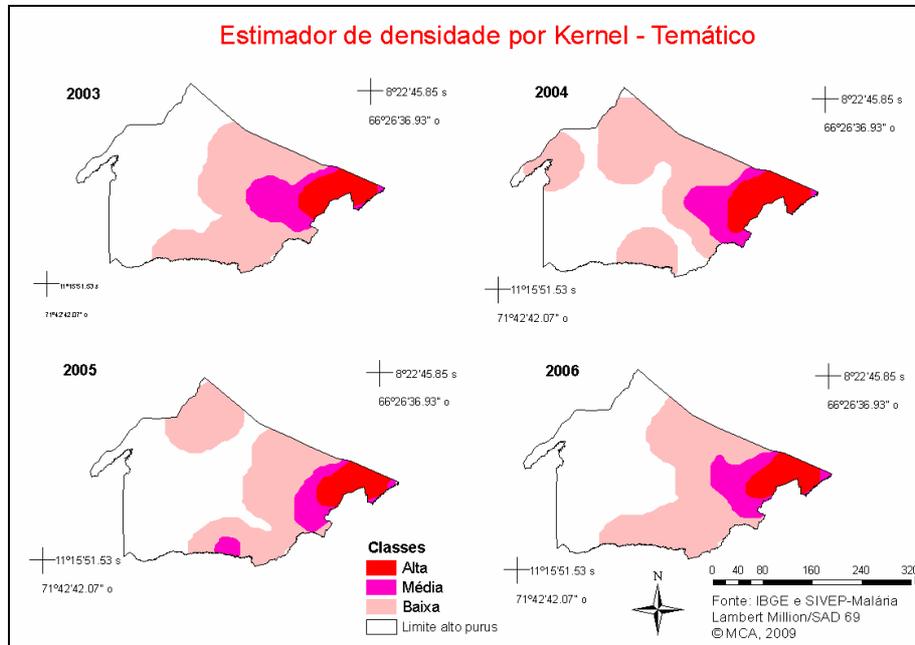


Figura 3: Mapa temático de estimador de densidade por Kernel da incidência de malária.

Em 2004 houve uma intensificação dos casos de malária e um conseqüente aumento das áreas de cada classe, principalmente na baixa, a qual passa a ter 36 km². Esse fato pode estar associado ao aumento dos casos ao oeste do alto Purus. Apesar das áreas de risco de malária permanecerem praticamente inalteradas nos outros anos de estudo, observa-se na figura acima que há uma variabilidade espacial do risco. Principalmente entre as áreas de médio e baixo risco, as quais alternam-se freqüentemente. Pode indicar que as áreas limites para médio risco não podem ser seguidas rigorosamente pois há um potencial em se expandir.

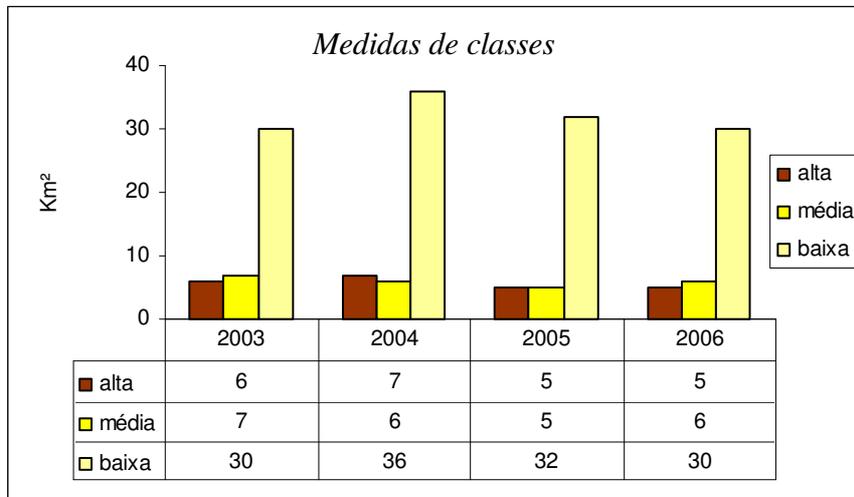


Figura 4: Medidas de área das classes do kernel temático

A intensidade baixa apresenta entre os anos de estudo, em média, as maiores áreas, porém com a menor ocorrência de casos. Enquanto a alta intensidade, apesar de possuir a menor área, concentra o maior número de casos (figura 5). Tal como prevê a análise por Kernel, onde os dados se concentram fortemente em área de alta intensidade.

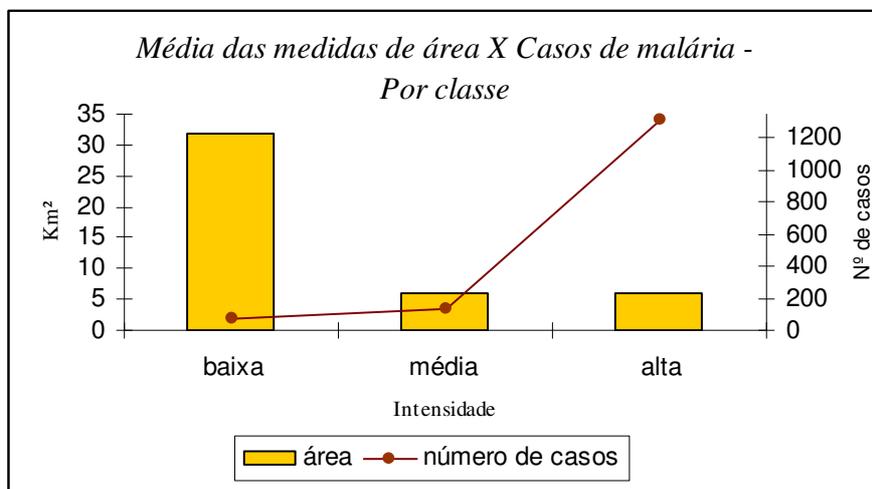


Figura 5: Média das medidas de área das classes do kernel temático em comparação com a ocorrência de casos de malária pro classe

3.1 Investigação dos fatores associados

3.1.1 Proximidade de rios

Na região amazônica a espécie de *Anopheles* predominante é denominado *A. darlingi*. Essa espécie é considerada tipicamente fluvial. Ou seja, utiliza os rios para reproduzir-se. Desse modo, é considerado o ambiente propício para a procriação do vetor da malária. Assim, a população mais próxima de rios possivelmente está em contato direto com o mosquito, tornando-os mais suscetíveis e portanto pode apresentar maior ocorrência de casos de malária nas bordas de rios. Porém tal fato não foi observado para a região do alto Purus (figura 6).

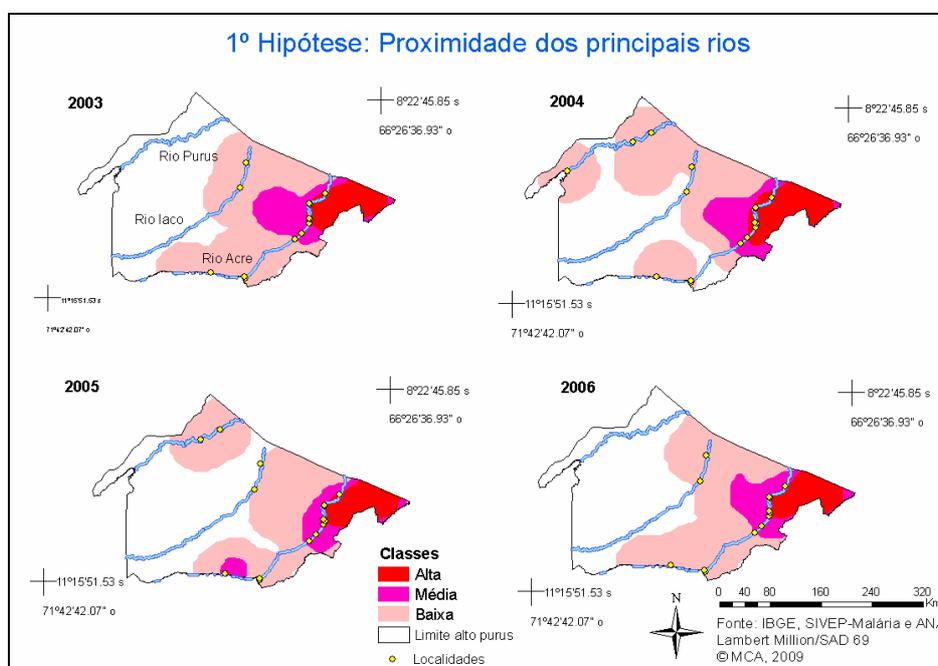


Figura 6: Localidades com ocorrência de malária num buffer de 2 km dos principais rios

Em relação a todos os casos das localidades em cada classe, apenas 5% deles estão próximos aos principais rios (tabela 1). Porém para ser possível concluir qualitativamente se esse fator ambiental está ou não associado à incidência de malária é preciso considerar outros rios para a análise proposta, além de lagos e igarapés da região. Nesse caso apenas os principais rios de 1º ordem que foram investigados, pois são as informações disponibilizadas gratuitamente pela ANA. Portanto a análise fica deficitária. Afinal os

principais rios são utilizados para locomoção, com alta movimentação de suas águas e apresentam uma velocidade mais alta, o que pode estar dificultando a procriação do vetor.

3.1.2. Proximidade de estradas

A proximidade de estradas pode ser um fator associado relevante para a compreensão da dinâmica da malária nessa região, pois a construção de estradas geralmente na região amazônica está associada a desmatamento. Portanto entrada de pessoas suscetíveis onde antes era cobertura vegetal, ambiente natural do mosquito da malária. Porém com as alterações ambientais a dinâmica da doença se altera. Na borda de florestas provavelmente há ainda a maior concentração da população. Além de possuir um grande fluxo de pessoas de estados e países vizinhos devido a maior facilidade de locomoção, o que pode contribuir para o aumento do número de casos. Afinal uma pessoa contaminada com a doença pode transitar por essas estradas e nos locais onde já houver o mosquito da malária a proliferação pode ocorrer. Ressalta a ligação das estradas do Acre com o estado do Amazonas, região fortemente endêmica da malária. Nessa região se localiza a capital do Acre, Rio Branco, de onde se dá o entroncamento de rodovias federais e estaduais interligando-a com o interior (figura 7).

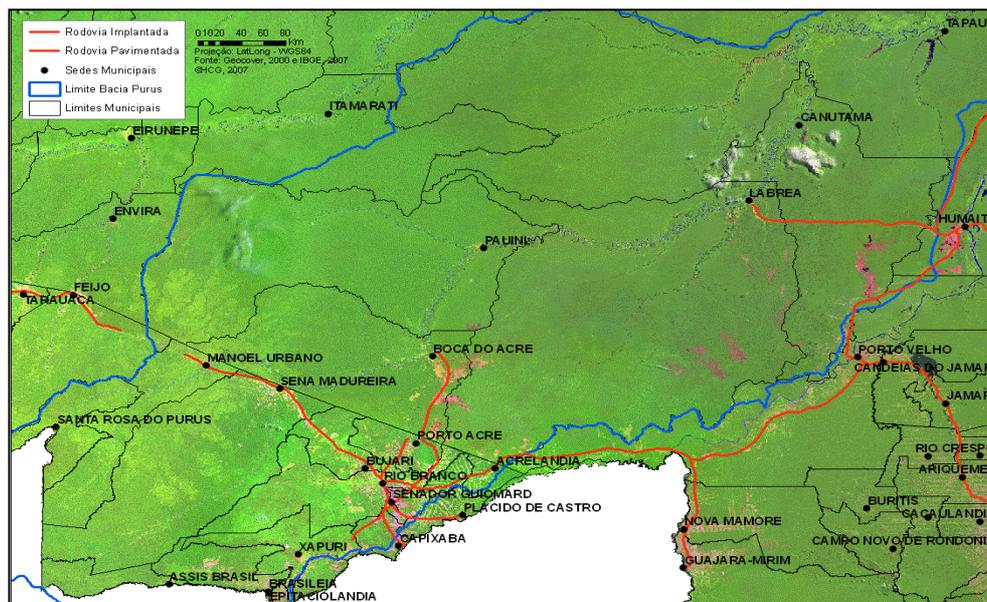


Figura 7: Estradas que cortam o alto Purus

Cerca de 75% do total de casos de malária estão próximos às estradas da região (tabela 1). A maior concentração dos casos ocorre na área de alta intensidade, aproximadamente 92% deles. Seguido de decréscimos desse valor até o ano de 2006, onde se atinge 70%. Para esse período há um aumento na região de intensidade média (figura 8). Isso pode estar indicando que a proximidade de estradas é um fator importante a ser considerado para o melhor entendimento da dinâmica da malária nessa região. Desse modo, torna-se necessário uma ação de prevenção e controle mais eficiente nas bordas das estradas.

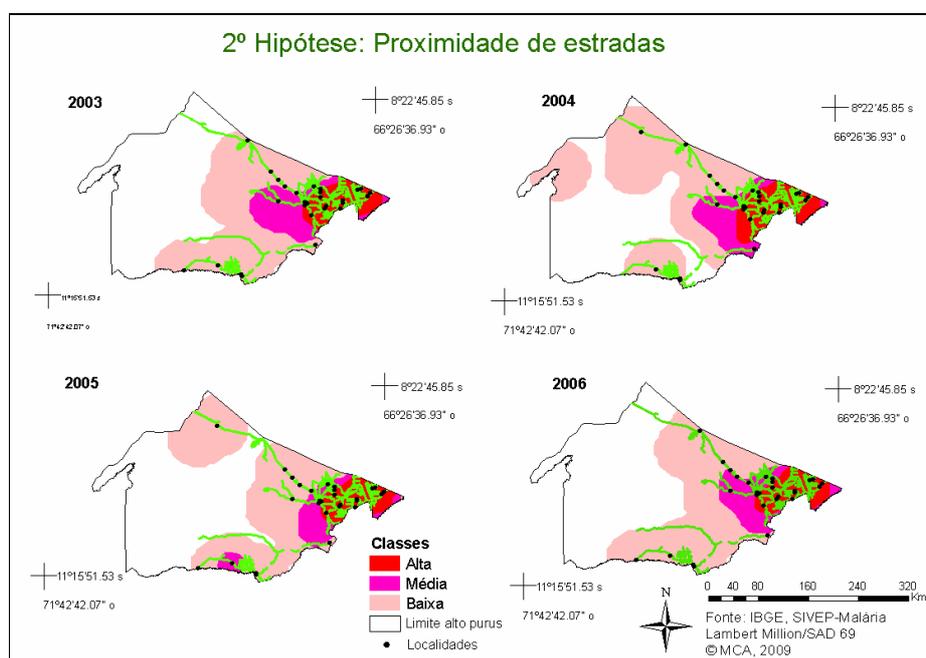


Figura 8: Localidades com ocorrência de malária num buffer de 2 km de estradas

3.1.3. Assentamento rural recente

A ocupação de terras para a formação de pólos agrícolas e novos assentamentos em áreas antes cobertas pela floresta amazônica é um possível fator associado à incidência de malária na região, as quais provocou profundas modificações ambientais ao romper o equilíbrio ecológico existente.

Essas áreas tornaram-se regiões com um forte atrativo populacional e conseqüente entrada de inúmeros suscetíveis sem contato prévio com a doença. Além de habitarem num ambiente com condições sanitárias insatisfatórias pode definir um quadro favorável a

transmissão da doença. Portanto a transmissão da malária pode ser atribuída à forma de ocupação do solo, exploração de recursos naturais e circulação humana.

A porção leste do alto Purus sofre intensamente com a expansão da fronteira agrícola, com uma forte presença de assentamentos rurais recentes (figura 9).

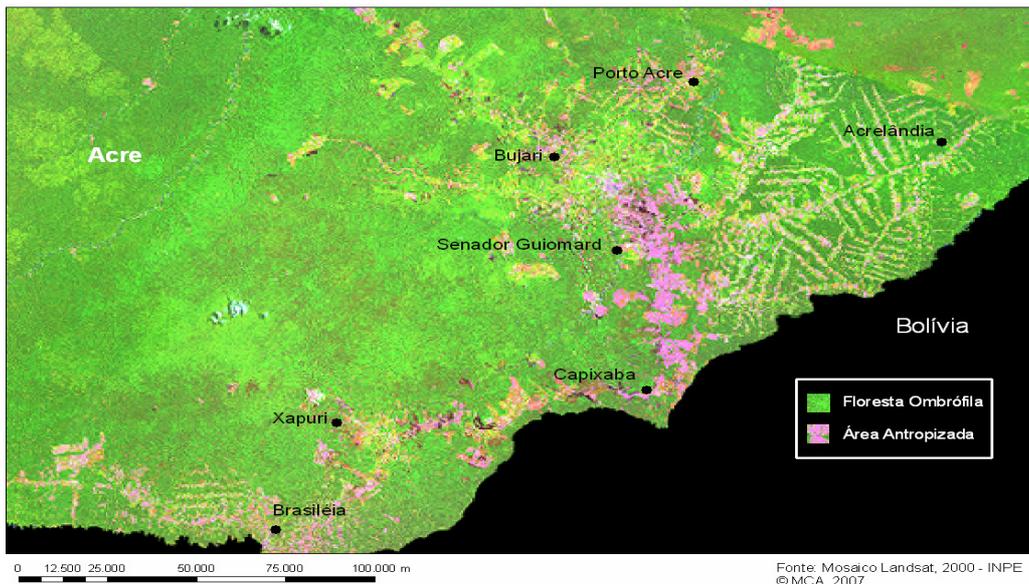


Figura 9: Imagem de satélite do leste do Estado do Acre.

Observou que cerca de 85% dos casos totais estão em área desmatada (tabela 1). Sendo que entre as classes a maior concentração de casos foi encontrada em áreas de alta intensidade (figura 10). O maior valor observado foi no ano de 2003 onde se atinge aproximadamente 96% dos casos nessa área. Assim, possivelmente para essa região a presença de assentamentos rurais pode ser considerado um importante fator associado à dinâmica da malária.

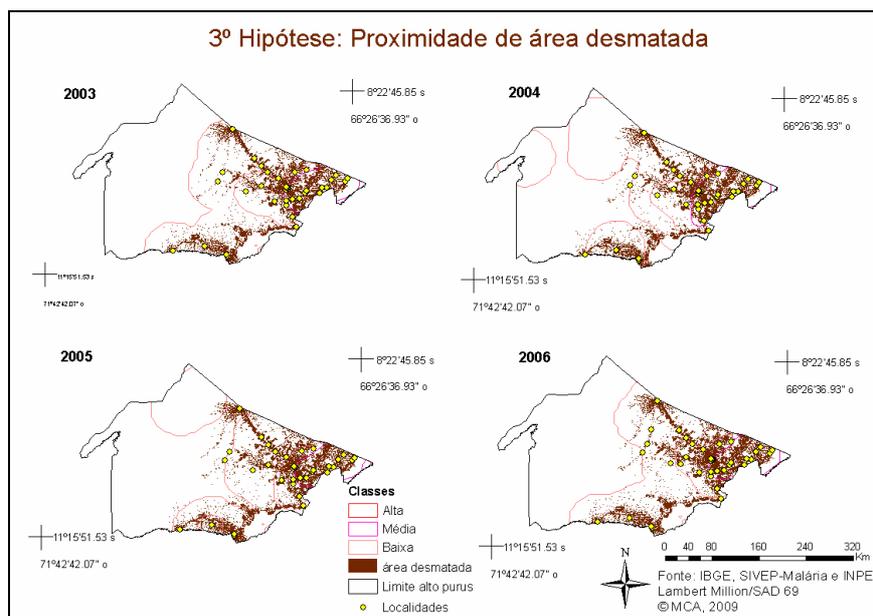


Figura 10: Localidades com ocorrência de malária interceptadas por áreas desmatadas.

Variável	% Localidade											
	Intersecção com principais rios			% em relação local total PI	Intersecção com estradas			% em relação local total PI	Intersecção com Área desmatada			% em relação local total PI
Intensidade	Alta	Média	Baixa		Alta	Média	Baixa		Alta	Média	Baixa	
2003	40.6	9.4	50.0	5.4	92.6	5.7	1.7	88.5	95.8	1.6	2.6	85.0
2004	87.3	11.8	1.0	4.8	96.7	0.3	3.0	82.9	91.5	3.6	4.9	83.2
2005	0	94.6	5.4	6.5	74.9	22.0	3.1	77.9	83.8	1.8	14.4	92.8
2006	44.3	14.2	41.5	9.3	69.3	21.0	9.8	70.6	91.7	1.4	6.9	86.6

Tabela 1: Intersecção das classes de intensidade de incidência de malária com rios, estradas e área desmatada

DISCUSSÃO

A principal conclusão que se pode obter a partir da análise exploratória qualitativa da incidência de malária é que a distribuição da doença ocorre de forma bastante heterogênea. A partir das análises é possível observar variabilidades das áreas de intensidade de incidência da malária, com uma maior intensificação nas áreas de alta intensidade no ano de 2004. Porém, os fatores para essa variabilidade precisam ser identificados e melhor

explorados para contribuir no entendimento da doença. Fatores como a proximidade de estradas e presença de assentamentos rurais apresentam-se relevantes para a compreensão da dinâmica da malária no alto Purus. A sobreposição de camadas de informação permite detectar a heterogeneidade no espaço das áreas potenciais de risco de transmissão.

Portanto, as análises realizadas através das ferramentas em Geoprocessamento podem auxiliar na tomada de decisão e definição de áreas prioritárias para prevenção e controle da doença. Ou seja, os gestores e agentes de saúde podem reunir esforços para regiões realmente necessárias, identificadas aqui como áreas equivalentes a alta intensidade de malária, principalmente na borda de florestas e nos assentamentos rurais. Não é possível realizar um mesmo tipo de planejamento de controle para toda as áreas do alto Purus. Onde as análises realizadas nesse trabalho, originárias de uma escala local, podem contribuir significativamente para um melhor entendimento sobre a dinâmica da doença e nortear as políticas públicas em saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARA G.; MONTEIRO A.M.V. Geocomputation techniques for spatial analysis: are they relevant to health data? **Cadernos de Saúde Pública**, v.17, n.5, p.1059-1071, 2001

CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de sistemas de informações geográficas aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 124 p., 2000.

CRINGOLI, G. IPPOLITO, A., TADDEI, R. Advances in satellite remote sensing of pheno-climatic features for epidemiological applications. **Parassitologia**. v. 47, p. 51-62, 2005.

GRAHAM A.J., ATKINSON P.M.; DANSON F.M. Spatial analysis for epidemiology. **Acta Tropica**, v.91, n.3, p.219-225, 2004.

KISTEMANN, T.; DANGENDORF, F.; SCHWEIKART, J. New perspectives on the use of geographical information systems (GIS) in environmental health sciences. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 20, n. 3, p. 169-181, 2002.

MARQUES, A.C.; GUTIERRES H.C. Combate à malária no Brasil: evolução, situação atual e perspectiva. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 1994;27(Supl.3):91-108.

SANTOS, V. R.; YOKO, E. M.; SOUZA-SANTOS, R.; ATANAKA-SANTOS, M. Fatores sociambientais associados à distribuição de malária no assentamento Vale do Amanhecer, município de Juruena, estado de Mato Grosso, 2005. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 42, n. 1, p.47-53, 2009.

SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. **Situação epidemiológica da malária no Brasil, 2007**. Disponível em: <http://200.214.130.38/portal/arquivos/pdf/folder_malaria_2007_web.pdf> Acesso em: junho 2009.