



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO PARA ESTUDOS DE
RELAÇÕES ENTRE A DINÂMICA AMBIENTAL E
A DA MALÁRIA NA BACIA DO RIO PURUS**

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

Mariane Carvalho de Assis (UNISAL, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: mariane@cptec.inpe.br

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro (DPI/OBT/INPE, Orientador)
E-mail: miguel@dpi.inpe.br

COLABORADORES

Dra. Helen da Costa Gurgel (DSA/CPTEC/INPE)
Dr. Carlos Frederico de Angelis (DSA/CPTEC/INPE)

Julho de 2008

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
1 INTRODUÇÃO	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1 Aplicações de técnicas de Geoprocessamento em estudos na área de saúde	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4.1 Distribuição espacial dos casos de malária entre 2003 e 2006	12
4.1.1 Baixo e Médio Purus	13
4.1.2 Alto Purus	16
4.2 Distribuição dos casos de <i>P. falciparum</i> nos municípios da Bacia do Rio Purus	19
4.3 Ocorrência de malária por sexo	20
4.4 Ocorrência de malária por faixa etária	21
4.5 Distribuição mensal dos casos de malária	23
5 CONCLUSÃO	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Localização da área de estudo. Bacia do rio Purus, Amazônia, Brasil	12
4.1 Porcentagem do Índice Parasitário Anual (IPA) nos municípios da bacia do Rio Purus entre 2003 a 2006. Fonte: SIVEP-Malária	13
4.2 Caracterização da cobertura vegetal da bacia do rio Purus	14
4.3 Porcentagem de casos autóctones nos municípios da Bacia do Rio Purus entre 2003 e 2006	15
4.4 Rodovias que atravessam o alto e médio Purus	17
4.5 Proporção de casos de malária por <i>P. falciparum</i> nos municípios da Bacia do Rio Purus entre 2003 e 2006	20
4.6 Proporção de lâminas positivas de malária no sexo masculino e feminino nos municípios da bacia do rio Purus entre 2003 a 2006	21
4.7 Imagem de satélite do leste do Estado do Acre, região do alto Purus	22
4.8 Total de lâminas positivas de malária por faixa etária dos municípios da bacia do Purus entre 2003 a 2006	23
4.9 Cartograma de precipitação anual total da bacia do rio Purus	24
4.10 Porcentagem de casos de malária por mês entre 2003 e 2006 e média da precipitação mensal em cada uma das três regiões da bacia do rio Purus	26

RESUMO

O Geoprocessamento é um termo amplo que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre elas destacam-se: o sensoriamento remoto, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), etc. Na saúde é possível, através do SIG, por exemplo, integrar os registros de banco de dados de saúde, correlacionando-o com proximidades de cidades, rios, bordas de floresta e outras características ambientais. Recentemente diversos trabalhos têm demonstrado a utilidade das geotecnologias, na identificação e monitoramento das variáveis ambientais associadas às variações da incidência de doenças infecciosas, dentre elas a malária, relacionando-as principalmente aos padrões espaciais e temporais dos tipos de vegetação e de sua fenologia, o uso e a cobertura da terra, coleções d'água e assentamentos humanos. Conhecer mais detalhadamente a relação das doenças com o espaço onde ela se reproduz, vêm ajudando a identificar padrões epidemiológicos, que vêm auxiliando no controle e predição de diversas enfermidades. A malária foi erradicada de extensas áreas do Brasil na década de 60 através da Campanha de Erradicação da Malária (CEM). Porém houve uma intensificação dos casos na Amazônia Legal a qual passa de 53.000 casos em 1970 a mais de 600.000 casos anuais nos anos 90. Os fatores ambientais como o tipo de cobertura vegetal amazônica, altos índices de pluviosidade, amplitude da malha hídrica, juntamente com os fatores sociais, favorecem a proliferação do vetor e a exposição de grande quantidade de pessoas à doença. Estabelecendo então um grave problema de saúde pública na região amazônica. Onde atualmente concentram-se 99,7% dos casos de malária do Brasil. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou a construção de um banco de dados geográfico (BDG-Malária) com diversos indicadores ambientais, sociais, econômicos, além dos resumos epidemiológicos da malária na bacia do rio Purus, a qual atravessa os estados do Acre e Amazonas, alvo de estudo desse trabalho. Após a coleta foi feita a compilação e sistematização dos dados e posteriormente foram inseridos em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Onde foi possível realizar análises espaço-temporais a fim de obter um maior conhecimento sobre a dinâmica da malária nessa região do Brasil. Para o prosseguimento desse projeto, torna-se necessária a análise voltada para as localidades, ao invés da escala municipal. Pois foi observado ao decorrer do estudo que a dinâmica da malária é bastante heterogênea em toda a bacia do rio Purus. Além disso, é importante promover a discussão das técnicas de geoprocessamento para estudos na área de saúde e como os dados produzidos pelo INPE podem ser utilizados para essas análises.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 40 milhões de brasileiros de um total de aproximadamente 93 milhões de habitantes entre as décadas de 60 e 70 (IBGE, 2007) já viveram em área com risco de transmissão da malária até 1979. Quando áreas que compreendiam grande parte do território nacional com exceção da Amazônia foram consideradas livres da transmissão autóctone de malária. Resultados obtidos através da Campanha de Erradicação da Malária (CEM) iniciada em 1965.

Os resultados da campanha não foram uniformes, apesar do sucesso em grande parte do país, o mesmo não foi possível na Amazônia Legal. Segundo Loiola (2002), houve dificuldades que não foram encontradas em outras regiões. Tais como: a influência de uma floresta tropical úmida, e ressaltando a presença de uma população mais vulnerável e suscetível ao contato do vetor; como os garimpeiros e agricultores em assentamentos sem infra-estrutura. Esse contingente populacional foi atraído para a região por força da política de migração iniciada na década de 70 pelo governo militar. Essa política visava a integração e o desenvolvimento econômico da região através da abertura de novas estradas, construção de usinas hidroelétricas, exploração de garimpos e lançamento de grandes projetos de colonização e reforma agrária. Esses fatores desencadearam um forte e desordenado crescimento demográfico (BARATA, 1995), estimulando o deslocamento de grande número de pessoas sem contato prévio com a doença, para áreas endêmicas.

Sendo assim as modificações do ambiente, além da ocupação espacial desordenada, definiu condições sanitárias insatisfatórias propiciando a transmissão dentre outras doenças, o aumento do número de casos de malária (GURGEL, 2006).

Desse modo, definiu-se um quadro de erradicação da malária em grande parte do país, porém uma intensificação dos casos na Amazônia Legal a qual passa de 53.000 casos em 1970 a mais de 600.000 casos anuais nos anos 90 (GUSMÃO, 2002). Os fatores ambientais como o tipo de cobertura vegetal amazônica, altos índices de pluviosidade, amplitude da malha hídrica, juntamente com os fatores sociais, favorecem a proliferação do vetor e a exposição de grande quantidade de pessoas à doença (SVS, 2007).

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. Em 2007, foram registrados aproximadamente 500.000 casos de malária em todo o Brasil, sendo que 99,9% deles restritos a Amazônia Legal.

No Brasil apesar da alta ocorrência de malária, a mortalidade causada por ela é baixa. Porém de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a malária mata cerca de um milhão e meio a três milhões de pessoas a cada ano, tal quadro é densamente agravado principalmente pela África.

A malária provoca lesões no fígado, no baço e em outros órgãos, além de anemia profunda acarretando aos doentes, entre outros sintomas, fraqueza, fadiga, déficit de concentração 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. malarie*. 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. A malária é uma doença complexa. Para que ela ocorra é necessário à interação de três elementos: o protozoário parasita do gênero *Plasmodium*; o vetor anofelino (mosquito do gênero *Anopheles*) e por fim, o hospedeiro humano. Sendo que a dinâmica sócio-ambiental está presente e exerce forte influência na relação entre o vetor e o homem (GURGEL, 2006).

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 ou geotecnologias têm sido utilizadas amplamente. O geoprocessamento é um termo amplo que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas

computacionais. Dentre elas destacam-se: o sensoriamento remoto, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), entre outros. O uso dessas ferramentas é particularmente valioso para estudos das moléstias amazônicas, pois as dificuldades de realização de levantamentos de campo sobre as variáveis ambientais associadas às doenças nessa vasta região são inúmeras, principalmente devido aos altos custos e às dificuldades operacionais (GURGEL, 2003).

Os dados que os SIGs utilizam são das mais variadas origens, podendo ser geográficos, geológicos, biológicos, epidemiológicos, econômicos, sociais ou quaisquer outros que tenham o atributo de ocorrência territorial (XAVIER-DA-SILVA, 2001). Tais ferramentas 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).

A partir desse contexto optou-se por estudar uma importante bacia hidrográfica amazônica, pois são diversas as políticas que utilizam os limites das bacias como área de gestão ambiental. A área de estudo é cortada pelo rio Purus, um dos maiores tributários do rio Solimões. O rio Purus percorre aproximadamente 3.700 km, atravessando no território brasileiro os estados do Acre e Amazonas. Tais Estados vêm apresentando desde 2005 os maiores Índices Parasitários Anuais de malária (IPA)¹ em comparação aos demais estados pertencentes à Amazônia Legal (SVS, 2007). Esse rio drena uma área de aproximadamente 376.000,00 km² sendo que deste total 73% se encontra no Estado do Amazonas, 21% no Estado do Acre, 5,5% no Peru e 0,5% na Bolívia. Esse rio nasce no Peru, a 500 metros de altitude e deságua no rio Solimões, a cerca de 200 km de Manaus.

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,

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.

associada, principalmente, às atividades madeireira e agropecuária (SOUZA JUNIOR *et al*, 2007 e REID *et al*, 2005).

Sua população é composta, sobretudo por assentados, ribeirinhos e indígenas e concentram-se principalmente na calha principal do Purus, se dividindo entre as sedes municipais, as reservas indígenas, os seringais e os assentamentos rurais (SOUZA JÚNIOR *et al*, 2006). A população vem crescendo anualmente, entre 2003 e 2006 com um aumento de cerca de 10%, principalmente na região do alto Purus, que é uma região de frentes pioneiras. A população do sexo masculino é majoritária em todos os 21 municípios que compõe a bacia, tal fato caracteriza essa área como sendo de atração de população em busca de trabalho. Pois geralmente é o homem que vai primeiro em busca de novas oportunidades e somente após se estabelecer é que traz ou forma sua família.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aplicações de técnicas de Geoprocessamento em estudos na área de saúde

Um exemplo pioneiro e clássico, onde se incorporou a categoria espaço às análises realizadas em saúde foi realizado no século XIX por John Snow. Que teve a percepção de relacionar a epidemia de cólera ao escoamento superficial das águas contaminadas em Londres em 1854 através da cartografia (Snow, 1967).

Sorre (1951) também evidenciou para a importância da cartografia, citando a superposição de mapas, como por exemplo, de dados climáticos e das manifestações endêmicas da malária, chamando a atenção para a necessidade de maior interação entre a cartografia, a medicina e a biologia.

Atualmente, com a inserção e maior utilização dos Sistemas de Informações Geográficas pela sociedade, tornou-se mais eficiente e facilitada a análise cartográfica. Afinal, com as ferramentas computacionais não é mais necessário agrupar mapas impressos e de difícil acesso e manipulação na maioria das vezes. Através do SIG, na saúde é possível, por exemplo, integrar os registros de banco de dados de saúde, correlacionando-o com proximidades de cidades, rios, bordas de floresta e outras características ambientais. Recentemente diversos trabalhos têm demonstrado a utilidade das geotecnologias, na identificação e monitoramento das variáveis ambientais

associadas às variações da incidência de doenças infecciosas, dentre elas a malária, relacionando-as principalmente aos padrões espaciais e temporais dos tipos de vegetação e de sua fenologia, o uso e a cobertura da terra, coleções d'água e assentamentos humanos (GURGEL, 2003).

Além da utilização de SIG, tais estudos têm integrado também o sensoriamento remoto, o qual é capaz de obter informações sobre o ambiente à distância. O potencial de aplicação das técnicas de sensoriamento remoto para estudos epidemiológicos tem sido destacado desde o princípio dos anos 1970 (Cline, 1970). Segundo Corrêa (2006), a importância dos satélites para melhoria da descrição e previsão, temporal e espacial, de endemias e epidemias já é assunto amplamente difundido na literatura (Hay, 1997, 2000; Hay *et al.*, 1997; Beck *et al.*, 2000; Goetz *et al.*, 2000)

Segundo Hay (1997) o sensoriamento remoto é uma valiosa ferramenta para os epidemiologistas, a qual pode estender a percepção do processo espaço-temporal das doenças de uma forma que até então não foi possível.

Beck *et al.* (2000) realizaram um levantamento das aplicações dos satélites SPOT, LANDSAT, AVHRR/NOAA na detecção e mapeamento de variáveis ambientais relacionados com a distribuição, dentre outras doenças, aquelas transmitidas por vetores. Enquanto que, Goetz *et al.* (2000) promoveram um estudo com uma breve panorâmica do desenvolvimento recente dos satélites no mapeamento de variáveis ambientais que influenciam o estabelecimento, a reprodução e a sobrevivência de vetores de doenças vetoriais.

No estudo da malária, Wood *et al.* (1992) combinaram medidas de refletância obtidas por sensoriamento remoto (de uma cobertura florestal em desenvolvimento) com medidas de distâncias entre arrozais e pastagens (fontes de alimentação sangüínea para os mosquitos) num sistema de informações geográficas. Eles conseguiram distinguir arrozais com maior ou menor capacidade de servirem como criadouros.

Sendo assim, segundo Vasconcelos *et al.* (2006) o sensoriamento remoto integrado a um sistema de informação geográfica contribui para trazer a ecologia das paisagens para uma dimensão analítica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A malária de acordo com exigências estatutárias estipulada pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS) é uma endemia contida na lista de doenças de notificação compulsória que 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 num banco de dados informatizado e as envia à Secretaria de Estado de Saúde, que transmite ao Ministério da Saúde (MS) e a transmite a Organização Mundial de Saúde (OMS). 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 da SVS/MS). Os dados utilizados foram: o resumo epidemiológico por local de notificação dos 21 municípios pertencentes à bacia, que contem o número de exames realizados e o total de casos positivos de malária, compilados pela proporção de lâminas positivas por sexo e faixa etária, os números de casos autóctones e importados, além de espécies e formas parasitárias. Foram retirados também os que contêm a distribuição de ocorrência de malária mensal. Devido à forma como esses dados estavam esquematizados no sistema foi necessário reorganizá-los em ambiente Excel para torná-los manipuláveis num ambiente de Sistema de Informações Geográficas para que fosse possível a realização das análises desejadas.

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 SIG da Bacia do rio Purus. Entre elas: Agência Nacional de Águas, ANA; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Os dados foram obtidos a nível estadual, divididos entre os estados do Amazonas e Acre, porém nem todos os municípios destes estados pertencem à bacia de estudo, dessa forma usou-se a delimitação da bacia disponível pela ANA para manipular a área de estudo e obter apenas a região desejada. 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). Nesse ambiente realizaram-se análises espaço-temporal e como produto de tais gerou-se cartogramas com a distribuição dos casos no período de 2003 e 2006. Utilizou-se também o mapa de precipitação anual total, o qual foi construído através do método do polígono de Thiessen. Essa técnica de interpolação consiste em determinar os atributos dos pontos que não fazem parte da amostragem, baseando-se nos pontos mais próximos da amostra (Hartkamp *et al.*, 1999). O cálculo foi:

$$H_{pt} = \frac{\sum P_i a_i}{A}$$

A

Onde:

h_{pt} = Chuva média na bacia no instante t , em mm

P_i = Precipitação no pluviômetro na posição i , no instante t , em mm

a_i = área de influencia do pluviômetro na posição i , em km²

A = Área da bacia, em km²

Para auxiliar as análises adotou-se a divisão da bacia em três trechos em função da morfologia fluvial. São eles: o alto Purus, compreendendo a porção acreana da bacia; o médio Purus, porção sul da bacia no estado do Amazonas, onde o rio cruza os municípios de Boca do Acre, Pauini, Lábrea, Itamarati e Canutama e o baixo Purus na parte mais próxima a foz, onde o rio cruza os municípios amazonenses de Tapauá, Anori e Beruri (figura 1).

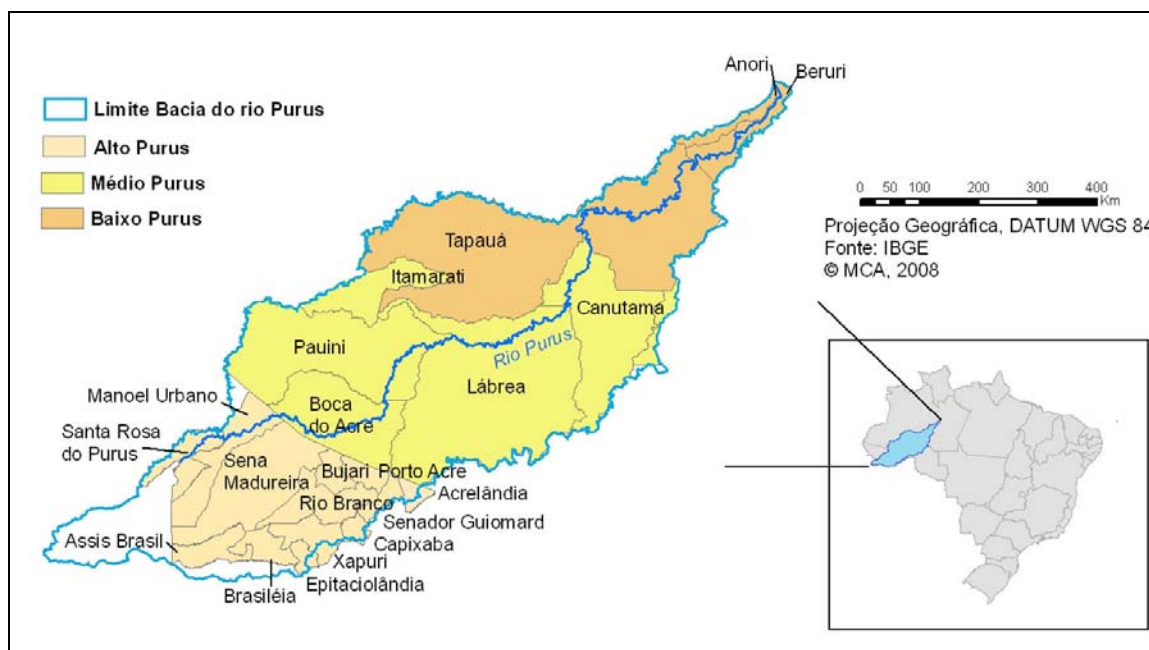


Figura 3.1: Localização da área de estudo. Bacia do rio Purus, Amazônia, Brasil. Fonte: IBGE e ANA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Distribuição espacial dos casos de malária entre 2003 e 2006

A distribuição dos casos de malária entre os anos de 2003 e 2006 apresenta-se bastante heterogênea entre os setores da bacia do rio Purus (figura 4.1). Principalmente se comparado o setor amazonense (baixo e médio Purus) com os municípios pertencentes ao estado do Acre.

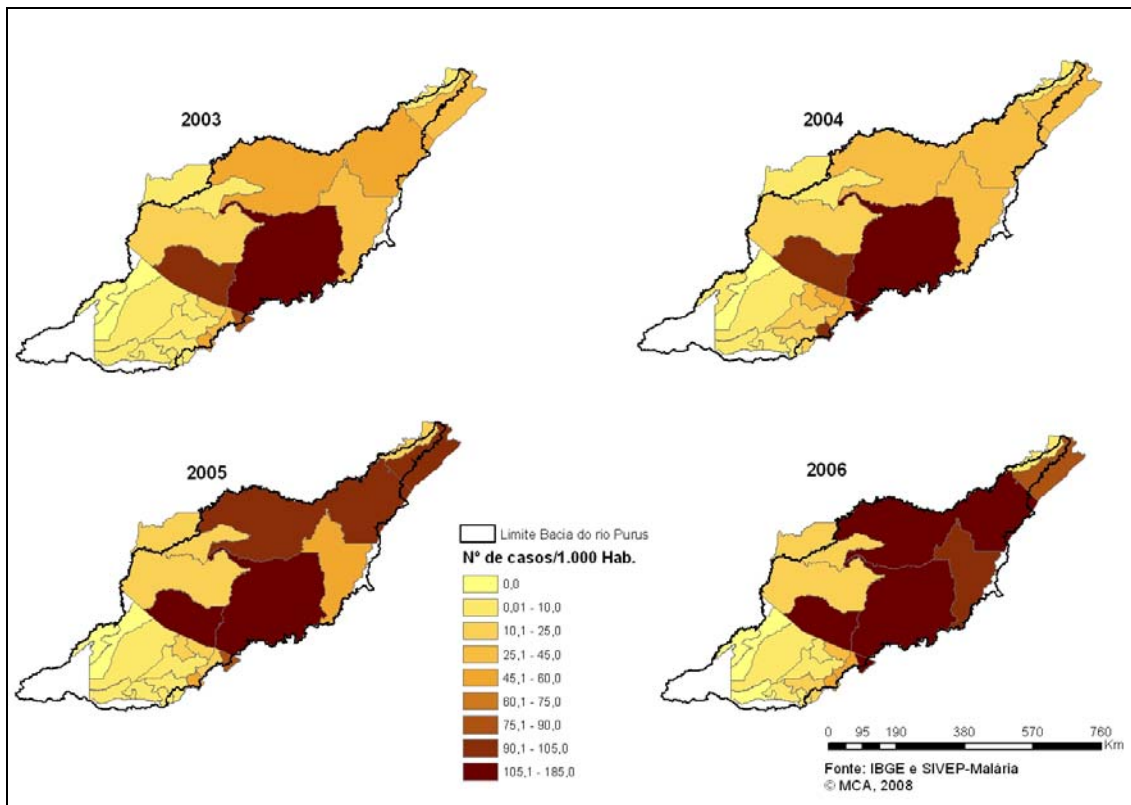


Figura 4.1: Porcentagem do Índice Parasitário Anual (IPA) nos municípios da bacia do Rio Purus entre 2003 a 2006. Fonte: SIVEP-Malária.

4.1.1. Baixo e médio Purus

O trecho amazônico da bacia é a região ambientalmente mais preservada, com uma vegetação mais densa (figura 4.2). O baixo e médio Purus são também os setores com a maior incidência de malária da bacia. O indicativo de vegetação densa é um parâmetro importante a ser considerado no caso do estudo da malária, pois é habitat para vetores e reservatórios da doença.

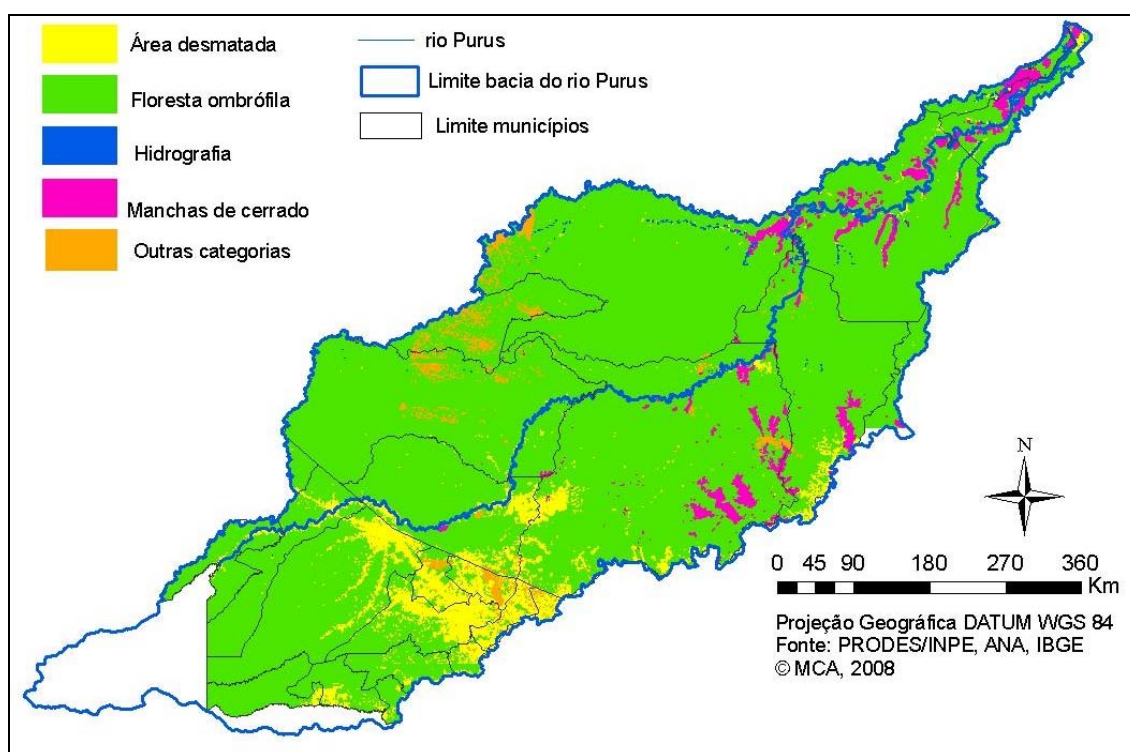


Figura 4.2: Caracterização da cobertura vegetal da bacia do rio Purus. Fonte: PRODES/INPE, ANA e IBGE.

A economia dessa região caracteriza-se dependente das verbas do governo e atividades de subsistência; como o extrativismo vegetal, a pesca, a agricultura e a pecuária. Os rios nessa região são mais sinuosos e caudalosos e apresentam uma velocidade bem mais lenta que as demais porções da bacia. Tais características naturais representam um importante fator para a locomoção da população, pois o transporte é quase que exclusivamente fluvial, e também influenciam na forma de ocupação populacional na região. As localidades são estabelecidas em regiões de várzeas na calha principal do rio Purus ou em rios e lagos próximos a esse. A população rural mora principalmente em habitações do tipo palafita. Esse tipo de geografia facilita a formação de habitat propício a procriação do vetor da malária.

O município de Lábrea, no Médio Purus, merece atenção especial. Lábrea apresenta o IPA mais elevado entre todos os anos de estudo. Essa região é economicamente mais dinâmica se comparada com outros municípios amazonenses. Possui assentamentos rurais recentes com pouca infra-estrutura. Os quais detêm um forte atrativo populacional devido à necessidade crescente de mão de obra nos

assentamentos. Sendo assim, além de apresentar condições favoráveis de transmissão da malária, há ainda a presença de inúmeros suscetíveis provenientes de áreas onde não existe transmissão natural da doença (BARATA, 1995).

Desse modo, cerca de 80% dos casos de malária notificados no baixo e médio Purus (Figura 4), com exceção de Boca de Acre e Anori, são autóctones. Ou seja, a pessoa foi contaminada no próprio município. Isso provavelmente ocorre pela dificuldade de acesso à região, associado a própria dinâmica ambiental presente nesses dois setores da bacia. Segundo Souza Junior et al (2007) nessa região as áreas de várzea são amplas e sofrem inundações sazonais e há inexistência de outras modalidades de transporte, além do fluvial. Os barcos de maior calado para transporte de passageiros e cargas têm dificuldades de locomoção nos períodos de seca, reduzindo consideravelmente o deslocamento populacional e as trocas comerciais.

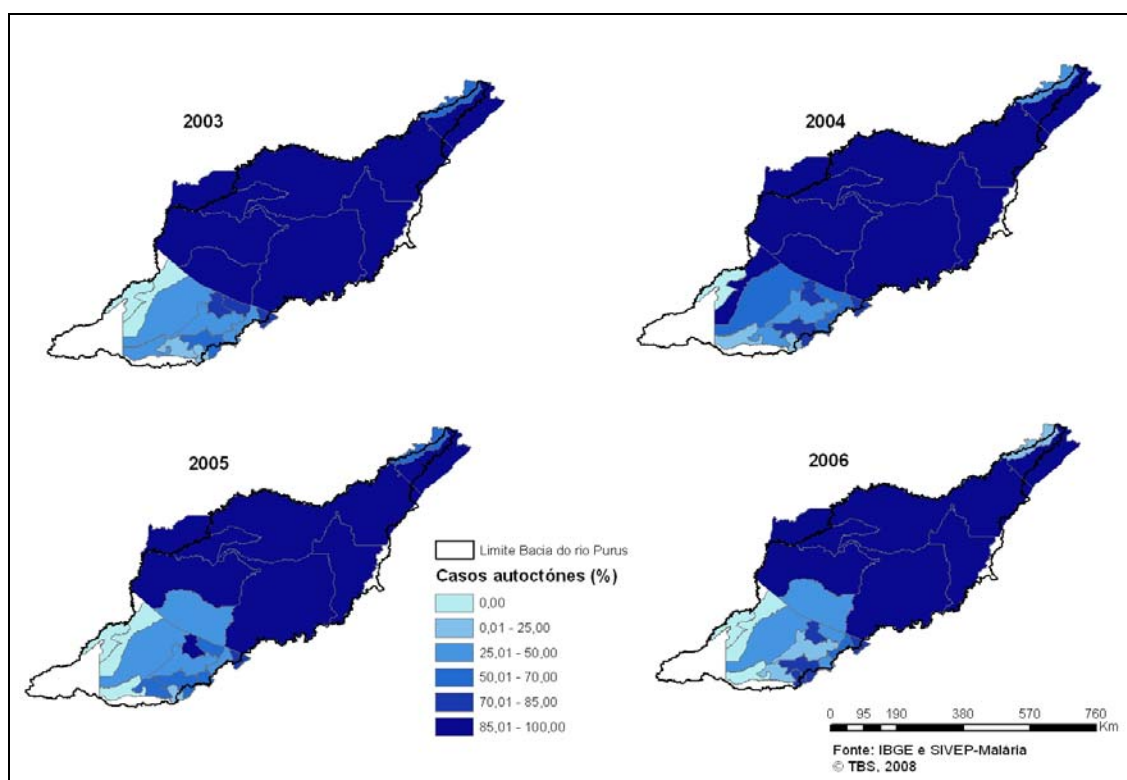


Figura 4.3: Porcentagem de casos autóctones nos municípios da Bacia do Rio Purus entre 2003 e 2006. Fonte: SIVEP – Malária e IBGE.

4.1.2. Alto Purus

A porção acreana apresenta os menores índices de incidência de malária de toda a bacia do rio Purus. Sendo que os municípios acreanos ao leste do estado são responsáveis pelas maiores taxas de malária do Alto Purus. Essa região, assim como Lábrea no médio Purus, sofre com o processo de expansão da fronteira agrícola, oriunda principalmente de Mato Grosso e Rondônia. Acarretando na formação de novos assentamentos rurais e conseqüente atração de pessoas suscetíveis a essas áreas, além da maior alteração da cobertura vegetal de toda a área de estudo (figura 4.2).

Nos municípios restantes, ao longo do estado do Acre, a economia apresenta-se mais estabilizada do que no leste do estado. O relevo dessa parte da bacia é mais acidentado, os rios são menos caudalosos e apresentam maiores velocidades. Esses fatores podem dificultar direta ou indiretamente a formação de habitat propício à procriação do vetor da malária, influenciando a menor incidência de casos de malária de toda a bacia do rio Purus.

Todos os municípios do Alto Purus possuem menores extensões territoriais e são cortados por rodovias federais e estaduais. Esta configuração modifica o padrão da dispersão da doença, pois os dados revelam a ocorrência de baixos números de casos autóctones e indicam que está ocorrendo mais notificação de casos importados de outros municípios. Nessa região da bacia 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 4.4).

Do lado amazônico o município de Boca do Acre merece atenção especial. Afinal esse município apresenta-se como um dos principais responsáveis pelos casos alóctones de malária registradas no Acre. Mas, também possui um elevado número de casos oriundos de municípios do próprio estado do Amazonas. Em 2006 ele registrou 306 casos alóctones proveniente de Pauini e de Lábrea 3.053. Sendo que o total de casos registrados neste ano no município foi de 5.190 casos. Isso mostra que nesse município há um importante entroncamento de trocas populacionais, oriundos do sul do Amazonas e do Acre. É nele que termina a BR-317 que sai de Rio Branco e onde começa a parte navegável do rio Purus.

Município Acre	País	Estado	Município	Casos importados
Acrelândia	Brasil	AM	Lábrea	258
	Brasil	AM	Boca do Acre	24
	Brasil	RO	Porto Velho	162
	Bolívia	---	---	106
Brasiléia	Brasil	AM	Boca do Acre	18
	Brasil	RO	Porto Velho	65
	Bolívia	---	---	136
Capixaba	Bolívia	---	---	761
Epitaciolândia	Brasil	RO	Porto Velho	3
	Bolívia	---	---	13
Porto Acre	Brasil	AM	Boca do Acre	435
	Brasil	RO	Porto Velho	31

Senador Guiomard	Brasil	AM	Boca do Acre	262
	Brasil	RO	Porto Velho	148
	Bolívia	---	---	110
Sena Madureira	Brasil	AM	Boca do Acre	37
	Brasil	RO	Porto Velho	26
	Bolívia	---		2
Rio Branco	Brasil	AM	Lábrea	278
	Brasil	AM	Boca do Acre	1135
	Brasil	RO	Porto Velho	1626
	Bolívia		---	193
Xapuri	Brasil	AM	Lábrea	25
	Brasil	RO	Porto Velho	27
	Bolívia	---	---	74

Tabela 1: Principais municípios e países, responsáveis pelas exportações de malária para o estado do Acre entre 2003 e 2006. Fonte: SIVEP-Malária, 2007.

4.2. Distribuição dos casos de *P. falciparum* nos municípios da Bacia do Rio Purus

Como em quase toda a Amazônia, a maior incidência de casos de malária é pelo *P. vivax*, em torno de 75% dos casos registrados, porém nos municípios de maior registro de casos importados, principalmente do lado acreano, os casos de *P. falciparum* chegam a mais da metade (Figura 4.5) no ano de 2004. Nos demais anos essa distribuição é mais heterogênea, mas sempre o lado acreano apresenta as maiores proporções de malária por *P. falciparum*. Mais uma vez Boca do Acre se destaca do lado amazônico, com as proporções mais elevadas. Esses resultados podem indicar que muitas pessoas de outros estados e até de outros países têm procurado assistência à saúde no Acre quando estão mais doentes, pois esse tipo de malária é o mais perigoso e pode levar a morte se não for tratada corretamente.

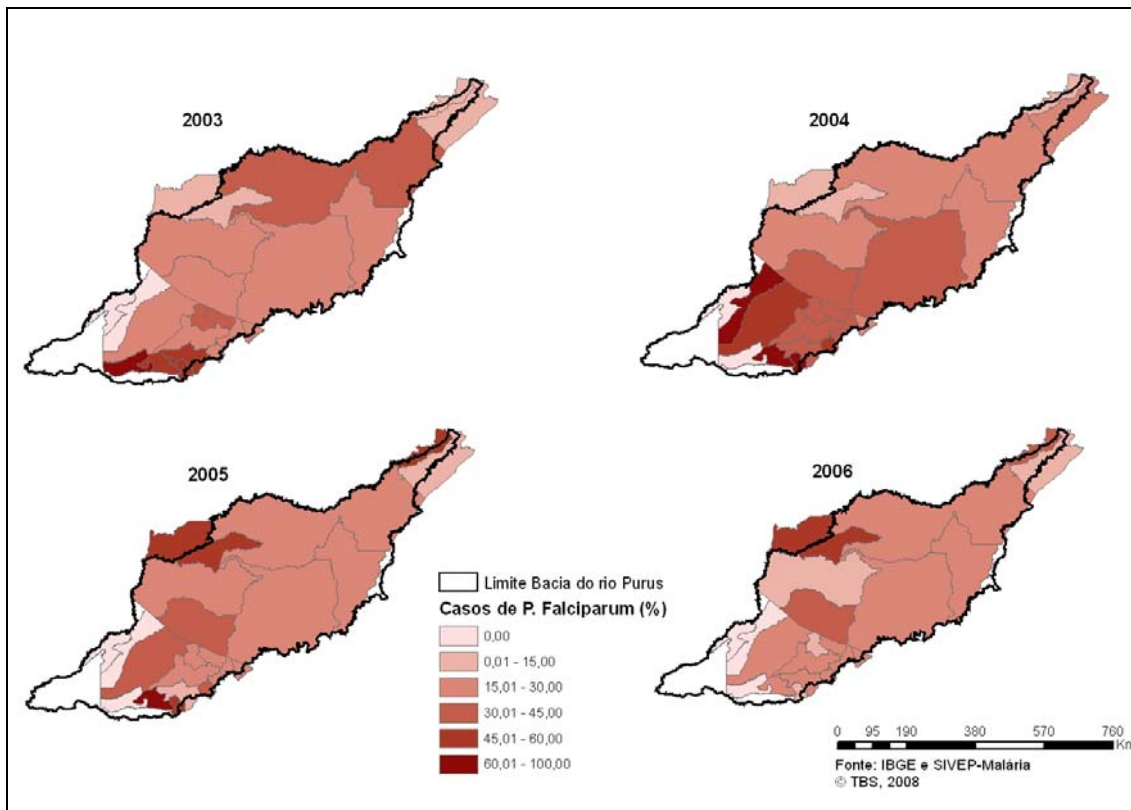


Figura 4.5: Proporção de casos de malária por *P. falciparum* nos municípios da Bacia do Rio Purus entre 2003 e 2006. Fonte: SIVEP – Malária e IBGE.

4.6 Ocorrência de malária por sexo

A partir da figura 6 observa-se que os municípios que apresentam maior mobilidade entre os números de casos no sexo masculino e feminino localizam-se no sudeste da região do Alto Purus e sul do Médio Purus. Essa área há presença de assentamentos rurais recentes, decorrentes do processo de expansão da fronteira agrícola e que acarreta em importantes alterações na cobertura vegetal, como pode ser observado na figura 4.6.

Desse modo, por ser uma área com intensa atividade agropecuária exige uma mão de obra predominantemente do sexo masculino, tal população habita num ambiente com pouca infra-estrutura básica o que possivelmente os torna mais suscetíveis à doença.

Nos municípios restantes do Estado do Acre, fronteiriços com o Peru, são notificados poucos casos de malária, entre essas lâminas positivas o sexo masculino também é mais atingido do que o feminino (ASSIS *et al.*, 2007).

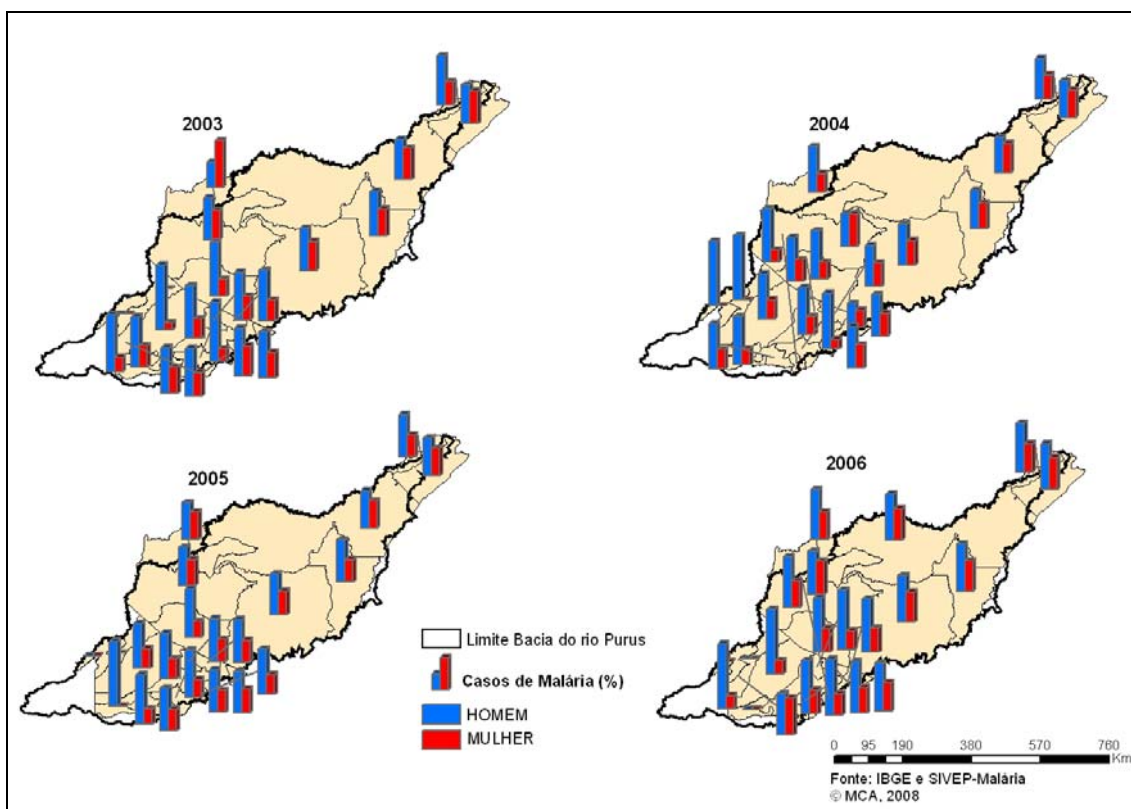


Figura 4.6: Proporção de lâminas positivas de malária no sexo masculino e feminino nos municípios da bacia do rio Purus entre 2003 a 2006. Fonte: SIVEP-Malária e IBGE.

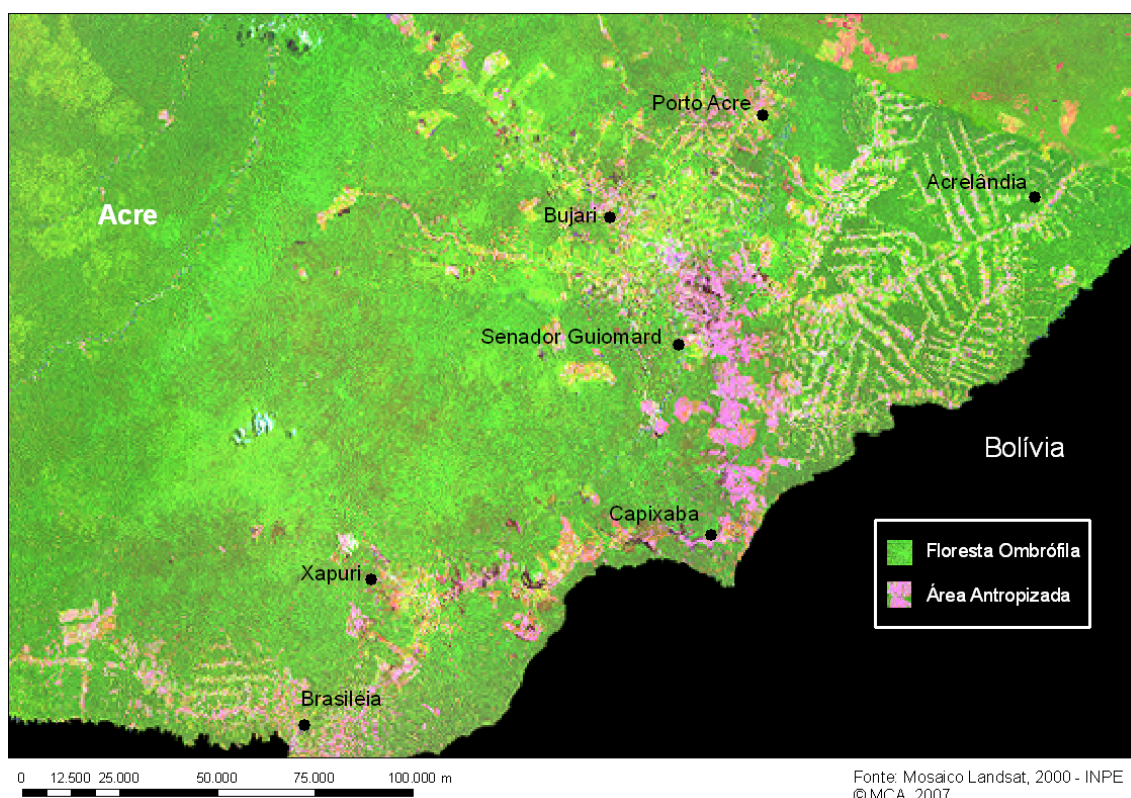


Figura 4.7: Imagem de satélite do leste do Estado do Acre, região do alto Purus. Fonte: INPE.

Já a porção do baixo Purus a diferença de proporção das lâminas positivas entre os sexos é mais branda. Esse fato deve estar relacionado à menor diferença demográfica que há entre os sexos, que ocorre provavelmente por ser uma região de pouco atrativo populacional. A economia local é fortemente dependente de verbas do governo, sendo ele também o principal empregador. Além de ser uma região com extensas áreas de proteção ambiental o que dificulta a expansão e fixação da população. Todos esses fatores fazem com que a maioria da população se concentre nas sedes municipais expondo assim os dois sexos da mesma forma à malária.

4.4 Ocorrência de malária por faixa etária

Analisando a Figura 4.8, que mostra a distribuição de casos de malária por faixa etária, constata-se que o maior número de casos ocorreu nas faixas entre 15 a 39 anos, aproximadamente 32% do total. Sendo estas faixas constituídas pela população economicamente ativa, provavelmente deve estar ocorrendo uma contaminação

principalmente no trabalho. Tal fato deve estar relacionado à intensa economia agropecuária no Acre e à atividade extrativista no sul do Amazonas, tais atividades expõem os trabalhadores a ambientes com pouca infra-estrutura e com alta incidência do vetor. Ocorrem bastante casos também em crianças e adolescentes, entre 1 a 14 anos, o que pode caracterizar uma contaminação domiciliar ou em locais de lazer.

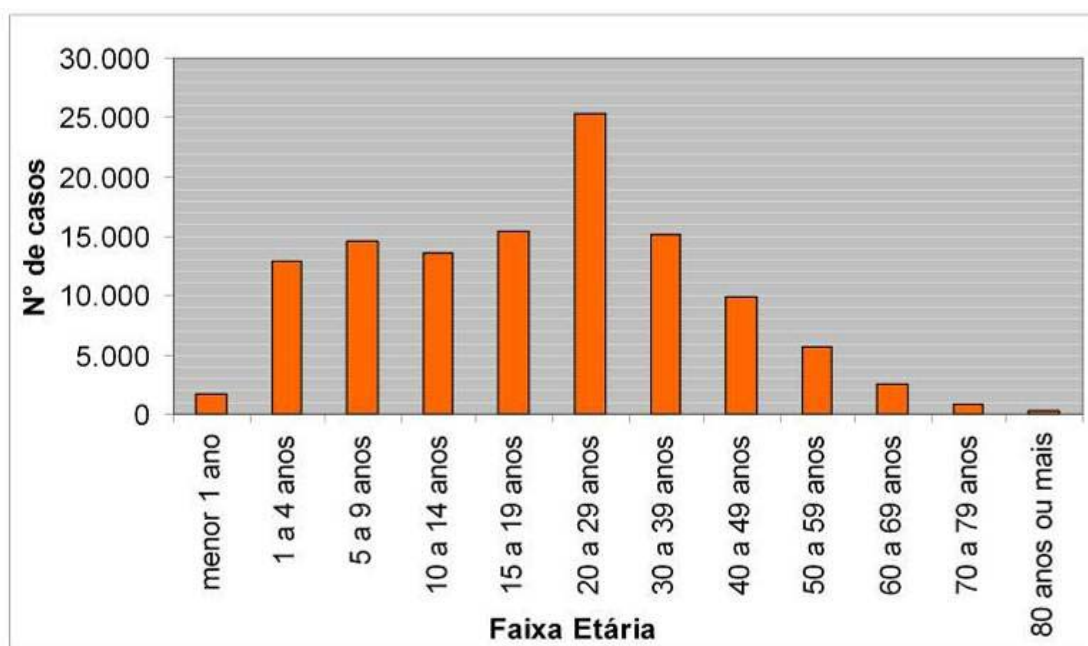


Figura 4.8 – Total de lâminas positivas de malária por faixa etária dos municípios da bacia do Purus entre 2003 a 2006. Fonte: SIVEP-Malária.

4.5 Distribuição mensal dos casos de malária

Os rios na região amazônica têm um papel fundamental tanto na dinâmica e organização populacional dos habitantes da bacia do rio Purus quanto no criadouro do vetor da malária. Afinal, o criadouro do vetor anofelino caracteristicamente é representado por coleções de águas límpidas, com certa profundidade, sombreadas, dotadas de vegetação flutuante ou emergente e pobres em sais e matéria orgânica (FORATTINI, 2002).

Sendo que, na região amazônica a espécie de *Anopheles* predominante é denominado *A. darlingi*. Essa espécie é considerada tipicamente fluvial, sendo assim,

estabelece o seu criadouro dependente do nível da água dos rios (CHARLWOOD *apud* GURGEL, 2006, p. 53).

O regime pluviométrico da bacia do rio Purus é o responsável pelo abastecimento de água nos rios e lagos da região. Alternando entre período seco e chuvoso. Sendo que o período de chuvas ou forte atividade convectiva na região centro-sul da Amazônia é compreendido entre novembro e março, e o período de seca (sem grande atividade convectiva) entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro (FISCH *et al.*, 2005).

Segundo Bustamante (1957), as chuvas se constituem o principal fator determinante da periodicidade estacional da malária. As chuvas muito pesadas são desfavoráveis aos anofelinos, pois causam uma maior movimentação no criadouro do mosquito. Enquanto que, aquelas freqüentes, fracas ou moderadas, são mais favoráveis à proliferação dos mesmos. Desse modo, para as espécies que utilizam os rios para reproduzir-se, o período de maior proliferação vetorial ocorre nos períodos de estiagem.

A precipitação apresenta-se com índices bastante heterogêneos em toda a área de estudo, sendo que a região do baixo Purus é onde são observados os maiores índices, seguido do médio e alto Purus. O gradiente de precipitação de toda a bacia varia de 1550 a 3450 mm ao ano (figura 4.9)

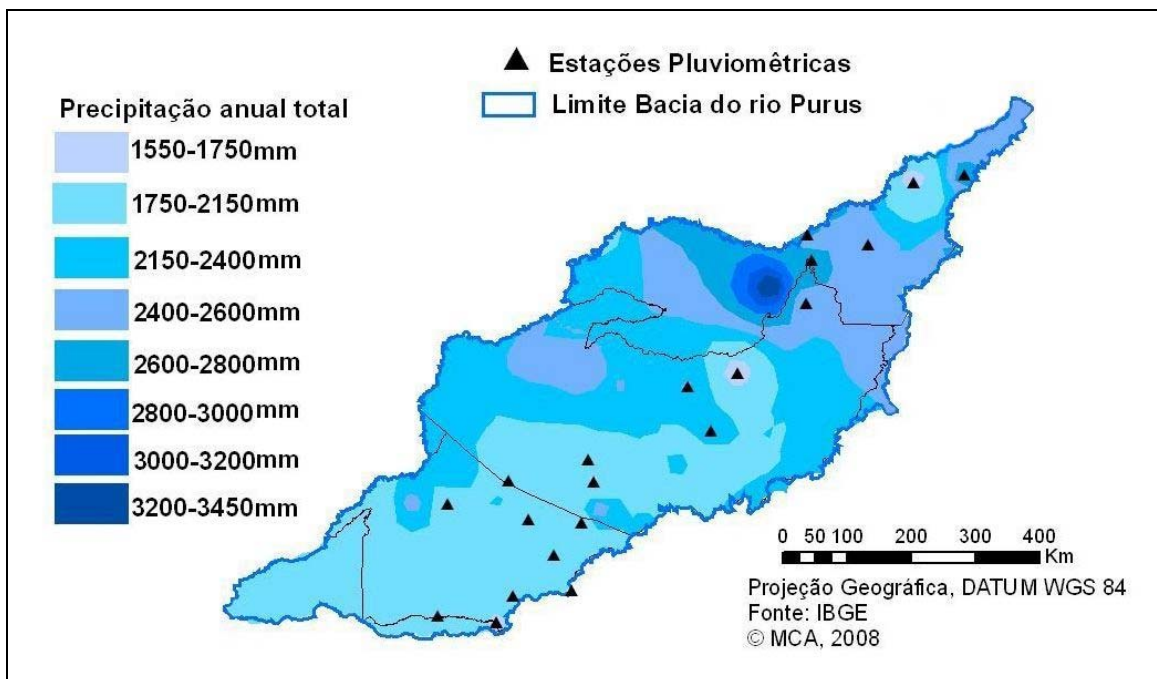


Figura 4.9: Cartograma de precipitação anual total da bacia do rio Purus. Fonte: IBGE e ANA.

A figura 4.10 mostra a distribuição da precipitação entre os meses do ano e a porcentagem dos casos de malária. No baixo Purus, a precipitação apresenta-se mais intensa. Tanto na estação chuvosa quanto na seca. A mínima é observada em junho, aproximadamente 80 mm ao mês. Nesse mês há também o segundo maior valor de incidência de malária, seguido do mês de agosto. Onde é observada a maior proporção de ocorrência dos casos da doença.

No médio Purus o pico da precipitação é observado entre dezembro e março com aproximadamente 260 mm ao mês, período de menor incidência de malária. Em março, apesar de ainda apresentar alta precipitação, os casos de malária começam a se acentuar. Sendo mais intensos nos meses subsequentes de início da estação seca; entre abril e junho.

No alto Purus, fevereiro é o mês com a maior atividade convectiva. Apresentando uma brusca queda na precipitação entre março e abril. Entre, maio e agosto ocorre o período de estiagem nesse setor da bacia. Nesses meses é registrado a maior porcentagem de casos de malária da região.

O fato mais notável é que o número de casos de malária apresenta-se mais concentrado no período de estiagem da precipitação, nos três setores da bacia. Tal fato

se deve a influência da precipitação no criadouro do mosquito. Nessa época o ambiente encontra-se mais propício a procriação do vetor. Afinal, os rios recebem uma quantidade menor de chuva tornando-se menos volumosos e com uma velocidade mais lenta se comparado com a época das chuvas intensas. As quais são mais fortes e são capazes de lavar os criadouros devido à alta movimentação nas águas dos rios e lagos da região. Desse modo, diminuindo a densidade de vetores na estação chuvosa.

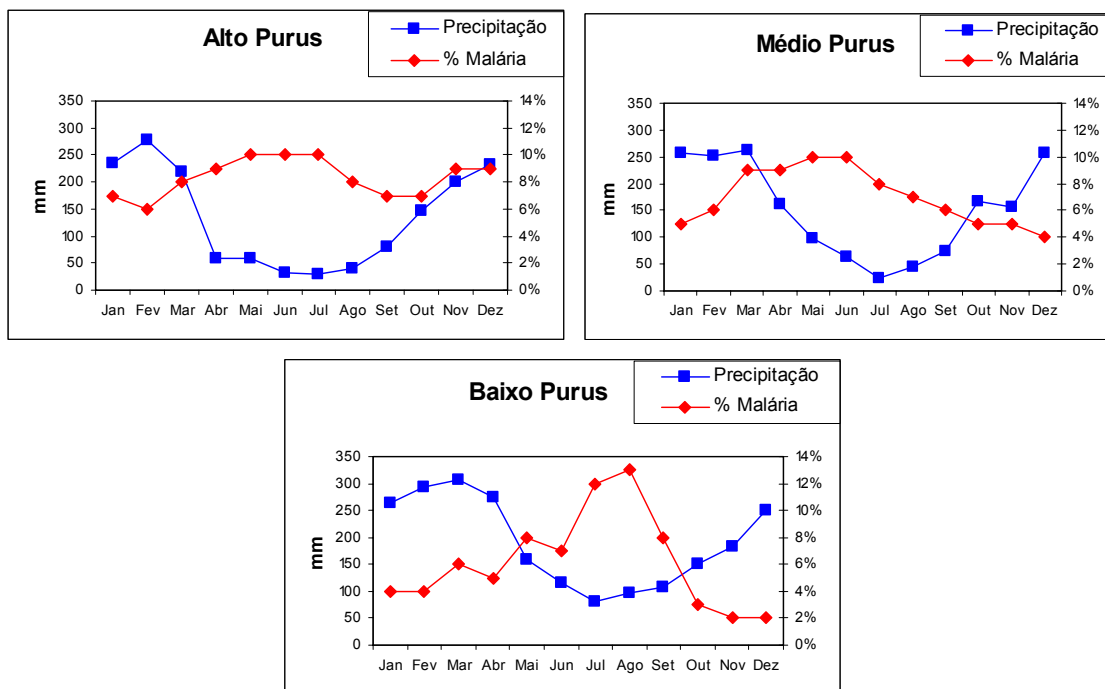


Figura 4.10: Porcentagem de casos de malária por mês entre 2003 e 2006 e média da precipitação mensal em cada uma das três regiões da bacia do rio Purus. Fonte: HIDROWEB/ANA e SIVIP-Malária.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma análise espaço-temporal exploratória da malária na Bacia do rio Purus. A partir das análises é possível observar importantes flutuações no número de casos entre os municípios da bacia, principalmente no médio e baixo Purus e uma elevação constante no número de casos no período de estudo (cerca de 45% de aumento entre 2003 e 2006). As análises ilustram que a malária atinge os municípios pertencentes à bacia de forma bastante heterogênea. Assim como a distribuição dos casos autóctones e alóctones. As explicações para tais diversidades podem ser encontradas tanto em fatores socioeconômicos (economia, expansão da fronteira

agropecuária, mão de obra, facilidade de locomoção da população, etc.) quanto a fatores ambientais (velocidade da vazão dos rios, distribuição da precipitação entre os períodos de estiagem e chuvas mais intensas, etc.). Além da influência do rio na dinâmica populacional, presença de estradas e proximidade dos municípios.

Os resultados também demonstram o potencial das ferramentas de geotecnologias para auxiliar nos estudos da dinâmica das doenças.

Além disso, é importante ressaltar que as análises mostram que não é possível realizar um mesmo tipo de planejamento de controle para toda a bacia, pois a dinâmica da malária é bastante heterogênea em cada setor da bacia. Desse modo, torna-se interessante uma análise mais detalhada através de uma escala local, a fim de observar e melhor compreender as diferenças de incidência de malária entre os municípios da bacia do rio Purus. As variáveis identificadas ao longo da realização do projeto como relevantes ao estudo da incidência de malária devem ser exploradas mais criteriosamente através de análises geoestatística para uma melhor compreensão da dinâmica da malária em toda a bacia do rio Purus.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, M. C. ; GURGEL, H. C. ; ANGELIS, C. F. . **A relação entre a dinâmica da malária e problemas sócio-ambientais na bacia do rio Purus.** In: Anais do III Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Fórum Internacional de Geografia da Saúde, 2007.

BARATA R.C.B. Malaria in Brazil: trends in the last ten years. **Cadernos de Saúde Pública**, v.11, n.1, p.128-136, 1995.

BECK, L.R.; BRADLEY, M.L.; WOOK, B.L. Remote sensing and human health: New sensors and new opportunities. **Emerg Infect Diseases**, v.6, n.3, p.217-226, 2000.

BUSTAMANTE, F. M. Distribuição geográfica e periodicidade estacional da malária no Brasil e sua relação com os fatores climáticos: Situação atual do problema. **Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais**, v. 15, 181-189, 1957.

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.

CORRÊA, M. P. . Epidemiologia e Saúde Pública. In: Bernardo F. T. Rudorff; Yosio E. Shimabukuro; Juan C. Ceballos. (Org.). **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil.** : Bookimage, 2006, v. , p. 351-360.

FISCH,G., MARENGO,J.A., NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, 101-126, 1998.

FORATTINI, O.P. **Culicidologia Médica: identificação, biologia e epidemiologia.** São Paulo: Edusp, v.2, 860 p.

GOETZ, S.J.; PRINCE, S.D.; SMALL, J. Advances in satellite remote sensing of environmental variables for epidemiological applications. **Adv Parasit**, v.47, p.289-307, 2000.

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

GURGEL, H.C. **A utilização das geotecnologias em estudos epidemiológicos: o exemplo da relação entre a malária e o NDVI em Roraima.** In: Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1303 - 1310.

GURGEL, H.C. **Paludisme et dynamiques environnementales dans l'État du Roraima au Brésil.** Tese de doutorado em Geografia e Prática do Desenvolvimento. Nanterre: Université Paris X, 2006. 277p. Disponível em: <http://www.orleans.ird.fr/site/these_gurgel.pdf>. Acesso em: março 2008.

GUSMÃO R. The control of malaria in Brazil. In: CASMAN E.A. et DOWLATABADI H.(Eds). **The contextual determinants of malaria.** Washington, DC: RFF Press, 2002, p.58-65.

HARTKAMP, A.D; BEURS K. de; STEIN A.; WHITE J.W. **Interpolation techniques for climate variables.** México, NRG-GIS Series 99-01, 1999.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: março 2008

HAY, S.I. Remote sensing and disease control: past, present and future. **Trans R Soc Trop Med Hyg**, v.91, p.105–106, 1997.

HAY, S.I.; PACKER, M.J.; ROGERS, D.J. The impact of remote sensing on the study and control of invertebrate intermediate host and vectors for disease. **Int J Remote Sens**, v.18, p.2899–2930, 1997.

LOIOLA C.C.P.; SILVA C.J.M.; TAUIL P.L. Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v.11, n.4, p.235-244, 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.

Organizacion Panamericana de la Salud. Situación de la malaria en lãs Americas, 1996. **Boletín Epidemiológico** 1997;18(3):1-16.

REID, J.; SOUSA JÚNIOR, W.C.. Infrastructure and conservation policy in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 740-746, 2005.

SANTOS, T. B.; GURGEL, H. C.; ANGELIS, C. F.. Bacia do rio Purus: potencialidades para exportação. In: III Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Fórum Internacional de Geografia da Saúde, 2007, Curitiba. Anais do III Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Fórum Internacional de Geografia da Saúde, 2007

SNOW, J. **Sobre a maneira de transmissão do cólera**. Rio de Janeiro: USAID, 1967.

SORRE, M. **Les fondements de la geographie humaine** . Paris: Armand Colin, 1951.

SOUSA JÚNIOR, W.C.; WAICHMAN, A.V.; JAIME, A.L.G.; SINISGALLI, P.A.A. **Gestão das águas na Amazônia: a bacia do rio Purus**. Workshop Gestão Estratégica de Recursos Hídricos, Brasília , 2006. Anais I GERH: ABRH, 4 p, 2006.

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: maio 2007.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M.; DONALISIO, M. R. Use of remote sensing to study the influence of environmental changes on malaria distribution in the Brazilian Amazon. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, 2006.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1. 228 p.

WOOD, B.; BECK, L.; WASHINO, R.; HIBBARD,K.; SALUTE, J. **Estimating high mosquito producing rice fields using spectral and spatial data**. 1992.

