

**MINISTÉRIO DA SAÚDE**  
**FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ**  
**ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA SERGIO AROUCA**  
**Mestrado em Epidemiologia em Saúde Pública**

**DINÂMICA ESPACIAL DA MALÁRIA EM ALDEIAS INDÍGENAS DA  
REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA**

Mário Ribeiro Alves

*Dissertação apresentada como requisito  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências em Epidemiologia em Saúde Pública*

Orientador: Dr. Reinaldo Souza dos Santos

Co-orientador: Dr. Carlos Everaldo Alvares Coimbra Junior

Co-orientadora: Dra. Ana Paula da Costa Resendes

**MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA SERGIO AROUCA**

**Mestrado em Epidemiologia em Saúde Pública**

**Dissertação intitulada:  
DINÂMICA ESPACIAL DA MALÁRIA EM ALDEIAS INDÍGENAS DA  
REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA**

Apresentada por  
Mário Ribeiro Alves

*Dissertação apresentada como requisito  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências em Epidemiologia em Saúde Pública*

Banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr. Reinaldo Souza dos Santos  
Dr. Carlos Everaldo Alvares Coimbra Junior  
Dra. Ana Paula da Costa Resendes

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter permitido que eu conhecesse a ENSP no momento certo e por ter me dado forças ao longo da caminhada do Mestrado.

À minha família, por ter me dado apoio nas pesquisas.

Aos meus amigos, que representam uma das bases da minha vida.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Souza dos Santos, por ter me orientado e incentivado nesse trabalho e pela paciência e compreensão nos momentos mais difíceis do Mestrado.

Ao Prof. Dr. Carlos Coimbra Jr., por compartilhar parte de seu conhecimento sobre os indígenas e por ter proporcionado minha convivência com os Xavantes em Mato Grosso.

Ao Prof. Dr. Ricardo Santos, pelas sugestões no projeto e ter feito parte do aprendizado necessário para esse trabalho.

Aos professores do Programa de Mestrado da ENSP, pelo ensino passado ao longo dessa caminhada.

Ao pessoal da conservação do DENSP, em especial à Lene e à Angela.

A todos da Secretaria do DENSP, pelas ótimas conversas na hora do almoço e pelos incentivos ao longo da jornada do Mestrado.

À ENSP, financiadora da bolsa de Mestrado.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	1
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	2
<b>RESUMO</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	5
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	
<i>Epidemiologia da Malária</i> .....	7
<b>OBJETIVOS</b> .....	19
<b>METODOLOGIA</b>	
<i>Tipo de estudo</i> .....	20
<i>Caracterização da área de estudo</i>	
<i>Amazônia Legal</i> .....	20
<i>Bacias hidrográficas</i> .....	22
<i>Sub-Bacias Hidrográficas</i> .....	26
<i>Fonte de dados</i> .....	30
<i>Análise dos dados</i> .....	31
<i>Amazônia Legal</i> .....	32
<i>Bacias Hidrográficas</i> .....	32
<i>Unidades Federativas</i> .....	33
<i>Sub-bacias Hidrográficas</i> .....	33
<b>ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	34

## **RESULTADOS**

<i>Região Amazônica</i> .....	34
<i>Bacias Hidrográficas</i> .....	40
<i>Unidades Federativas</i> .....	41
<i>Sub-bacias Hidrográficas</i> .....	48

## **DISCUSSÃO**

<i>Amazônia Legal</i> .....	54
<i>Bacias Hidrográficas</i> .....	56
<i>Unidades Federativas</i> .....	59
<i>Sub-bacias Hidrográficas</i> .....	65

<b>CONCLUSÃO</b> .....	74
------------------------	----

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	78
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bacias e Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, organizadas por Unidades Federativas.....	28
Tabela 2 - Distribuição dos registros de casos de malária nas prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira para o período de 2003 a 2009.....	35
Tabela 3 - Registros de casos de malária por sexo, referentes às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira para o período de 2003 a 2009.....	36
Tabela 4 - Distribuição dos registros de casos de malária por sexo e faixa etária, referente às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira (2003-2009).....	38
Tabela 5 - Registros de casos de malária para <i>P. falciparum</i> e <i>P. vivax</i> e a razão entre esses com prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, organizados por ano e para o período (2003-2009).....	39
Tabela 6 - Registros de casos de malária para todo o período (2003 a 2009), organizados segundo as cinco principais Bacias Hidrográficas da Região Amazônia brasileira, tendo as prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas.....	40
Tabela 7 - Incidências Parasitárias Anuais (2003 a 2009), organizadas por Unidades Federativas da Região Amazônia brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas.....	44
Tabela 8 - Distribuição das IPAs por faixa etária e por Unidade Federativa, com prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, para o período de 2003 a 2009.....	46
Tabela 9 - Casos de malária distribuídos por sexo e por Unidade Federativa (2003-2009).....	47
Tabela 10 - Casos de malária para <i>P. falciparum</i> , <i>P. vivax</i> e a razão entre esses distribuídos por Unidade Federativa.....	48
Tabela 11 – Distribuição das IPAs das Sub-Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas entre 2003 e 2009.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização geográfica das Unidades Federativas da Região Amazônica brasileira.....	21
Figura 2 - Caracterização geográfica das Bacias Hidrográficas.....	23
Figura 3 - Caracterização geográfica das Sub-Bacias Hidrográficas.....	29
Figura 4 - Valores das IPAs por sexo, referente às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, distribuídos pelo período (2003-2009).....	37
Figura 5 - Distribuição da IPA para todo o período, organizada por Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira.....	41
Figura 6 - Distribuição das IPAs por Unidades Federativas da Região Amazônica brasileira, com prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas (2003-2009).....	45
Figura 7 - Mapa de distribuição das IPAs das Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas (2003- 2006).....	52
Figura 8 - Mapa de distribuição das IPAs das Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas (2007-2009 e período).....	53

## RESUMO

O presente estudo procurou descrever a epidemiologia da malária em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira com base na análise espacial, discutindo aspectos epidemiológicos associados às unidades de análise entre 2003 e 2009. Foram utilizadas quatro unidades geográficas de análise, organizadas segundo extensão territorial: Amazônia Legal, Bacias Hidrográficas, Unidades Federativas e Sub-Bacias Hidrográficas. Foram registrados 202.254 casos de malária na Região Amazônica durante o período, com um IPA para o período de 92,22. O maior IPA (115,01) foi observado em 2007. O sexo masculino apresentou a maior quantidade de casos (55,27%). A faixa etária de 0 a 9 anos foi a mais acometida, representando 81.140 registros. *Plasmodium vivax* foi identificado como agente em 157.931 registros de casos (78,08% do total de casos) e *P. falciparum* em 41.900 (20,72%). Foi observada maior quantidade de registros na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (190.339, 94,12% do total) e o maior IPA para o período (172,96) foi observado nas Bacias Costeiras do Norte. Quanto às Unidades Federativas, 120.344 casos foram registrados no estado do Amazonas (59,5% do total). O maior valor do IPA durante todo o período (303,18) foi registrado no Amapá em 2009. Com relação às Sub-Bacias, o maior IPA para todo o período foi observado na Sub-Bacia do Rio Tapajós (237,27) e o maior IPA foi observado na Sub-Bacia do Rio Nhamundá (344,71) em 2006. Destaca-se que as Sub-Bacias Hidrográficas apresentaram-se como melhor unidade de análise, revelando diferenças nos IPAs não observadas nas outras unidades geográficas.

**Palavras-chave:** Malária, Epidemiologia, Análise espacial, Populações indígenas.

## ABSTRACT

The goal of this work was to describe the epidemiology of malaria in Indian reserves of Brazilian Amazon region based on spatial analysis, discussing epidemiological aspects associated with analysis units between 2003 and 2009. We used four geographical units of analysis, organized according to territorial extension: Brazilian Amazon region, Watersheds, states and Sub-Watersheds. Were recorded 202.254 cases of malaria in the Amazon region during the period, with an IPA (Parasitic Annual Indice) of 92.22. The highest IPA (115.01) was observed in 2007. The major number of cases was observed for male (55.27%). The age group 0-9 years was the most affected, accounting for 81,140 records. *Plasmodium vivax* was identified as an agent in 157,931 records of cases (78.08% of total cases) and *P. falciparum* 41,900 (20.72%). The highest number of records was observed in Amazonas River Sub-Watershed (190,339, 94.12% of total) and highest IPA for the period (172.96) was observed in the Northern Coastal Basins. As for the states, 120,344 cases were reported in the state of Amazonas (59,5% of total). The highest value of IPA during the period (303.18) was registered in 2009 in Amapá. In the case of Sub-Watersheds, the highest IPA for the whole period was observed in Rio Tapajós Sub-Watershed (237.27) and the highest IPA during the period was observed in Rio Nhamundá Sub-Watershed (344.71) in 2006. It was concluded that the Sub-Watersheds shown to be the best unit of analysis, revealing differences in IPAs not observed in others geographical units.

**Keywords:** Malaria, Epidemiology, Spatial analysis, Indigenous people.

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Durante a década de 1990, a malária no Brasil foi registrada em 79 municípios da Região Amazônica, associada, mais precisamente, à mineração e às atividades de expansão da fronteira agrícola. Além do surgimento de garimpos e da expansão da fronteira agrícola, observamos grandes intervenções feitas na Região Amazônica, tais como construção de hidroelétricas, construção de rodovias, rápido crescimento das cidades (Tadei e Dutary-Thatcher, 2000) e assentamentos (Santos e cols., 2009b). Tais empreendimentos favoreceram, ainda, uma intensa migração de pessoas, o que colaborou ainda mais para o aumento da transmissão da doença (Tauil, 1985). Além do ambiente físico, alguns aspectos sociais tais como o contato homem-vetor durante o horário de ação dos vetores e a precária qualidade das moradias (chegando a serem cobertas por plásticos ou palha) que oferecem pouca ou nenhuma proteção ao vetor são fatores de risco para a transmissão da doença (Santos e cols., 2009b). Portanto, a epidemiologia da malária é complexa, sendo influenciada por fatores ambientais e socioeconômicos (Souza-Santos e cols., 2008).

Em relação aos povos indígenas, a doença representa a principal causa de internação e óbito para algumas etnias. A proximidade dos povos indígenas ao ambiente silvestre propicia uma maior exposição aos diversos patógenos presentes no ambiente natural (Santos e cols., 2009a). Apesar da importância da doença entre povos indígenas, ainda são escassos os estudos que analisem sua situação epidemiológica entre populações indígenas do Brasil (Mello, 1985). Os poucos estudos sobre malária (exclusivamente) em populações indígenas abordam a doença de forma descritiva (Mello, 1985; Santos e cols., 2009a; Genaro e Ferraroni, 1984). Um estudo (Souza-Santos e cols., 2008) analisa especialmente a doença em terras indígenas, abordando a situação da doença no estado de Rondônia.

Diversos trabalhos têm abordado a epidemiologia das doenças transmissíveis através de dinâmicas espaciais com uso de ferramentas de geoprocessamento (Albuquerque, 1993; Correia e cols., 2007; Souza-Santos e cols., 2008; Rincón-Romero e Londoño, 2009; Costa e cols., 2011; Rollemberg e cols., 2011; Prado e cols., 2011). Devido ao grande número de elementos que se inter-relacionam no espaço, torna-se difícil estabelecer relações de causalidade entre condições ambientais e saúde. Dentro

deste contexto, o geoprocessamento permite a identificação de variáveis onde percebem-se riscos à saúde, servindo, portanto, como um poderoso instrumento para a pesquisa em saúde, na medida em que permite planejar medidas de intervenção para populações expostas a risco (Barcellos e Bastos, 1996).

Neste trabalho, foi analisada a distribuição espacial da malária através de diferentes unidades geográficas de análise, associando os resultados encontrados com possíveis fatores de risco descritos na literatura científica. Como ferramenta de apoio à análise propomos utilizar técnicas de geoprocessamento para geração de mapas temáticos.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Epidemiologia da Malária

Apesar de estudos abordarem a malária em estados não amazônicos (Meneguzzi e cols., 2009 ; Gomes e cols., 2010 ; Marcondes e Marchi, 2010 ; Couto e cols., 2010), a Região Amazônica brasileira (que representa cerca de 60% do território nacional, sendo formada pelos estados da Região Norte e pelos estados do Mato Grosso e do Maranhão) (Tauil, 1986) concentra cerca de 99% de todos os casos de malária no país, tendo sido identificados nesta região 106 municípios de alto risco para a transmissão da doença. A alta transmissão da doença na Região está relacionada à alta densidade de vetores, altos índices de pluviosidade, grande malha hídrica e ampla cobertura vegetal (Brasil, 2005a).

A doença surgiu provavelmente na África, disseminando-se para áreas tropicais e subtropicais de todo o mundo. Com a chegada dos europeus e africanos ao Novo Mundo (final do século XV), a doença atingiu o Caribe, as Américas Central e do Sul e, posteriormente, os Estados Unidos e o Canadá (século XVIII). Até meados do século XIX, com a colonização européia, a América sofreu grandes perdas de vidas causadas por malária e por outras doenças infecciosas. Com o Brasil, não foi diferente (Mutis e cols., 2005).

O controle da malária no Brasil teve início em 1898, quando Adolfo Luz destacou o papel dos anofelinos como vetores da doença, antes mesmo da descoberta de que a malária era transmitida por mosquitos do gênero *Anopheles*. Foi atribuído aos mosquitos da espécie *Anopheles cruzi* o “surto de paludismo” em trabalhadores da estrada de ferro São Paulo-Santos (Silveira e Rezende, 2001).

No início da década de 1940, o controle da doença passou a ser de âmbito nacional, pois a malária tinha alta prevalência e estava dispersa pelo país, com mais da metade dos casos registrados em áreas não-amazônicas (Silveira e Rezende, 2001).

Em 1945 chega ao Brasil o DDT e a cloroquina, com expectativa do controle da transmissão da malária. Nos anos seguintes, houve grande esforço que resultou em forte impacto na transmissão da doença. Em áreas das Regiões Sul, Sudeste e Nordeste houve completa interrupção de transmissão. Durante a década de 1970, foram alcançados os mais baixos níveis de registros de casos da doença no país (Silveira e Rezende, 2001).

Em 1989 entra em efetividade o projeto para “Controle da Malária na Bacia Amazônica” (PCMAN), que visava reduzir a prevalência da malária, o desenvolvimento institucional mediante incorporação de novas tecnologias e o controle da malária em comunidades indígenas (Silveira e Rezende, 2001).

A quantidade de casos de malária nos registros de saúde é função da imunidade do hospedeiro, do tipo de parasito circulante na localidade, da resistência da cepa ao tratamento, das alterações antrópicas na localidade, da forma como ocorre o controle vetorial e da qualidade dos serviços de tratamento. No Brasil, diversas iniciativas de controle vetorial foram tomadas. Junto a elas, houve o desmatamento e a urbanização de áreas rurais, levando a uma redução da transmissão da doença em áreas das Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Tal sucesso não foi observado na Região Amazônica brasileira, provavelmente pela floresta úmida que proporciona condições ideais para a reprodução do vetor, além da grande exposição de grupos humanos, como indígenas, mineradores, madeireiros, fazendeiros e populações ligadas às atividades extrativistas. A dinâmica de transmissão da doença tende a se manter intensa também pela resistência do *P. falciparum* às drogas antimalariágenas e pela falta de infraestrutura sanitária de localidades pertencentes à municípios que apresentam registros de casos de malária (Coura e cols., 2006).

Além das áreas urbanizadas da Região Amazônica brasileira, há populações ribeirinhas e povos indígenas que apresentam diferentes níveis de contato com populações não-indígenas. A malária é doença grave para as populações indígenas, já que representa a principal causa de internação e óbito em algumas etnias. Geralmente, os episódios mais graves ocorrem em aldeias mais afastadas das áreas urbanas, onde o contato com não-indígenas é recente e a transmissão é instável. Devemos lembrar que o comportamento do vetor influencia a epidemiologia local. Além disso, a mesma população pode apresentar variações em seu comportamento como resposta às alterações externas, aumentando a complexidade da dinâmica de transmissão da doença. Como exemplo, temos as reuniões e celebrações indígenas da Aldeia Mapuera, acolhendo etnias de outras áreas endêmicas, propiciando a entrada de pessoas infectadas na área, dando origem a registros de casos de infecção na aldeia (Santos e cols., 2009a).

Sampaio e cols. (1996) relataram um surto de malária na terra indígena Vale do Javari, tendo a faixa etária entre 15 e 24 anos como a mais acometida pela doença, o que apontou para o predomínio de transmissão extra-domiciliar. O surto foi associado às invasões da área por populações não-indígenas. Como a maior quantidade de casos foi observada nas áreas mais intensamente invadidas, pôde-se concluir que os surtos de malária estavam associados às atividades garimpeiras dos invasores.

Sá e cols. (2005) demonstraram que a epidemiologia da malária na etnia Pakaanóva (localizada no estado de Rondônia) é influenciada pela interação entre fatores ambientais e fatores sociais. Contrariando os achados de outros estudos, os autores destacaram que entre os Pakaanóva a doença não tinha maior concentração de casos relacionada às ocupações por parte dos sexos masculino e feminino. As mulheres sustentam importantes atividades econômicas nas florestas e nos jardins. Além do mais, em viagens destinadas à caça, elas acompanham o grupo de caça, acampando sem nenhuma proteção dos anofelinos. Também são realizados banhos matinais durante período de grande atividade anofelina. As crianças geralmente acompanham seus pais nas atividades diárias, estando expostas ao vetor. Como os anofelinos tinham predominância de comportamento exofilico (poucos mosquitos foram capturados no interior das residências) e os Pakaanóva de ambos os sexos e de todas as idades praticavam atividades ao ar livre durante o período de maior atividade anofelina, a malária tende a ser endêmica entre os Pakaanóva.

Teodardo e cols. (2004) demonstraram uma prevalência de malária de 40,6% entre índios Yanomami de Mucajaí (estado de Roraima), com prevalências de 44% em indivíduos com menos de 10 anos de idade e de 34,8% entre os que tinham mais de 10 anos. Com relação ao tipo de plasmódio, *P. vivax* foi responsável por 78% dos registros e *P. falciparum* por 22%. Foram diagnosticados 36,5% do total de registros sob a forma mais grave de malária. Os autores destacaram que a doença possui um perfil de transmissão mesoendêmico e instável na região, possivelmente explicado pela recente introdução da doença no local, devido à exploração de ouro que acabou com o isolamento da população Yanomami em relação às populações não-indígenas.

Rodrigues e Neto (2011) demonstraram aumento da IPA de malária em áreas rurais de São Gabriel da Cachoeira (estado do Amazonas) entre 2003 e 2007 (96,3;

112,2; 158,2; 213,3; 256,0, respectivamente), podendo ser explicado pela melhoria das ações de controle da doença devido à maior capacidade de detecção de casos pelos serviços de vigilância. As ações de controle da doença mostraram-se efetivas, já que houve redução das infecções por *P. falciparum* e de internações e óbitos por malária.

A malária é uma doença parasitária, geralmente apresentando febre aguda sendo de elevada prevalência e morbidade. A malária é causada no homem por quatro espécies de plasmódio: *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* e *P. ovale* (Mutis e cols., 2005). Autores destacam evidências que levam a crer que *P. knowlesi* também pode causar a doença no homem (Sabbatani e cols., 2010). A doença é transmitida pela picada da fêmea de mosquitos *Anopheles*. A duração do período febril varia de acordo com a espécie do plasmódio, sendo acompanhados de cefaléia, calafrio, tremor e intensa sudorese. Os casos em pacientes com imunidade ou casos com presença de baixa parasitemia podem originar formas leves de infecção, chegando a formas assintomáticas. As infecções por *P. vivax* e *P. ovale* podem gerar recaídas e casos mais crônicos da doença. No caso de *P. falciparum*, o mesmo pode acontecer por resistência às drogas (Mutis e cols., 2005).

O gênero *Plasmodium* inclui mais de 125 espécies de parasitos que infectam répteis, pássaros e mamíferos. O *Plasmodium* é o único gênero da família Plasmodiidae, subordem Haemosporina. Todas as espécies dessa subordem são parasitas intracelulares obrigatórios, tendo dois hospedeiros: um vertebrado, considerado intermediário (onde há reprodução assexuada) e outro invertebrado, dípteros sugadores de sangue, considerado hospedeiro definitivo (onde ocorre reprodução sexuada por fertilização) (Mutis e cols., 2005).

Os vetores da malária são insetos da ordem Diptera, da família Culicidae e do gênero *Anopheles*. Apesar do grande número de espécies, somente um reduzido número tem importância na transmissão da malária ao ser humano, apresentando predomínio em determinadas áreas geográficas (Mutis e cols., 2005).

Na África, há predomínio de *An. gambiae* e *An. funestus*. No planalto mexicano para o norte, *An. quadrimaculatus* e *pseudopunctipennis*. Na América Central e nas Antilhas, *An. albimanus* e na maior parte do continente sul-americano, *An. darlingi* (Mutis e cols., 2005).

No Brasil, as principais espécies transmissoras da doença são: *Anopheles darlingi*, *Anopheles aquasalis*, *Anopheles albitarsis*, *Anopheles cruzii* e *Anopheles bellator*. Popularmente, os vetores da malária são conhecidos como carapanã, “muriçoca”, “sovela”, “mosquito-prego” e “bicuda” (Brasil, 2005b).

*Anopheles darlingi* é vetor primário, altamente antropofílico e susceptível aos plasmódios humanos e, mesmo em baixas densidades, é capaz de transmitir malária dentro e fora das casas. *Anopheles darlingi* é o anofelino que mais rapidamente se beneficia das alterações humanas no ambiente silvestre. Com a colonização da Região Amazônica, houve a substituição da floresta por plantações, pastagens ou garimpos, o que gerou ambientes favoráveis ao *An. darlingi*, levando ao aumento da transmissão de malária (Consoli e Lourenço-de-Oliveira, 1994).

*Anopheles aquasalis* possui preferência por águas dotadas de certa salinidade. Algumas localidades brasileiras são atingidas pela espécie quando o solo é rico em cloretos (sertão nordestino) ou quando o terreno sofre invasão das marés (no município de Belém). Seus criadouros são coleções de águas paradas e salobras, de tamanho pequeno ou médio, ensolaradas ou parcialmente sombreadas, que ocorrem em áreas de baixadas litorâneas. Poças e valas formadas na época das chuvas em solos salgados são os locais mais prováveis de se achar *An. aquasalis* (Consoli e Lourenço-de-Oliveira, 1994).

*Anopheles albitarsis* é mais comum em áreas de planície e de baixada, sendo abundante também em planaltos, mas torna-se raro à medida que há forte declive do terreno ou no interior de florestas. Pode ser considerado o mosquito vetor de maior ecletismo com relação aos hábitos, pois é quase destituído de preferência com relação aos criadouros. Porém, suas larvas são mais abundantes nos alagados com capins, de água doce e limpa. Devemos lembrar que *An. albitarsis* é considerado vetor secundário ou até mesmo local, pois apenas em poucas localidades fora considerado o único transmissor (Consoli e Lourenço-de-Oliveira, 1994).

A espécie *Anopheles cruzii* é restrita ao litoral brasileiro e pode se criar em bromélias epífitas e terrestres que estejam em locais protegidos dos raios solares. Portanto, essa espécie pode criar-se em plantas de tamanho grande ou bem pequeno. Sua densidade populacional está relacionada com a abundância de gravatás e de

elevados índices de umidade relativa do ar (gerados pelas chuvas e pela lenta evaporação) (Consoli e Lourenço-de-Oliveira, 1994).

*Anopheles bellator* prefere criar-se em bromélias rupestres, epífitas ou terrestres expostas ao sol. Ao contrário do *An. cruzii*, prefere os gravatás de maior tamanho, que permitem maior acúmulo de água. É essencialmente crepuscular vespertino, prolongando sua atividade hematofágica até as primeiras horas da noite, sendo raramente coletado durante as horas claras do dia. Ataca o homem em elevado número ao pôr-do-sol (Consoli e Lourenço-de-Oliveira, 1994).

A transmissão da doença se dá pela picada de *Anopheles* infectados de esporozoítas nas glândulas salivares, que, ao picarem o homem para sugar seu sangue, inoculam os esporozoítas na corrente sanguínea, os quais chegam aos hepatócitos (Mutis e cols., 2005). Nestas células, os esporozoítos se multiplicam, dando origem a novos parasitos (merozoítos), que, ao romper os hepatócitos, caem na circulação sanguínea, invadindo as hemácias. É nessa fase sanguínea que aparecem os sintomas da doença (Brasil, 2010).

O meio ambiente é o fator que modula a ocorrência e a magnitude da doença em determinada área, seja por suas condições naturais, tais como fatores físicos como temperatura e umidade relativa do ar, que influenciam na longevidade dos vetores, ou precipitação pluviométrica, como fonte mantenedora de coleções hídricas, que podem funcionar como áreas de criação de mosquitos. As características do *An. darlingi* são compatíveis com a exploração predatória da natureza pelo homem, pois ela propicia e modifica criadouros, que hoje são totalmente ampliados e potencializados, tais como rios, lagos e igarapés. Por isso, há criação de condições ideais para a procriação de vetores (Mutis e cols., 2005).

O contato efetivo entre vetor e hospedeiro é diretamente facilitado pelas condições socioeconômicas e culturais da população, que frequenta de forma permanente ou temporária as áreas de alto risco de transmissão da doença, cuja exposição ao vetor pode ser facilitada pelas precárias habitações, falta de saneamento básico, inadequadas condições de trabalho e pela dificuldade de acesso aos serviços de saúde, gerando um aumento da reprodução da doença (Mutis e cols., 2005).

Em relação à saúde dos viajantes, o risco individual de adquirir a doença é dependente do itinerário da viagem (ou seja, se o destino da viagem inclui locais com elevados níveis de transmissão da doença), do objetivo da viagem (viajantes que realizam atividades do pôr-do-sol ao amanhecer), das condições de acomodação (dormir ao ar livre, em acampamentos ou em barcos) e altitude do destino (até 1.000 m de altitude). Apresentam risco elevado de doença grave indivíduos residentes em áreas não-endêmicas para a doença, crianças menores de cinco anos de idade, gestantes, idosos e transplantados. Como proteção contra a picada dos insetos, deve-se evitar atividades durante os horários de maior atividade do mosquito vetor da malária (do pôr-do-sol ao amanhecer), usar roupas claras e de manga longa, uso de telas nas portas e nas janelas e de mosquiteiros impregnados com piretróides (Brasil, 2010).

Os registros de casos assintomáticos da doença são relativamente recentes no continente americano (Coura e cols., 2006). Um estudo seccional (Alves e cols., 2002) mostrou prevalências de infecções assintomáticas em um município de Rondônia (Portuchuelo) de 14,6, 21,7 e 6,4% em três inquéritos realizados durante os anos de 1998 e 1999, respectivamente. Em se tratando de faixas etárias, o estudo demonstrou que a prevalência de casos assintomáticos foi maior em indivíduos mais velhos, podendo ser explicado pelo fato de que as populações que estão mais expostas à malária adquirem certo grau de imunidade, com as consequentes infecções pelo *Plasmodium*.

Os atuais registros dos casos de malária no Brasil podem, portanto, estar subestimando a incidência da doença, já que o exame da gota espessa (que se baseia na visualização do parasito através de microscopia ótica, através da coloração pelo método de Walker ou Giemsa) (Brasil, 2005b) que é utilizado para o diagnóstico da malária detecta somente uma fração dos casos positivos (Alves e cols., 2002). Cabe destacar que indivíduos assintomáticos tornam o controle da malária ainda mais difícil, já que estes, por não serem tratados, são potenciais reservatórios para a doença, levando ao aumento da sua transmissão (Coura e cols., 2006).

Inicialmente focalizada na costa brasileira, graças às “Entradas e Bandeiras”, a malária foi se interiorizando até atingir a Amazônia, onde persiste enquanto principal endemia até os dias atuais, causando de 500 a 600 mil casos anuais (Mutis e cols., 2005).

A doença tem destaque no processo de desenvolvimento do Estado brasileiro, com importante participação nos grandes momentos de construção do país, servindo como ponto de referência e forte indicadora das desigualdades sociais em diferentes conjunturas. Na época colonial, a doença é relacionada ao processo produtivo, com marcante prevalência no meio rural, sendo relacionada à implantação e consolidação da economia cafeeira (Mutis e cols., 2005).

Em 1940, o Brasil apresentava cerca de 1/7 de sua população com malária, o correspondente a 6 milhões de casos. No final da década de 1940, com uso do DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) e da cloroquina associados a mudanças no programa de combate, houve um acentuado declínio da doença. Em 1970, foram registrados 52.469 casos da doença no país, com grande concentração de casos na Amazônia Legal, revelando uma tendência de crescimento e de localização na Região Amazônica, onde a exploração econômica e ambiental ocorre de forma predatória, causando grandes bolsões da doença. Esse panorama foi relacionado à implantação de projetos de colonização, extração mineral, invasão de terras indígenas e expansão desordenada de periferia urbana. Em 1980, foram notificados 169.871 casos e em 1990, mais de 560.000 casos. O decênio foi marcado pela alta frequência e pela predominância do *P. falciparum* (Mutis e cols., 2005).

A distribuição espacial da doença na Região Amazônica não é homogênea (Rodrigues e cols., 2008), sendo focal em locais onde há péssimas condições de vida, que aumentam o contato homem-vetor (Tauil, 1986) (podendo ser exemplificadas pelas casas sem paredes, quando observadas em populações não-indígenas). Essas populações comumente estão relacionadas à ocupação desordenada de terras, à exploração mineral, a assentamentos e à intensa migração da zona rural para a periferia de cidades amazônicas (Silveira e Rezende, 2001). Em um estudo (Santos e cols., 2009b), pôde-se observar que a distribuição da malária é tão heterogênea (devido ao diferenciado(a) uso/ocupação do solo e à degradação ambiental) que pode haver maior concentração de casos mesmo em uma área geográfica menor, como um assentamento. Tal heterogeneidade é evidenciada pelos diferentes Índices Parasitários Anuais (IPAs, por mil habitantes, para o ano de 2005) nas estradas projetadas do assentamento Vale do Amanhecer: 38,5; 128,6; 74,1; 312,5; 67,4; 115,8; 906,2; 1.136,8; 1.291,6. Obteve-se um IPA total de 493 casos/mil habitantes (Santos e cols., 2009b).

Diversos estudos têm associado o aumento da transmissão de malária com as intervenções humanas na Região Amazônica. Dentre as principais modificações ambientais causadas pela ação humana, podemos citar os assentamentos, os garimpos, o desmatamento, a construção de usinas hidroelétricas, os tanques de pisciculturas, o desenvolvimento de projetos agropecuários e a construção de rodovias como potenciais criadouros de vetores da malária (Castro e Singer, 2007 ; Barbieri e Sawyer, 2007 ; Saraiva e cols., 2009 ; Vasconcelos e cols., 2006 ; Terrazas, 2005 ; França e cols., 2008 ; Barcellos e cols., 2010). Tais empreendimentos, ao gerarem grandes alterações ambientais, geram condições propícias para a formação de criadouros para o mosquito vetor. Junto a isso, temos a grande concentração populacional, que inclui indivíduos contaminados pelo *Plasmodium*. Com isso, há o aumento do contato entre o homem e o vetor da malária, levando a um aumento da transmissão da doença (Castro e Singer, 2007).

Citando Marques e Forattini (2009), o cultivo de bromélias (que é explicado pelos projetos de paisagismo) no litoral norte do estado de São Paulo (município de Ilhabela) permitiu a presença de *Anopheles cruzii*, devido a essas plantas gerarem potenciais criadouros, servindo ainda de fontes alimentares e de abrigos aos *An. cruzii*.

Em relação à ocorrência de malária em populações indígenas, Souza-Santos e cols. (2008) afirmaram que a epidemiologia da doença nas terras indígenas possui um perfil instável e heterogêneo, que é evidenciado pelos diferentes IPAs. Neste estudo, classificou-se o estado de Rondônia em três zonas, devido aos diferentes aspectos ambientais. A Terra Indígena Roosevelt teve um IPA de 1518,97 para o ano de 2004. No ano de 2003, seu IPA foi de 6,07. O crescimento do IPA se deu pela criação de um garimpo de diamantes na localidade. Foram registrados 762 casos de malária para o sexo masculino e 239 casos para o sexo feminino. Tal diferença é explicada pela maior presença dos homens, em relação às mulheres, em garimpos.

Sá e cols. (2005) demonstraram que entre 1998 e 2002 os índios Pakaanóva tiveram 1.933 casos de malária diagnosticados. Porém, a distribuição dos casos da doença entre a etnia não fora homogênea, ficando concentrada entre as terras indígenas Lage e Pacaas Novos. Contrariando os achados da epidemiologia da doença, um maior

número de casos de malária foi diagnosticado entre crianças menores de 10 anos de idade, que pode ser explicado pela ecologia humana dos Pakaanóva.

Ianelli e cols. (1998) destacaram o comportamento dos índios Xavantes na terra indígena Pimentel Barbosa (Mato Grosso), tais como banhos e retirada de água por mães e filhos em horários próximos ao amanhecer e ao anoitecer, com pouca ou nenhuma roupa no corpo. Esse comportamento é um fator de risco para o aumento da exposição ao *Anopheles* em ambos os sexos e de todas as idades. Foi feita a captura de anofelinos, concluindo-se que seu comportamento possui comportamento exofílico, pois cerca de 87,6% dos anofelinos foram capturados em ambiente extra-domiciliar e 11,5% em ambiente peri-domiciliar. Destacou-se que nenhum anofelino capturado estava infectado por *Plasmodium*.

Cabral e cols. (2010) estudaram a epidemiologia da malária na Sub-Bacia do Rio Negro, que abrange a terra indígena Yanomami. O trabalho demonstrou que durante o período de 2003 a 2007 o IPA da terra indígena aumentou cerca de 55 vezes; porém, não foram encontrados fatores de risco para aumento da transmissão da malária, como garimpos ou áreas de expansão da fronteira agrícola. Provavelmente, a falta de medidas preventivas associada às características ambientais da região (que naturalmente contém criadouros de anofelinos) foi responsável pelo aumento da transmissão da doença.

Souza-Santos e cols. (2008) afirmam que as transformações na paisagem podem ter grandes impactos na dinâmica da doença nas terras indígenas, podendo desencadear grandes surtos ou até mesmo interromper sua transmissão, devido a grandes desmatamentos.

A utilização de mapas para o estudo da distribuição espacial de doenças é bem antiga e diversos trabalhos vêm descrevendo tal distribuição (Carvalho e cols., 2000). Um exemplo clássico é o estudo de John Snow sobre cólera em Londres, onde um surto da doença foi associado com a contaminação da água que era usada para consumo, em uma das bombas de uma localidade (Snow, 1967). Em relação às doenças transmissíveis, o uso de geoprocessamento torna-se pertinente, na medida em que identifica áreas de risco para a transmissão das doenças, servindo de apoio às medidas de combate das doenças (Meneguzzi e cols., 2009).

A visualização dos dados de saúde se dá pelo mapeamento de eventos de saúde, servindo para descrever a distribuição de determinadas variáveis de interesse. A análise exploratória de dados é usada para a descrição de padrões espaciais. A modelagem é utilizada para testar formalmente uma hipótese ou para estimar relações entre a incidência de uma doença e as variáveis ambientais (Hino e cols., 2006).

A aplicação de SIG na área da saúde permite conectar saúde e ambiente, proporcionando interessantes possibilidades e permitindo aos pesquisadores aplicar novos métodos no contexto de informação espacial. O ambiente do SIG permite a integração de diversos tipos de informação, porém, a avaliação do pesquisador torna-se indispensável, pois não há mecanismos automáticos para a interpretação dos resultados obtidos (Hino e cols., 2006).

Garnelo e cols. (2005) demonstraram que o uso de geoprocessamento no contexto da saúde indígena possibilita a comparação entre as unidades de análise que estão geograficamente representadas. Neste estudo, o DSEI (Distrito Sanitário Especial Indígena) foi a unidade de análise adotada. Os mapas temáticos gerados compararam a incidência de tuberculose (por 100.000 habitantes) em 17 DSEIs para o ano de 2000. Observou-se falta de notificação, particularmente nos DSEIs da região Sul, Sudeste e Nordeste, onde dois dos nove DSEIs forneceram informações à FUNASA. O IPA para o ano de 2000 indicou que os DSEIs com maior número de notificação foram Rio Tapajós (820,5), Yanomami (627,5), Guamá/Tocantins (431,1), Amapá/Norte do Pará (272,8), Javari (251,3), Altamira (245,0) e Kaiapó Pará (242,5).

Devido à grande dificuldade de acesso as aldeias indígenas, as quais se localizam no interior de florestas e distantes das cidades, a pesquisa para o conhecimento da dinâmica de transmissão da doença tem se tornado difícil (Santos e cols., 2009a). Por isso, o uso de técnicas de geoprocessamento pode ser uma alternativa para facilitar a compreensão da epidemiologia da malária entre povos indígenas, não excluindo a necessidade de trabalhos de campo para reconhecimento local.

A utilização de técnicas de geoprocessamento permite a rápida e eficiente construção de cenários que expressem as disparidades no perfil de morbidade da população que está sendo estudada (Garnelo e cols., 2005). Há a possibilidade de evidenciar e de analisar disparidades espaciais de um evento entre diferentes áreas,

levando à delimitação de áreas de risco para a mortalidade ou incidência de determinados agravos (Carvalho e cols., 2000). Logo, a utilização de técnicas de geoprocessamento e dos SIG podem contribuir para decisões na área de Saúde Pública (Medronho, 1995).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

- ✓ Analisar a distribuição espacial da ocorrência da malária em prováveis localidades de infecção (segundo o SIVEP-Malária) em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira no período de 2003 a 2009;

### **Objetivos específicos**

- ✓ Descrever a epidemiologia da malária em populações de aldeias indígenas;
- ✓ Descrever a distribuição espacial da malária em prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira para o período de 2003 a 2009;
- ✓ Comparar diferentes unidades de agregação espacial no estudo da epidemiologia da malária em populações indígenas.

## **METODOLOGIA**

### **Tipo de estudo**

Trata-se de um estudo ecológico pautado em dados secundários, com abordagem espacial. Tem como área de estudo a Região Amazônica brasileira, abordada em quatro tipos de unidades geográficas de análise: a Amazônia Legal em si, suas Bacias Hidrográficas, seus estados e suas Sub-Bacias Hidrográficas. Justifica-se o uso dessas quatro unidades de análise pela dificuldade em analisar a epidemiologia da malária com base nas aldeias indígenas, pois a maioria das localidades não possui informação sobre aldeias indígenas, não permitindo agregar os dados sob essa unidade de análise.

### **Caracterização da área de estudo**

#### **Amazônia Legal**

A Região Amazônica brasileira abrange todos os estados da Região Norte, somando-se a esses o estado do Mato Grosso (Região Centro-Oeste) e a porção Oeste do estado do Maranhão (Região Nordeste) (Figura 1). Sua área total é de 5.217.423 km, com aproximadamente 80% desta extensão sendo ocupada pela Floresta Amazônica (Santos e cols., 2009a).

Sua amplitude térmica sazonal situa-se entre 1 e 2 °C e os valores médios encontram-se entre 24 e 26 °C. A precipitação na Região possui uma média de, aproximadamente, 2.300 mm por ano; porém, há locais onde o total atinge cerca de 3.500 mm por ano (<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/boletim/cliesp10a/fish.html>, acessado em 25/10/2011).

Figura 1

Devido à grande diversidade socioeconômica, a região é marcada por intensos conflitos devido ao uso do solo. Populações ribeirinhas, seringueiros, quilombolas, garimpeiros, colonos, povos indígenas e pecuaristas vêm atuando na região. Citando Gonçalves (2005), observa-se um desigual conflito na paisagem amazônica, pois este é desfavorável às populações tradicionais e também penoso àqueles migrantes atraídos para a região que possui um ambiente social, político e ecologicamente desfavorável.

### **Bacias Hidrográficas**

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde há entrada de água proveniente de chuvas. Essa água escoar superficialmente para um corpo de água ou para seu contribuinte (<http://www.sema.rs.gov.br>, acessado em 25/10/2011); com base nesse conceito, podem ser delineadas bacias e sub-bacias, que estão interconectadas pelos sistemas hídricos (Porto e Porto, 2008). Os limites de uma bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, com as áreas mais altas definidas como divisoras de águas. O principal corpo de água dá o nome à bacia, recebendo contribuição de seus afluentes, que podem apresentar vários contribuintes menores. Por isso, em uma bacia há várias sub-bacias (<http://www.sema.rs.gov.br>, acessado em 25/10/2011).

A Região Amazônica brasileira é composta por seis bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas, Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, Bacias Costeiras do Nordeste Ocidental, Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba e Bacias Costeiras do Norte (Figura 2).

Figura 2

A Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas ocupa uma área de 6.925.674 km<sup>2</sup>, percorrendo desde as nascentes do Rio Amazonas nos Andes Peruanos até sua foz no Oceano Atlântico. A Bacia tem 63,88% de seu território no Brasil, ocupando sete estados do país (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Roraima), correspondendo a 3,8 milhões de km<sup>2</sup>. Além de seu curso principal, o Rio Solimões/Amazonas, há seus tributários, que somam mais de 50 mil km de trechos navegáveis. Destacam-se como tributários do Rio Amazonas, os Rios: Javari, Juruá, Jutai, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu (todos à margem direita do Amazonas) e Içá, Japurá, Negro, Uatumã, Nhamundá, Trombetas e Jari (margem esquerda) (Brasil, 2006a). Através de sobreposição feita no programa TerraView, constatou-se que a Bacia é formada pelas Sub-bacias do Rio Negro, Japurá, Içá, Javari, Juruá, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu, Jari, Paru, Trombetas e Nhamundá.

A Bacia Hidrográfica do Rio da Prata possui extensão de 3.100.000 km<sup>2</sup> e possui 46% de sua área total em território brasileiro. A região possui importância devido à densidade populacional, aos desenvolvimentos socioeconômico e político e à exploração dos recursos naturais, além de ter um elevado potencial hidráulico e abranger um elevado número de espécies nativas da flora e da fauna brasileiras. A Bacia abrange cinco países da América do Sul (Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia), representando boa parte dos recursos naturais e econômicos dessa região. No Brasil, a Bacia abrange os estados de Mato Grosso do Sul, de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. O Rio Paraná é o mais importante da Bacia, graças ao elevado nível de sua descarga, à extensão da área tributária e às dimensões que a caracterizam (Brasil, 2001). Através de sobreposição de camadas feita no programa TerraView, verificou-se que a Sub-bacia do Rio Paraguai é a única que compõe a porção da Bacia que pertence à Região Amazônica.

A Bacia do Rio Parnaíba tem grande parte de sua área territorial ocupada por solos que sofrem com seus inadequados uso e o manejo principalmente por atividades agrícolas, gerando salinização, áreas desertificadas e erosão. Há grande presença de aquíferos, de cujos quais é extraída água para consumo através de poços. Tais aquíferos foram originados a partir do solo poroso já que a estrutura geológica da Bacia é simples, tratando-se de uma área de rochas quase exclusivamente sedimentares. Por isso, o

estado do Maranhão apresenta possibilidades de armazenamento e exploração de águas subterrâneas (Brasil, 2006c).

Com uma área de aproximadamente 918.273 km<sup>2</sup> (correspondendo a cerca de 11% do território brasileiro), a Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins abrange os estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e o Distrito Federal. A Região Centro-Oeste responde por sua maior porção, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a confluência entre esses dois, entrando na Região Norte até chegar a sua foz. O Rio Tocantins nasce no Planalto de Goiás (aproximadamente a 1.000 m de altitude), sendo formado pelos rios das Almas e Maranhão, possuindo extensão de quase 2.000 km até a sua foz, no Oceano Atlântico. Seu principal tributário é o Rio Araguaia (com 2.600 km de extensão), onde se encontra a Ilha do Bananal (maior ilha fluvial do mundo, com 350 km de comprimento e 80 km de largura). Na região centro-sul há predomínio do Cerrado e ao norte e noroeste, o Bioma Amazônia. A Região Hidrográfica é formada por 411 municípios (Brasil, 2006b). Pela sobreposição de camadas no programa TerraView, constatou-se que a Bacia é formada pelas Sub-bacias do Rio Araguaia, Tocantins, Pará e Guamá.

As Bacias Costeiras do Nordeste Ocidental situa-se basicamente no estado do Maranhão e em uma pequena parte do estado do Pará. Ocupam cerca de 4,3% do território brasileiro, com 58% de sua população vivendo em áreas urbanas. O principal destino da água da bacia é para o consumo humano. Em grande parte da Bacia, são utilizadas práticas agrícolas inadequadas, gerando processos erosivos e salinização. Em alguns núcleos urbanos, como a região metropolitana de São Luís, há contaminação da água pelo lançamento de esgotos sem tratamento (<http://www2.ana.gov.br>, acessado em 26/10/2011). Através da sobreposição de camadas feita no programa TerraView, verificou-se que a Bacia é composta pelas Sub-bacias do Rio Itapecuru, Mearim, Munim, Turiaçu e Gurupi.

Representando cerca de 1% do território nacional, as Bacias Costeiras do Norte configuram a menor região hidrográfica brasileira. Destaca-se pela rica biodiversidade, já que é vizinha à Bacia Amazônica, e pela pequena população humana, que se concentra nas proximidades dos rios Amapari, Calçoene e Oiapoque. A água é abundante, porém, os rios são marcados por assoreamentos e por contaminações por

óleo, graxa e mercúrio; ambos provenientes de garimpos de ouro (<http://ambientes.ambientebrasil.com.br>, acessado em 26/10/2011). Através de sobreposição de camadas feita no TerraView, observou-se que toda a extensão territorial da Bacia pertence ao estado do Amapá. Constatou-se que a Bacia é formada pelas Sub-bacias do Rio Araguari e Oiapoque.

### **Sub-Bacias Hidrográficas**

As Sub-bacias Hidrográficas são áreas de drenagem dos rios tributários do curso d'água principal. Podem ser definidas como as Bacias Hidrográficas que são interligadas a outras Bacias de ordem superior na hierarquia. Portanto, constituem-se como Sub-Bacias em relação a essa última Bacia (Teodoro e cols., 2007).

A bacia de primeira ordem é a menor unidade geomorfológica que caracteriza a Bacia Hidrográfica. A junção de duas microbacias primárias forma uma microbacia maior, a de segunda ordem. O processo se dá sucessivamente, até a formação da macrobacia hidrográfica (Bacia de um rio) (Lima, 2008).

As definições de Sub-bacias Hidrográficas apresentam algumas divergências, pois os autores apresentam diferentes abordagens de fatores que vão do físico ao ecológico (Teodoro e cols., 2007). O termo microbacia é utilizado como sinônimo de Sub-bacia e pode ser definido como uma unidade básica de planejamento que visa compatibilizar a preservação dos recursos naturais com a produção agropecuária (Attanasio, 2004). Possui características ecológicas, geomorfológicas e sociais que a integram, possibilitando uma abordagem participativa através de estudos interdisciplinares, com o objetivo de estabelecer formas de desenvolvimento sustentável. Portanto, para um plano de manejo sustentável do uso da terra é necessário implementar um programa de monitoramento socioeconômico e ambiental para a microbacia (Attanasio, 2004).

As Bacias Hidrográficas podem ser delimitadas segundo critérios hidrológicos ou políticos e administrativos. No que diz respeito ao critério hidrológico, as Bacias Hidrográficas podem ser classificadas em grandes e pequenas, com base em sua superfície total e nos fatores geradores do deflúvio (como a sensibilidade às chuvas e o uso do solo). Dentro desse contexto, as microbacias podem ser definidas como áreas em que tais características não sejam suprimidas pelas características da rede de drenagem.

Assim, uma microbacia pode variar de 1 a 40 ou mais hectares (podendo chegar, em algumas situações, a 100 hectares ou mais) (Lima, 2008).

A Tabela 1 resume a composição das Unidades Federativas da Região Amazônica brasileira, no que diz respeito às Bacias e Sub-bacias Hidrográficas (a Região Amazônica é composta por 26 Sub-bacias) (Figura 3). A composição das Unidades Federativas foi obtida por sobreposição (em ambiente SIG) das malhas digitais dessa unidade de análise com as malhas digitais das Bacias e Sub-Bacias Hidrográficas.

Tabela 1 – Bacias e Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, organizadas por Unidades Federativas.

Bacias Hidrográficas Sub-Bacias Hidrográficas	Unidades Federativas								
	Acre	Amazonas	Amapá	Maranhão	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima	Tocantins
Rio Amazonas									
Rio Içá		X							
Rio Japurá		X							
Rio Jari			X			X			
Rio Javari		X							
Rio Juruá	X	X							
Rio Madeira	X	X			X	X	X		
Rio Negro		X						X	
Rio Nhamundá		X				X		X	
Rio Paru						X			
Rio Purus	X	X							
Rio Tapajós		X			X	X			
Rio Trombetas						X			
Rio Xingu					X	X			
Rio Tocantins									
Rio Araguaia					X	X			X
Rio Guamá				X		X			
Rio Pará						X			
Rio Tocantins				X		X			X
Rio da Prata									
Rio Paraguai					X				
Costa Nordeste Ocidental									
Rio Gurupi				X		X			
Rio Itapecuru				X					
Rio Mearim				X					
Rio Munim				X					
Rio Turiaçu				X					
Rio Parnaíba									
Rio Parnaíba				X					
Costa Norte									
Rio Araguari			X						
Rio Oiapoque			X						

### **Figura 3**

## Fonte de dados

Os registros de casos de malária para o período de 2003 a 2009 foram obtidos no SIVEP-Malária (Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica - [http://portalweb04.saude.gov.br/sivep\\_malaria/default.asp](http://portalweb04.saude.gov.br/sivep_malaria/default.asp)), que é um sistema de informação epidemiológica de busca ativa, passiva e de busca ativa e passiva (chamado de busca ativa agressiva) (Macauley, 2005) implantado em 2003 pelo Ministério da Saúde através da Secretaria de Vigilância em Saúde (Braz e cols., 2006). Justificamos a escolha de 2003 como ano de início do presente trabalho por este ter sido o ano de criação do SIVEP-Malária. Os dados estão organizados por localidade provável de infecção (que no que diz respeito à população indígena, normalmente a localidade provável de infecção é uma aldeia), o respectivo município onde está localizado e faixa etária (0 a 9 anos, 10 a 19 anos, 20 a 39 anos e 49 a 99 anos). Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, os casos de malária são confirmados por diagnóstico laboratorial, realizado pelo exame da gota espessa (o mais utilizado) ou pelo teste rápido, que é utilizado somente em áreas de difícil acesso. O SIVEP-Malária é um sistema de notificação compulsória (Brasil, 2005a).

O SIASI (Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena) (<http://www.funasa.gov.br/internet/desai/sistemaSiasiOperacionalizacao.asp>) foi a fonte de dados demográficos referente à população indígena (para cada aldeia e/ou município). Para o cálculo do IPA por sexo para todos os anos, foram utilizados os dados da população de 2008, uma vez que esta estratificação não foi obtida para os outros anos de nosso estudo.

A malha digital referente à divisão político-administrativa dos municípios e estados brasileiros no ano de 2007, com escala de 1:2.500.000, foi obtida junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). No mesmo sítio também foram obtidas as malhas digitais das Bacias Hidrográficas e das Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, além de sua malha hidrográfica digital. As malhas digitais das Bacias e Sub-bacias hidrográficas do Brasil (que têm como fonte o Atlas Nacional do Brasil) e da hidrografia brasileira (escala 1:5.000.000, retirada do mapa da Série Brasil Geográfico).

## **Análise dos dados**

Inicialmente, os registros de casos de malária foram agrupados por estados e municípios (com uso do programa SPSS, versão 13.0). Como a região de estudo é formada pelas aldeias indígenas da Amazônia Legal, foram excluídos os registros de casos com localidades prováveis de infecção que não estavam classificadas como indígenas. As análises dos registros de casos de malária pautada nas malhas digitais das Unidades Federativas, das Bacias e das Sub-Bacias Hidrográficas foi feita no programa TerraView, versão 4.1.0, o mesmo acontecendo com os mapas temáticos de distribuição dos IPAs.

Os registros de casos de malária foram estratificados segundo sexo (sendo que 39 registros de casos de malária tiveram a categoria sexo não registrada, sendo excluídos), faixa etária (0 a 9 anos de idade, 10 a 19 anos, 20 a 39 e 40 a 99, classificação de acordo com os dados do SIVEP-Malária), com dezesseis registros de casos de malária identificados como erros de classificação de faixa etária (pelo fato da idade não condizer com a data de nascimento da pessoa que teve o episódio de malária registrado), condição de gestante no momento do registro e espécie de plasmódio da infecção. A IPA (Incidência Parasitária Anual) foi calculada pela divisão do número de registro de casos de malária de um determinado ano pela população desse mesmo ano, multiplicando-se o resultado por 1000. Para a IPA do período, somou-se as IPAs de 2003 a 2009 e dividiu-se pelo número de anos de todo o período (Chaves e Rodrigues, 2000). A população de 2008 foi utilizada como denominador para o cálculo da IPA por sexo para a Amazônia Legal, já que os dados para a população dos outros anos não foram conseguidos. Com relação às Unidades Federativas, a IPA foi obtida conjuntamente (soma das IPAs de cada ano dividido pelo número de anos para cada período) (Chaves e Rodrigues, 2000) para os anos de 2003 e 2004, o mesmo acontecendo para 2005 e 2006 e 2007 e 2008. A IPA para 2009 foi calculada separadamente. Esse tipo de análise para as Unidades Federativas é justificado pela necessidade de diminuição do número de mapas, já que a distribuição da malária por Sub-Bacia Hidrográfica foi analisada ano a ano.

Foram gerados mapas temáticos de distribuição da IPA para Unidades Federativas e Sub-Bacias Hidrográficas com os seguintes estratos: 0; 0,01 a 9,9; 10 a

49,9; 50 a 99,9; 100 a 199,9 e maior ou igual a 200. Essa estratificação foi utilizada com o objetivo de destacar as diferenças entre os IPAs das Sub-Bacias Hidrográficas.

O trabalho divide-se em quatro etapas, organizadas de acordo com a unidade geográfica de análise e suas respectivas extensões territoriais (que terá metodologia detalhada a seguir): Amazônia Legal, Bacias Hidrográficas, Unidades Federativas e Sub-Bacias Hidrográficas.

### **Amazônia Legal**

A primeira etapa referiu-se à uma análise descritiva dos registros de malária em aldeias indígenas da Amazônia Legal. Os números absolutos dos registros de casos de malária e o valor da IPA foram analisados por ano. Os registros de casos de malária foram analisados segundo a variável sexo. Posteriormente, a categoria sexo foi analisada com a faixa etária por ano. Para classificação quanto se é gestante, foram utilizadas as seguintes categorias, que constam no SIVEP-Malária: gestantes, não-gestantes, casos sem informação e casos em que a categoria não se aplica.

Com base nos registros dos casos do SIVEP-Malária, foram observadas as seguintes espécies de plasmódios: *P. falciparum*, *P. falciparum* com gametócitos de *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. falciparum* + *P. vivax*, *P. vivax* + gametócitos de *P. falciparum*, gametócitos de *P. falciparum*, *P. malariae*, *P. falciparum* + *P. malariae*. Os registros que apresentaram mais de uma espécie de plasmódio foram classificados como infecção mista e os que apresentaram infecção por gametócitos de *P. falciparum* ou por *P. falciparum* e gametócitos de *P. falciparum* juntos, foram agrupados à infecção por *P. falciparum*. Foi excluído um registro de infecção por *P. ovale*, pois essa espécie não está presente no território brasileiro (Brasil, 2005b). Também foram analisados os registros de casos de *P. falciparum* e de *P. vivax* por ano, além da razão entre essas espécies, dividindo-se o número de registro de casos de *P. falciparum* de um determinado ano pelo número de registro de casos de *P. vivax* para o mesmo ano.

### **Bacias Hidrográficas**

Na segunda etapa, os registros dos casos de malária foram organizados segundo Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira. Os registros de casos de malária e as populações indígenas foram organizados segundo provável município de infecção.

Através da sobreposição da malha digital das Sub-bacias Hidrográficas com a malha digital dos municípios e com base no comando soma, os registros de casos de malária foram somados para cada Sub-bacia Hidrográfica (os municípios que pertenciam a mais de uma Sub-bacia, foram agregados à Sub-Bacia que possuía a maior parte de sua área territorial). O mesmo foi feito para a população, visando o cálculo da IPA. Utilizou-se o programa TerraView para a sobreposição das malhas digitais e para a agregação dos dados por Sub-Bacia. Destaca-se que 16 registros foram excluídos por não haver população indígena, impossibilitando o cálculo da IPA.

### **Unidades Federativas**

Os registros de casos de malária e as populações indígenas por municípios foram agregados por Unidades Federativas, consistindo na terceira etapa do trabalho. Foi realizado o cálculo das IPAs por faixa etária e por Unidade Federativa, além de análise dos registros de casos de malária por sexo, com o cálculo da razão entre sexos (registros de casos para o sexo feminino em uma determinada Unidade Federativa dividido pelo registro de casos para o sexo masculino da mesma Unidade Federativa). Os casos por *P. falciparum* e *P. vivax* também foram distribuídos por Unidade Federativa, o mesmo acontecendo com a razão entre as espécies (registro de casos de *P. falciparum* de uma determinada Unidade Federativa dividido pelo registro de casos de *P. vivax* da mesma Unidade Federativa).

### **Sub-bacias Hidrográficas**

A quarta e última etapa do trabalho consistiu na análise dos registros de casos de malária por Sub-Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira. Conforme foi dito, os registros de casos e as populações indígenas (organizados por municípios) foram agregados por Sub-Bacias Hidrográficas. Com base nas IPAs, foram gerados mapas temáticos ilustrativos da distribuição de seus valores pelas vinte e quatro Sub-Bacias Hidrográficas.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP), sob o parecer número 61/11.

## **RESULTADOS**

Os resultados estão organizados de acordo com a unidade geográfica de análise e suas respectivas extensões territoriais: Amazônia Legal, Bacias Hidrográficas, Unidades Federativas e Sub-Bacias Hidrográficas.

### **Região Amazônica**

Foram registrados 202.254 casos de malária em prováveis localidades de infecção nas aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira durante o período de 2003 a 2009. Em 2005 a IPA praticamente dobrou em relação ao ano anterior e em 2007 foi observado o maior número de registros de casos (38.188, representando 18,9% do total de casos do período). Em 2008, observa-se uma redução do número de registros de casos de malária (32.242; 15,9%) e em 2009, um pequeno aumento do mesmo (35.161; 17,4%). Ressalta-se que a população indígena aumentou em todos os anos, à exceção de 2008 (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição dos registros de casos de malária nas prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira para o período de 2003 a 2009.

Ano	Casos (%)	População	IPA
2003	12.073 (6,0)	286.422	42,15
2004	15.579 (7,7)	298.381	52,21
2005	32.123 (15,9)	309.940	103,64
2006	36.888 (18,2)	321.007	114,91
2007	38.188 (18,9)	332.054	115,01
2008	32.242 (15,9)	308.312	104,58
2009	35.161 (17,4)	311.018	113,05
Período	202.254 (100,00)	-	92,22*

\*A IPA para todo o período foi calculado pela soma das IPAs, dividida pelo número de anos do período (Chaves e Rodrigues, 2000).

Quanto à categoria sexo, 90.428 (44,72%) registros de casos de malária foram observados para o sexo feminino e 111.787 (55,28%) para o sexo masculino. Conforme observado na Tabela 3, o número de registros de casos de malária dobrou no ano de 2005, para ambos os sexos. O ano de 2007 foi o que apresentou a maior IPA e a maior quantidade de casos, tanto para o sexo masculino (132,93; 21.128, respectivamente) quanto para o sexo feminino (114,13; 17.047, respectivamente). Em todos os anos, tanto o número de casos quanto a IPA foram maiores para o sexo masculino (Tabela 3). A Figura 4 ilustra a diferença nos valores das IPAs para homens e mulheres. Observa-se que a menor diferença foi observada em 2003 e que a partir de 2005 ela aumentou consideravelmente.

Tabela 3 – Registros de casos de malária por sexo, referentes às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira para o período de 2003 a 2009.

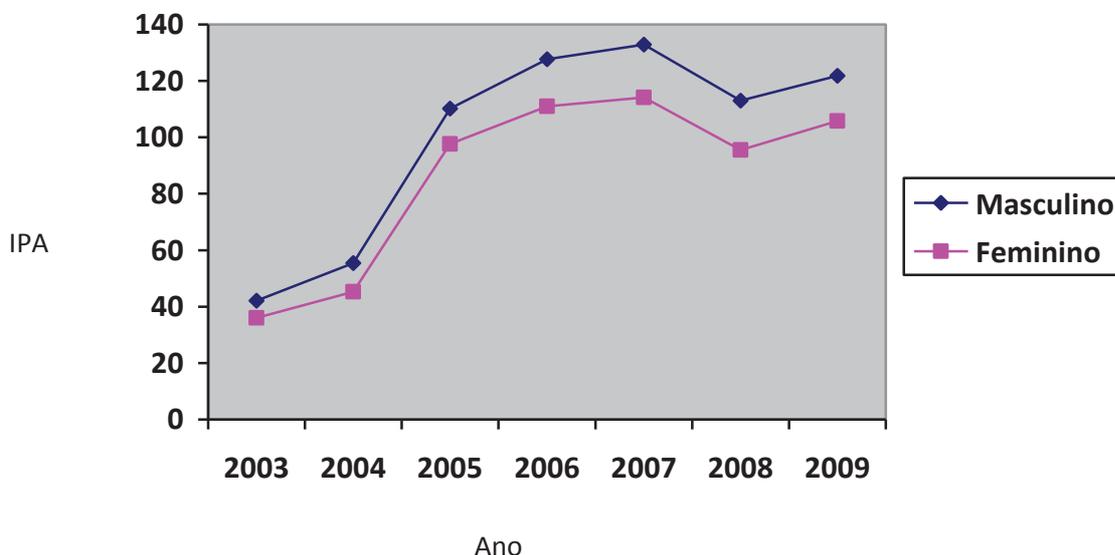
Ano	Sexo	Casos (%)*	População**	IPA
2003	Feminino	5.381 (44,57)	149.370	36,02
	Masculino	6.692 (55,43)	158.942	42,10
2004	Feminino	6.764 (43,43)	149.370	45,28
	Masculino	8.812 (56,57)	158.942	55,44
2005	Feminino	14.595 (45,44)	149.370	97,71
	Masculino	17.524 (54,56)	158.942	110,25
2006	Feminino	16.584 (44,96)	149.370	111,03
	Masculino	20.299 (55,04)	158.942	127,71
2007	Feminino	17.047 (44,65)	149.370	114,13
	Masculino	21.128 (55,35)	158.942	132,93
2008	Feminino	14.260 (44,24)	149.370	95,47
	Masculino	17.971 (55,76)	158.942	113,07
2009	Feminino	15.797 (44,93)	149.370	105,76
	Masculino	19.361 (55,07)	158.942	121,81
Período	Feminino	90.428 (44,72)	-	86,49***
	Masculino	111.787 (55,28)	-	100,47***

\*Foram excluídos 39 registros de casos de malária, tendo a categoria sexo indefinida.

\*\*População referente ao ano de 2008, estando de acordo com os dados do SIVEP-Malária.

\*\*\*IPA para o período calculado pela soma das IPAs dividida pelo número de anos do período.

Figura 4 – Valores das IPAs por sexo, referente às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, distribuídos pelo período (2003-2009).



No que diz respeito à faixa etária, foi observado um maior número de registros de casos de malária para a faixa de 0 a 9 anos de idade (81.161, representando 40,13% do total de registros de casos de malária). Foram registrados 49.808 casos (24,63%) para a faixa etária de 10 a 19 anos, 49.268 casos (24,36%) para o estrato de 20 a 39 anos e 22.001 (10,88%) para a faixa etária de 40 a 99 anos de idade.

Quanto à análise da categoria sexo estratificada por faixa etária, salienta-se que houve um maior número de registros de casos de malária para a faixa etária de 0 a 9 anos de idade, tanto para o sexo masculino (42.748, representando 38,25% do total do registro de casos para o referido sexo), quanto para o feminino (38.392; 42,46%). Foi observada uma maior quantidade de registros de casos de malária para o sexo masculino em todas as faixas etárias. Com relação ao sexo feminino, houve maior quantidade de registros de casos de malária no estrato de 10 a 19 anos (23.304; 25,77%), em relação ao de 20 a 39 anos (19.838; 21,94%). Já para o sexo masculino, houve maior quantidade de registros de casos de malária para a faixa etária de 20 a 39 anos (29.422; 26,33%) em relação à de 10 a 19 anos (26.499; 23,71%), com exceção do ano de 2003 (Tabela 4).

Tabela 4 – Distribuição dos registros de casos de malária por sexo e faixa etária, referente às prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira (2003-2009).

Ano	Sexo	Faixa Etária (%)				Erros de classificação
		0 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 99	
2003	Feminino	2.332 (43,34)	1.508 (28,02)	1.054 (19,59)	486 (9,03)	1 (0,01)
	Masculino	2.507 (37,46)	1.767 (26,40)	1.694 (25,31)	723 (10,80)	1 (0,01)
2004	Feminino	2.609 (38,57)	1.975 (29,20)	1.495 (22,10)	684 (10,11)	1 (0,01)
	Masculino	2.942 (33,39)	2.192 (24,88)	2.593 (29,43)	1.084 (12,30)	1 (0,01)
2005	Feminino	5.923 (40,58)	3.670 (25,15)	3.430 (23,50)	1.571 (10,76)	1 (0,01)
	Masculino	6.528 (37,25)	4.127 (23,55)	4.657 (26,57)	2.209 (12,61)	3 (0,01)
2006	Feminino	6.991 (42,16)	4.275 (25,78)	3.674 (22,15)	1.642 (9,90)	2 (0,01)
	Masculino	8.062 (39,72)	4.687 (23,09)	5.280 (26,01)	2.270 (11,18)	0 (0,00)
2007	Feminino	7.496 (43,97)	4.257 (24,97)	3.698 (21,69)	1.595 (9,36)	1 (0,01)
	Masculino	8.283 (39,20)	4.946 (23,41)	5.465 (25,87)	2.434 (11,52)	0 (0,00)
2008	Feminino	6.321 (44,33)	3.572 (25,05)	3.087 (21,65)	1.280 (8,98)	0 (0,00)
	Masculino	6.984 (38,86)	4.201 (23,38)	4.727 (26,30)	2.059 (11,46)	0 (0,00)
2009	Feminino	6.720 (42,54)	4.047 (25,62)	3.400 (21,52)	1.628 (10,31)	2 (0,01)
	Masculino	7.442 (38,44)	4.579 (23,65)	5.006 (25,86)	2.331 (12,04)	3 (0,01)
Total*	Feminino	38.392 (42,46)	23.304 (25,77)	19.838 (21,94)	8.886 (9,83)	8 (0,01)
	Masculino	42.748 (38,25)	26.499 (23,71)	29.422 (26,33)	13.110 (11,73)	8 (0,01)

\*Foram excluídos 39 registros sem preenchimento da categoria sexo.

Com relação aos registros de casos de malária em gestantes, observaram-se 3.296 (1,6%) casos sob esta condição, 64.884 (32,1%) em não gestantes e 6.006 (3,0%) sem informação, além de 128.068 registros em que a categoria não se aplica (63,3%).

No que diz respeito à espécie de plasmódio, foram registrados 157.931 casos (79,03% do total) para *P. vivax*. Já os registros referentes ao *P. falciparum* totalizaram 41.900 (20,97%). Os registros referentes à infecção mista totalizaram 2.384 (1,18%). Para *P. malariae*, totalizaram-se 38 (0,02%). Foi observado um maior número de registros de casos de malária referente ao *P. falciparum* no ano de 2006 (9.753, representando 26,94% do total de casos deste ano). Para *P. vivax*, o maior número de registro de casos foi observado no ano de 2009 (30.402, totalizando 87,37%). Os registros de casos de *P. falciparum* e *P. vivax*, além da razão entre esses, também foram analisados separadamente por ano. Para 2009, observou-se um maior número de registro de casos por *P. vivax* em relação ao *P. falciparum*, com razão de 0,14. Em 2006, obteve-se a maior quantidade de casos por *P. falciparum* em relação ao *P. vivax*, com razão de 0,37. Em 2003, seu valor foi de 0,36 (Tabela 5).

Tabela 5 – Registros de casos de malária para *P. falciparum* e *P. vivax* e a razão entre esses com prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, organizados por ano e para o período (2003-2009).

Ano	<i>P. falciparum</i> (%)	<i>P. vivax</i> (%)	Total (%)	F/V
2003	3.151 (26,46)	8.757 (73,54)	11.908 (5,96)	0,36
2004	3.482 (22,63)	11.907 (77,37)	15.389 (7,70)	0,29
2005	5.912 (18,52)	26.005 (81,48)	31.917 (15,97)	0,23
2006	9.753 (26,94)	26.450 (73,06)	36.203 (18,12)	0,37
2007	9.222 (24,45)	28.500 (75,55)	37.722 (18,88)	0,32
2008	5.984 (18,76)	25.910 (81,24)	31.894 (15,96)	0,23
2009	4.396 (12,63)	30.402 (87,37)	34.798 (17,41)	0,14
Total	41.900 (20,97)	157.931 (79,03)	199.831 (100,00)	0,27

## Bacias Hidrográficas

A maior quantidade de casos no período foi observada na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (190.339, representando 94,12% do total), com IPA de 107,32. Porém, a maior IPA foi observada nas Bacias Costeiras do Norte (172,96). Nenhum caso de malária foi observado na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata (Tabela 6). A Figura 5 demonstra grande crescimento da IPA das Bacias Costeiras do Norte, que aumentou em praticamente todos os anos (com exceção do ano de 2008). Com relação às outras Bacias Hidrográficas, houve um pequeno crescimento no valor do IPA entre 2005 e 2007, com uma pequena diminuição de seu valor em 2008.

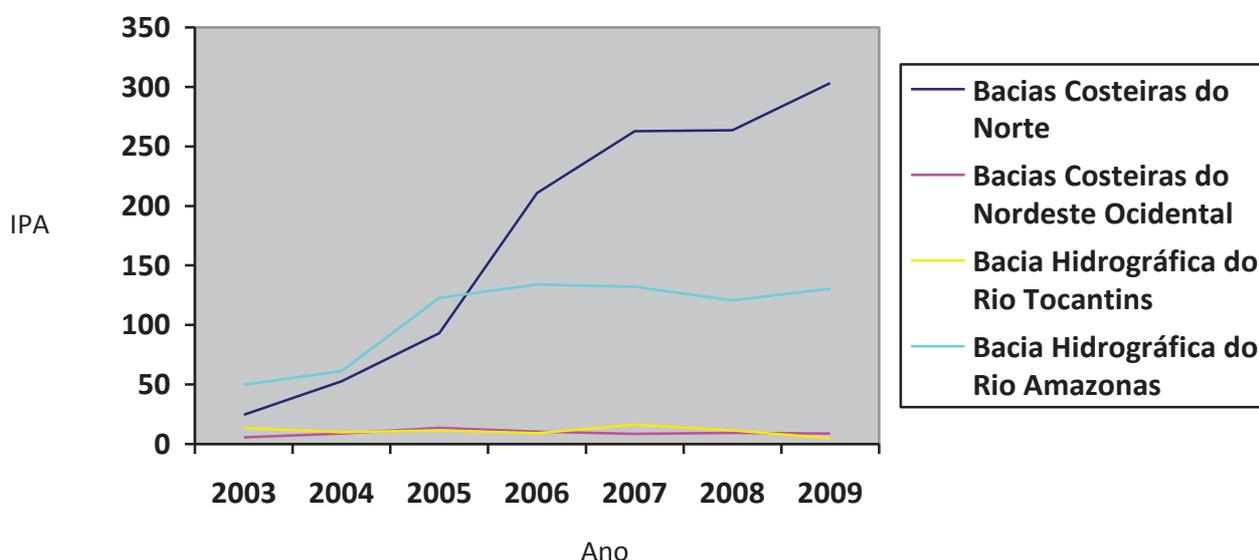
Tabela 6 – Registros de casos de malária para todo o período (2003 a 2009), organizados segundo as cinco principais Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, tendo as prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas.

Bacia Hidrográfica*	Casos (%)	População de 2006 (%)	IPA
Rio Amazonas	190.339 (94,12)	260.822 (81,25)	107,32
Rio da Prata	0 (0,00)	2.450 (0,76)	0,00
Rio Tocantins	1.619 (0,80)	21.234 (6,61)	11,02
Costa Nordeste Ocidental	1.887 (0,93)	29.767 (9,27)	9,35
Costa Norte	8.393 (4,15)	6.734 (2,10)	172,96
Total	202.238** (100,00)	321.007 (100,00)	-

\*As Bacias Hidrográficas dos Rios Parnaíba e do Rio da Prata não foram incluídas à tabela por não terem apresentado nenhum registro de caso.

\*\*Foram excluídos 16 registros por não haver população indígena para o cálculo do IPA.

Figura 5 – Distribuição da IPA para todo o período, organizada por Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira.



### Unidades Federativas

Quanto à provável Unidade Federativa de infecção, foram registrados 120.344 casos no estado do Amazonas (59,5% do total). Observaram-se 35.013 (17,3%) registros de casos no estado do Pará e 21.776 (10,8%) registros no estado de Roraima. No que diz respeito à IPA, a maior incidência foi observada no estado do Pará (206,80) e posteriormente no estado do Amapá (178,64) e no estado de Rondônia (128,97).

Houve um crescimento da IPA do estado do Acre para o período de 2003 a 2006, apresentando seu maior valor em 2006 (120,58); de 2007 a 2009 houve um sucessivo decréscimo (58,03; 49,18; 35,50, respectivamente). Os maiores números de registros de casos de malária foram observados nos anos de 2006 (1.914, representando 31,08% do total dos registros referente ao estado) e de 2005 (1.387; 22,52%). Foram observados 237 registros (3,85%) no ano de 2003, representando a menor quantidade de casos anuais. A população indígena do estado apresentou um crescimento até o ano de 2007, chegando a 16.319 pessoas. Em 2008, ocorreu uma pequena redução desse valor (15.699), que voltou a aumentar em 2009 (15.805).

A IPA do estado do Amazonas teve o progressivo aumento até 2007, apresentando seu maior valor nesse ano (177,31); em 2008 (169,97) e em 2009 (158,92) o valor da IPA decresceu. Com relação aos casos, 26.013 (21,62%) registros foram

observados no ano de 2007, 22.029 (18,31%) em 2008 e 21.669 (18,01%) em 2006. Assim como no Acre, a população indígena do Amazonas cresceu até o ano de 2007, chegando a 146.708. Em 2008, houve um pequeno declínio desse valor (129.606) e em 2009, ocorreu um novo aumento (129.893).

O maior valor da IPA durante todo o período foi registrado em 2009, no Amapá (303,18). Frisa-se que esse estado apresentou crescentes IPAs de 2003 a 2009 (24,61; 52,71; 93,01; 210,87; 262,82; 263,52; 303,18, respectivamente). Quanto ao número absoluto dos registros de casos, 2.192 (26,12%) foram observados em 2009, 1.866 (22,23%) em 2008 e 1.825 (21,74%) em 2007. A população indígena do estado cresceu em todos os anos do período de estudo (6.136, 6.374, 6.483, 6.734, 6.944, 7.081 e 7.230, respectivamente).

No estado do Maranhão, a IPA apresentou um crescimento de 2003 a 2005 (2,90; 3,35; 11,93), quando foi registrado seu maior valor. De 2006 a 2009, houve decréscimo progressivo (5,03; 3,49; 1,68; 1,23, respectivamente). Os números de registros de casos de malária de 2003 a 2009 foram, respectivamente: 76 (9,12%), 91 (10,92%), 335 (40,22%), 146 (17,53%), 104 (12,48%), 47 (5,64%) e 34 (4,08%). Sua população indígena apresentou crescimento até o ano de 2007, quando foram observadas 29.833 pessoas. Em 2008 (27.983) e em 2009 (27.549), esse valor decresceu.

Com relação ao estado do Mato Grosso, a IPA apresentou um crescimento até o ano de 2007 (0,31; 3,03; 3,93; 5,06; 7,82, respectivamente). Em 2008 (1,33), a incidência diminuiu e em 2009, foi registrado seu maior valor (8,57). Quanto aos registros de casos, observou-se um maior valor também para o ano de 2009 (295; 29,95%). Em 2007, foram observados 260 (26,40%) e em 2006, 162 (16,45%). Assim como no Amapá, foi observado que a população indígena do Mato Grosso cresceu em todos os anos: 28.673, 29.999, 31.277, 32.040, 33.247, 33.743, 34.438, respectivamente.

A IPA do estado do Pará foi a que apresentou a maior oscilação de 2003 a 2009, com os seguintes valores 218,15; 158,91; 191,35; 261,55; 216,54; 182,62; 215,00, respectivamente. Quanto aos registros de casos, o maior valor foi observado no ano de 2006 (6.495; 18,55%). Em 2007, foram observados 5.573 (15,92%) registros e em 2009, 5.445 (15,55%). Em 2004, foi observada a menor quantidade de registros (3.630;

10,37%). Como ocorreu em outros estados, o quantitativo de indígenas do Pará teve um crescimento até o ano de 2007 (25.737), apresentando uma queda em seu valor no ano de 2008 (24.959) e um crescimento em 2009 (25.326).

Já a IPA de Rondônia teve em 2004 seu maior valor (188,48). Seu menor valor foi registrado em 2003 (45,99) e de 2005 a 2009, seus respectivos valores foram 93,66; 176,68; 115,95; 137,17; 137,80. A maior quantidade de registros de casos foi observada em 2006 (1.718; 19,66%). Em 2004, foram observados 1.699 (19,44%) casos, evidenciando um expressivo crescimento, já que em 2003 foram 397 (4,54%) registros. Em 2009, foram observados 1.460 (16,70%) registros. A população indígena apresentou um crescimento em todos os anos de estudo: 8.632, 9.014, 9.385, 9.724, 10.073, 10.345, 10.595, respectivamente.

Em Roraima, o maior valor da IPA foi registrado em 2005 (101,96). Em 2003, seu valor foi 35,50 e em 2004, 74,42. De 2006 a 2008 a IPA apresentou seguidos decréscimos (66,47; 43,79; 31,78, respectivamente). Em 2009, a IPA voltou a crescer (93,52). Em 2005, foram registrados 4.979 (22,86%) casos de malária. Em 2009, 4.532 (20,81%) e em 2004, 3.497 (16,06%). A população indígena do estado apresentou um crescimento até o ano de 2007 (52.475) e uma diminuição em 2008 (47.387) e 2009 (48.460).

A IPA de Tocantins só foi diferente de zero em 2005 (1,21). Por isso, a menor IPA do período pertenceu ao estado (0,16). No referido ano, foram registrados 12 casos de malária. A população do estado apresentou crescimento em todos os anos de estudo: 9.177, 9.549, 9.908, 10.337, 10.718, 11.509 e 11.722.

A análise dos mapas temáticos das IPAs para os quatro períodos, 2003 e 2004, 2005 e 2006, 2007 e 2008 e 2009 (Figura 6), evidenciou que somente no segundo período (2005 e 2006) foram registrados casos de malária no Estado de Tocantins, que foi classificado no estrato de IPA entre 0,01 e 9,9. Durante todos os períodos os estados de Mato Grosso e Maranhão permaneceram no estrato de IPA entre 0,01 e 9,9. Aumento gradativo foi evidenciado para o estado do Amapá, que no primeiro período foi classificado no estrato de IPA entre 10 e 49,9. No segundo período foi classificado entre 100 e 199,9 e nos dois últimos períodos no estrato de IPA igual ou maior que 200. O estado de Roraima foi classificado em quase todos os períodos no estrato de IPA entre

50 e 99,9, exceto no terceiro período (2007 e 2008), quando sua IPA ficou entre 10 e 49,9. A IPA do estado do Acre apresentou maior variação em relação aos outros estados. No primeiro e último períodos (2003 e 2004 e 2009) foi classificada no estrato de 10 a 49,9. No segundo período, entre 100 e 199,9 e no terceiro período, entre 50 e 99,9. O estado do Amazonas no primeiro período foi classificado no estrato de IPA entre 10 e 49,9 e nos outros três períodos, no estrato de 100 a 199,9. A IPA do estado do Pará, no primeiro e terceiro períodos (2003 e 2004 e 2007 e 2008) foi classificada no estrato entre 100 e 199,9. No segundo e quarto períodos, foi classificada no estrato de IPA igual ou maior que 200.

Tabela 7 – Incidências Parasitárias Anuais (2003 a 2009), organizadas por Unidades Federativas da Região Amazônia brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas.

Unidade Federativa	Ano							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Acre	16,82	23,00	89,72	120,58	58,03	49,18	35,50	57,00
Amapá	24,61	52,71	93,01	210,87	262,82	263,52	303,18	178,64
Amazonas	38,23	44,77	140,83	152,77	177,31	169,97	158,92	127,61
Maranhão	2,90	3,35	11,93	5,03	3,49	1,68	1,23	4,25
Mato Grosso	0,31	3,03	3,93	5,06	7,82	1,33	8,57	4,41
Pará	218,15	158,91	191,35	261,55	216,54	182,62	215,00	206,80
Rondônia	45,99	188,48	93,66	176,68	115,95	137,17	137,80	128,97
Roraima	35,50	74,42	101,96	66,47	43,79	31,78	93,52	64,08
Tocantins	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16

Figura 6

Com relação às IPAs por faixa etária, as maiores incidências foram observadas no estado do Pará, nas faixas de 0 a 9 anos (255,32) e de 10 a 19 anos (248,01). A maior IPA para a faixa de 20 a 39 anos foi observada no estado do Amapá (181,36), o mesmo acontecendo com a faixa de 40 anos ou mais (126,76). Foi observado um maior número de registros de casos referente à faixa etária de 10 a 19 anos (com relação aos outros estratos desses estados) no Amapá (214,18) e no Mato Grosso (6,22); em Rondônia, isso ocorreu na faixa etária de 20 a 39 anos (180,92). Chama-se atenção para o número de registros na faixa etária de 40 a 99 anos dos estados de Mato Grosso (4,06) e de Rondônia (117,75), pois observou-se uma maior quantidade de registros em relação ao estrato de 0 a 9 anos desses estados (3,78 e 82,24, respectivamente). Em todos os estados, a população do sexo masculino foi a mais acometida pela malária (Tabela 8).

Tabela 8 – Distribuição das IPAs por faixa etária e por Unidade Federativa, com prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas da Região Amazônica brasileira, para o período de 2003 a 2009.

Unidade Federativa	Faixa Etária			
	0 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 99
Acre	61,40	55,44	58,74	42,30
Amazonas	155,78	116,48	121,80	96,96
Amapá	167,40	214,18	181,36	126,76
Maranhão	4,58	4,07	4,46	3,43
Mato Grosso	3,78	6,22	3,75	4,06
Pará	255,32	248,01	149,10	104,33
Rondônia	82,24	144,57	180,92	117,75
Roraima	77,57	63,52	54,90	48,04
Tocantins	0,31	0,21	0,00	0,00

Quanto à categoria sexo, somente no estado do Tocantins é que foi observada uma maior quantidade de registros de casos para o sexo feminino (8 casos, totalizando

66,67%), em relação ao masculino (4 casos; 33,33%). A maior quantidade de registros de casos para o sexo feminino foi observada no estado do Amazonas (54.161; 45,01%), o mesmo acontecendo com relação ao sexo masculino (66.161; 54,99%). Com relação à razão entre os sexos feminino e masculino, seu maior valor foi observado no estado do Tocantins (2,00) e posteriormente no estado do Pará (0,89) e no estado do Amapá (0,84) (Tabela 9).

Tabela 9 – Casos de malária distribuídos por sexo e por Unidade Federativa (2003-2009).

Unidade Federativa	Sexo		
	Feminino	Masculino	Razão entre os sexos
Acre	2.655 (43,12)	3.502 (56,88)	0,76
Amazonas	54.161 (45,01)	66.161 (54,99)	0,82
Amapá	3.828 (45,63)	4.561 (54,37)	0,84
Maranhão	342 (41,06)	491 (58,94)	0,70
Mato Grosso	408 (41,42)	577 (58,58)	0,71
Pará	16.442 (46,97)	18.564 (53,03)	0,89
Rondônia	2.945 (33,71)	5.790 (66,29)	0,51
Roraima	9.639 (44,26)	12.137 (55,74)	0,79
Tocantins	8 (66,67)	4 (33,33)	2,00
Total	90.428	111.787	-

Em se tratando da razão entre *P. falciparum* e *P. vivax*, seu maior valor foi observado no estado do Tocantins (3,00) e, posteriormente, no estado do Mato Grosso (0,45) e no estado do Pará (0,36). O maior número de registros de casos de malária para as duas espécies correspondeu ao estado do Amazonas (118.846), o mesmo acontecendo para *P. falciparum* (24.702; 20,78%) e *P. vivax* (94.144; 79,22%). No Pará, foram observados 9.111 (26,36%) registros de casos de *P. falciparum* e 25.457 (73,64%) de *P. vivax* (Tabela 10).

Tabela 10 – Casos de malária para *P. falciparum*, *P. vivax* e a razão entre esses distribuídos por Unidade Federativa.

Unidade Federativa	<i>P. falciparum</i> (%)	<i>P. vivax</i> (%)	Total	F/V
Acre	1.537 (25,40)	4.515 (74,60)	6.052 (100,0)	0,34
Amazonas	24.702 (20,78)	94.144 (79,22)	118.846 (100,0)	0,26
Amapá	1.126 (13,53)	7.198 (86,47)	8.324 (100,0)	0,16
Maranhão	113 (13,60)	718 (86,40)	831 (100,0)	0,16
Mato Grosso	298 (31,04)	662 (68,96)	960 (100,0)	0,45
Pará	9.111 (26,36)	25.457 (73,64)	34.568 (100,0)	0,36
Rondônia	1.478 (17,33)	7.050 (82,67)	8.528 (100,0)	0,21
Roraima	3.526 (16,24)	18.184 (83,76)	21.710 (100,0)	0,19
Tocantins	9 (75,00)	3 (25,00)	12 (100,0)	3,00
Total	41.900	157.931	199.831	0,22

### Sub-Bacias Hidrográficas

De uma forma geral, os valores das IPAs das Sub-Bacias Hidrográficas tiveram um relativo aumento em 2004 (em relação à 2003), com destaque para as Sub-Bacias dos Rios Içá (41,46), Japurá (46,04) e Madeira (63,31); registra-se que a IPA da Sub-Bacia do Rio Gurupi (233,18) apresentou o maior valor para esse ano. Em 2005, foi observado mesmo padrão, destacando-se as Sub-Bacias dos Rios Javari (152,28), Pará (32,73) e Mearim (13,13). A IPA da Sub-Bacia do Rio Araguari (333,33) foi a que apresentou o maior valor para esse ano. Os valores das IPAs apresentaram uma relativa diminuição de seus valores em 2006 (com destaque para as Sub-Bacias dos Rios Paru (13,30), Pará (10,24) e Mearim (4,78)). Em 2007, foi observado mesmo padrão com relação à 2006, destacando-se as IPAs das Sub-Bacias dos Rios Tocantins (5,85), Mearim (1,84) e Turiaçu (2,23). Em 2008, não houve grande modificação no padrão de distribuição dos valores das IPAs em relação à 2007, destacando-se as IPAs das Sub-Bacias dos Rios Içá (51,05), Mearim (0,04) e Araguaia (3,58). Em 2009, foi observada

uma relativa diminuição dos valores das IPAs, com destaque para as IPAs das Sub-Bacias dos Rios Araguaia (0,43), Tocantins (0,51) e Pará (68,26) (Tabela 11).

As maiores IPAs para todo o período foram observadas nas Sub-Bacias dos Rios Tapajós (237,27), Nhamundá (191,86), Gurupi (190,00) e Oiapoque (176,94) (Tabela 11).

Contrários ao padrão dos valores das IPAs, em 2005 houve redução no valor das IPAs (em relação à 2004) das Sub-Bacias dos Rios Purus (96,17), Xingu (30,70), Guamá (8,71) e Gurupi (67,61). As IPAs da Sub-Bacia do Rio Oiapoque destacam-se pelo padrão diferente do observado, pois houve aumentos em seus valores durante todos os anos do período de estudo (21,89; 48,99; 62,42; 218,19; 283,29; 284,61; 319,21). Também destaca-se a IPA da Sub-Bacia do Rio Nhamundá, pois houve aumento de seu valor em 2006 (344,71; maior IPA registrada para a Sub-Bacia durante o período de estudo), 2007 (241,47) e 2008 (305,15). Em 2006 foi observada a maior IPA para a Sub-Bacia do Rio Tapajós (319,01). Em 2009, as IPAs das Sub-Bacias dos Rios Tapajós (287,83), Içá (282,44) e Japurá (237,44) também foram destaque, devido aos elevados valores (Tabela 11).

Não foi registrado nenhum caso de malária nas Sub-bacias dos Rios Jari, Paraguai e Itapecuru; por isso, suas IPAs tiveram valores igual a zero (Tabela 11).

Tabela 11 – Distribuição das IPAs das Sub-Bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira, tendo prováveis localidades de infecção em aldeias indígenas entre 2003 e 2009.

Sub-bacia Hidrográfica*	Ano							Período**
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Rio Içá	12,51	41,46	281,88	178,33	102,32	51,05	282,44	135,71
Rio Japurá	15,86	46,04	94,31	68,19	77,90	119,80	237,44	94,22
Rio Javari	25,36	16,83	152,28	149,79	174,76	231,50	204,02	136,36
Rio Juruá	30,84	26,75	92,56	109,43	86,54	111,66	105,18	80,42
Rio Madeira	27,63	63,31	85,36	109,61	109,39	116,51	71,61	83,35
Rio Negro	42,51	70,64	116,93	128,42	157,34	119,29	108,39	106,22
Rio Nhamundá	25,29	25,35	154,88	344,71	241,47	305,15	246,18	191,86
Rio Paru	64,71	90,51	185,24	13,30	48,53	58,82	58,61	74,25
Rio Purus	88,36	96,92	96,17	116,13	88,90	82,02	102,97	95,92
Rio Tapajós	245,76	184,82	219,01	319,01	218,30	186,15	287,83	237,27
Rio Trombetas	59,64	45,24	174,65	239,41	235,55	222,16	146,19	160,41
Rio Xingu	59,52	34,92	30,70	39,85	48,67	28,85	27,60	38,59
Rio Araguaia	1,06	1,84	2,96	8,47	9,77	3,58	0,43	4,02
Rio Tocantins	17,39	17,51	21,55	10,25	5,85	4,81	0,51	11,12
Rio Guamá	79,60	22,57	8,71	6,44	115,84	76,11	48,45	51,10
Rio Pará	7,87	3,82	32,73	10,24	49,02	160,41	68,26	47,48
Rio Gurupi	139,53	233,18	67,61	189,50	217,83	249,76	232,56	190,00
Rio Mearim	1,06	1,54	13,13	4,78	1,84	0,04	0,26	3,24
Rio Turiaçu	3,56	2,56	12,11	6,90	2,23	6,68	5,93	5,71
Rio Araguari	47,47	81,55	333,33	153,35	110,57	108,49	188,00	146,11
Rio Oiapoque	21,89	48,99	62,42	218,19	283,29	284,61	319,21	176,94

\*As Sub-Bacias dos Rios Munim, Jari, Paraguai, Itapecuru e Parnaíba não foram incluídas à Tabela por não terem apresentado nenhum registro de caso de malária.

\*\*A IPA para o período foi calculado pela soma dos IPAs, dividida pelo número de anos do período (Chaves e Rodrigues, 2000).

A análise dos mapas temáticos das IPAs das Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira revela que de uma forma geral ocorreu um aumento dos valores das IPAs das Sub-bacias Hidrográficas da Região Amazônica brasileira. Tal tendência é confirmada pelas IPAs das Sub-Bacias dos Rios Içá, Japurá, Javari, Juruá, Madeira, Negro, Nhamundá, Trombetas, Araguari e Oiapoque. Em 2005 e em 2009 a Sub-Bacia do Rio Içá foi classificada no estrato de IPA maior ou igual a 200, o mesmo aconteceu em 2009 para a Sub-Bacia do Rio Japurá, em 2008 e 2009 para a Sub-Bacia do Rio Javari, entre 2006 e 2009 para a Sub-Bacia do Rio Nhamundá, entre 2006 e 2008 para a Sub-Bacia do Rio Trombetas, entre 2007 e 2009 para a Sub-Bacia do Rio Gurupi e entre 2006 e 2009 para a Sub-Bacia do Rio Oiapoque. Chama atenção a IPA da Sub-Bacia do Rio Tapajós, que apresentou valor maior que 200 para todo o período; somente em dois anos (2004 e 2008) a IPA não teve valor maior ou igual a 200. Destaca-se a IPA da Sub-Bacia do Rio Araguari, que somente em 2005 foi classificada com valor acima de 200 (Figuras 7 e 8).

As Sub-Bacias dos Rios Purus, Xingu, Araguaia, Guamá, Mearim e Turiaçu apresentaram uma menor tendência de crescimento dos valores das IPAs. Destacam-se as Sub-Bacias dos Rios Paru e Guamá, que em 2003 e em 2009 tiveram IPAs no estrato entre 50 e 99,9. A Sub-Bacia do Rio Xingu somente em 2003 teve IPA no estrato entre 50 e 99,9. A Sub-Bacia do Rio Tocantins teve IPA classificado no estrato entre 0,01 e 9,9 de 2007 a 2009 (nos outros anos, a IPA foi classificado no estrato de 10 a 49,9). As Sub-Bacias dos Rios Mearim e Turiaçu tiveram IPAs classificados no estrato entre 10 e 49,9 apenas em 2005 (nos outros anos, as IPAs estiveram no estrato de 0,01 a 9,9) (Figuras 7 e 8).

Figura 7

.

## Figura 8

## DISCUSSÃO

### Amazônia Legal

Nossos achados revelam que de 2003 a 2007 houve consecutivo aumento da IPA e do número de registros de casos da doença, embora devamos chamar atenção que o SIVEP-Malária foi criado em 2003 e que a quantidade de casos notificada pode ter sido subestimada nos primeiros anos desse estudo, pelo fato desse sistema estar em fase de implantação. Diversos estudos têm demonstrado intervenções feitas na Amazônia Legal durante o período de 2003 a 2007, como criação de assentamentos (Santos e cols., 2009b) e de garimpos (Souza-Santos e cols., 2008), urbanização desordenada (Saraiva e cols., 2009), desmatamentos (Parente e cols., 2012) e construção de hidrelétricas (Katsuragawa e cols., 2009), explicando o aumento do número de registros de casos de malária.

A adoção de medidas socioeducativas podem levar à diminuição do número de registros de casos, já que podem contribuir para diminuir a exposição do homem ao *Anopheles*. Temos como exemplo um curso realizado em 2008 por equipe multidisciplinar, destinado aos professores da rede básica de ensino do município de Barcelos, localizado no estado do Amazonas (Suárez-Mutis, 2011). A criação de modelos de prevenção de malária também pode auxiliar no planejamento e na gestão de recursos, além de estimar medidas que possam vir a colaborar para a diminuição da transmissão da doença. Um estudo de caso demonstrou ter sido realizada uma previsão da incidência de malária no município de Cantá, estado de Roraima, através do uso de uma rede neural artificial, visando dar apoio à organização e à operacionalização dos serviços de saúde locais (Cunha e cols., 2010).

O maior número de casos em homens pode ser explicado pela ecologia humana da população indígena e pelas atividades laborais. Citando Sá (2003), é o homem quem geralmente realiza a caça e a pesca, que são atividades que promovem uma maior exposição ao *Anopheles*. Além disso, os homens normalmente assumem mais atividades junto aos garimpos. Souza-Santos e cols. (2008), demonstraram maior número de registros para o sexo masculino nas aldeias indígenas do estado de Rondônia entre 2003 e 2006 (2.739 registros referentes ao sexo masculino e 1.407 para o sexo feminino). O estudo demonstrou que em 2004 houve crescimento dos registros para o sexo masculino

devido ao surgimento de garimpo de diamantes na Terra Indígena Roosevelt. Citando Castro e Singer (2007), a exploração de garimpos também é uma atividade de exposição ao vetor, pois além da transformação do ambiente, há a grande concentração populacional, que inclui indivíduos contaminados pelo *Plasmodium*.

Os achados do presente estudo também estão de acordo com trabalhos que não abordaram aldeias indígenas. Santos e cols. (2009b), demonstraram que no Assentamento Vale do Amanhecer foi observado maior número de casos para o sexo masculino (204, representando 57,6% do total), com 171 casos registrados em áreas de maior intensidade e 33 casos em áreas de menor intensidade, demonstrando que o maior número de registros para o sexo masculino pode ser observado até mesmo em menores áreas geográficas, como foi o caso do Assentamento.

A maior quantidade de registros de casos de malária ocorreu na faixa etária de 0 a 9 anos de idade e pode ser explicada pelo comportamento da população indígena, pois conforme afirmam Sá e cols. (2005), as crianças geralmente acompanham os pais em atividades ao ar livre durante o período de atividade dos anofelinos, ficando mais expostas à picada do vetor. Pode também ocorrer contaminação pelo plasmódio no interior das residências, pois Alves e cols. (2002) demonstraram que em localidades ribeirinhas há moradias feitas de tábuas de madeira espaçadas umas das outras para melhorar a ventilação, favorecendo a picada do *Anopheles* em menores de cinco anos.

Porém, nosso achado contraria os resultados apresentados em outros estudos que apresentavam populações e hábitos diferentes. Em 1997, cerca de 75% dos pacientes de um centro de referência para doenças infecciosas em Manaus tiveram idade acima de 14 anos (Noronha e cols., 2000) e um estudo retrospectivo com base nos registros de malária em área rural do Rio Negro entre 1992 e 2004 demonstrou que a média de idade dos pacientes passou de 17,9 (1992 a 1998) para 14,8 anos (1999 a 2004) (Suárez-Mutis e Coura, 2007b).

Vale registrar um inquérito realizado entre os anos de 1998 e 1999 em duas comunidades ribeirinhas do estado de Rondônia, que demonstrou que foram observados 23 casos de malária no estrato de 0 a 4 anos de idade, representando 13,77% do total (Alves e cols., 2002). Os autores destacaram que os casos sintomáticos da doença na faixa etária de 0 a 4 anos podem ser explicado pela aquisição da imunidade como uma

função da idade, pois quanto mais velho maior é a exposição à picada do vetor. Portanto, como o SIVEP-Malária é também um sistema de informação epidemiológica de busca passiva, nossos resultados podem não estar representando a real epidemiologia da malária, pois, de uma forma geral, somente as pessoas com sintomas procuram assistência para cura da malária. Além do mais, as faixas etárias utilizadas pelo SIVEP-Malária não estão de acordo com a literatura, já que a última faixa (40 a 99 anos) não abrange indivíduos de 100 anos ou mais.

Foi registrado pequeno percentual de casos de malária em mulheres sob a condição de gestante, coincidindo com trabalhos que abordam a doença em populações não-indígenas, pois Martínez-Espinosa e cols. (2004) demonstraram que das 1.699 mulheres que apresentaram malária em um centro de referência de tratamento de doenças tropicais localizados em Manaus, entre março e novembro de 1997, 195 (11,7%) estavam grávidas. Almeida e cols. (2010) demonstraram que no mesmo município, durante o período de 2003 a 2006, 13.308 registros foram observados, sendo 815 (6,1%) em gestantes.

Em todos os anos houve um maior número de registros de casos para *P. vivax* em relação ao *P. falciparum*, estando os resultados de acordo com a literatura, que sugere que tal distribuição poderia estar ocorrendo mesmo em épocas anteriores ao presente estudo, pois de 1998 a 2001, 11.047 lâminas foram observadas em terras indígenas do município de Guajará-Mirim (estado de Rondônia), com 474 (25,27%) apresentando infecção por *P. falciparum* e 1.387 (73,93%) por *P. vivax* (Sá e cols., 2005).

### **Bacias Hidrográficas**

A maior IPA foi observada nas Bacias Costeiras do Norte, podendo ser explicada por suas características ambientais (grande malha hídrica, elevada precipitação pluviométrica e densa cobertura vegetal) e por alterações antrópicas (garimpos e desmatamentos, além da construção de hidrelétricas, de estradas e de açudes), além de fatores sociais (numerosos grupos populacionais, vivendo em moradias que proporcionam pouca ou nenhuma proteção ao vetor, geralmente desprovidas de paredes, e trabalhando próximo às matas) (Brasil, 2005a).

O segundo maior valor da IPA e o maior número de registros de casos de malária foram verificados na Bacia do Rio Amazonas, que concentra as Unidades Federativas (Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia e porções do Mato Grosso, Pará e Amapá) com maior risco de transmissão da malária, além de ser a Bacia de maior extensão territorial. Reforçando nossos resultados, demonstrou-se que nas terras indígenas do estado de Rondônia foram observados 4.146 registros de casos de malária no período de 2003 a 2006 (Souza-Santos e cols., 2008) e durante o ano de 2003 foram registrados 2.160 casos de malária (64% desses registros pertencem à área rural, não se referindo a populações indígenas) no município de Barcelos, localizado no estado do Amazonas (Suárez-Mutis e Coura, 2007b).

Com um menor valor da IPA temos a Bacia Costeiras do Nordeste Ocidental, podendo ser explicado por moradias que favorecem o contato homem-vetor e pelas condições ambientais locais. Mesmo não abordando terras indígenas, Silva e cols. (2006b) demonstraram que em uma área de preservação ambiental, situada em São José de Ribamar, estado do Maranhão, foi registrado no passado alta prevalência de malária e após três anos de interrupção, novos casos autóctones foram observados no local. Foram observadas precárias condições de moradia nas residências visitadas (90,7% dessas eram de taipa, além de 64,8% serem cobertas de palha e 70,4% terem piso de chão batido), além de não haver sistema de abastecimento de água tratada, nem redes de esgoto (89% não possuíam vasos sanitários). Registrou-se que 62,2% das residências visitadas possuíam frestas e aberturas na parede, proporcionando baixa proteção aos anofelinos. Outro fator de risco para a transmissão de malária são as extensas coleções de água (houve represamento das águas da lagoa principal) e a importante cobertura vegetal. Não foi registrado nenhum caso em menores de 24 meses, o que pode ser explicado pelo fato de que essa parcela da população dormia sob proteção dos mosquiteiros.

Rebêlo e cols. (2007) reforçam as características ambientais, pois no mesmo estado, houve captura de anofelinos em 123 municípios, com maior riqueza de espécies nas regiões Noroeste (que possui influência amazônica, apresentando vegetação florestal e o maior índice pluviométrico de todas as regiões do estado) e Nordeste (que possui características do sertão, com vegetação formada por sobreposição do cerrado, caatinga e mata aberta, além de baixa precipitação pluviométrica), influenciadas pelo

litoral e pela rica hidrografia, favorecendo a formação de numerosos e variados criadouros, colaborando para a criação de uma rica fauna anofélica no estado do Maranhão.

Com relação à Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, admite-se que a maior quantidade de registros de casos de malária encontra-se com provável localidade de infecção em aldeias indígenas dos estados do Pará, Mato Grosso e Maranhão, pois conforme os achados do nosso estudo, foram observados apenas 12 registros no estado do Tocantins.

As características ambientais também podem configurar fator de risco para transmissão da doença, pois conforme destaca o Ministério do Meio Ambiente, a Bacia pode ser dividida em duas ecorregiões aquáticas: Gurupi e Maranhão-Piauí. A Ecorregião Gurupi caracteriza-se por ser uma costa baixa, apresentando várias baías, ilhas, estuários, manguezais, lagoas, cordões arenosos e canais de marés, além de lagoas de inundação e extensos campos periodicamente inundáveis. Apesar da baixa pressão demográfica, os ambientes aquáticos da Ecorregião do Maranhão-Piauí sofrem com a contaminação de esgotos domésticos, desmatamentos e contaminação por agrotóxicos (principalmente pelo cultivo da soja), erosão e desertificação (causadas pela mineração), além da agricultura e da pecuária no Rio Parnaíba, inclusive com risco de sobrepesca. Outra explicação para o risco de transmissão da doença é o tipo de exploração econômica conjugada às moradias (que não protegem o homem da presença do vetor), pois há presença de florestas de babaçu (constituindo-se como espécie dominante em algumas áreas) com extração do côco e comercialização de seus produtos, realizadas por famílias de agricultores. Em Açailândia, Amarante do Maranhão e Buriticupu há extração de madeira por serrarias e indústrias madeireiras, muitas vezes de forma indiscriminada. Com a exploração madeireira, há a criação de pequenos povoados formados por pequenas casas de madeira, totalmente desestruturados socioeconomicamente. Tais características vêm ocorrendo também em aldeias indígenas (Brasil, 2006b).

Conforme observado em nosso estudo, não foi registrado nenhum caso de malária na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata. Esse fato pode estar ocorrendo há décadas, conforme observado em Atanaka-Santos e cols. (2006 e 2007), que

demonstraram que desde a década de 1980 os municípios das regiões sudeste, sudoeste e centro-sul do estado do Mato Grosso são áreas de menor prioridade para o controle da malária (baseado no pequeno valor das IPAs).

### **Unidades Federativas**

A maior quantidade de registros de casos de malária foi observada no Amazonas. Saraiva e cols. (2009) demonstraram que o aumento da transmissão da doença pode ser explicado pelo desmatamento, pela ocupação por assentamentos em áreas anteriormente cobertas por mata e mananciais e por atividades laborais, como a piscicultura. Embora não tenha abordado aldeias indígenas, esse estudo reforça nossos achados, já que revelou que no período de 2001 a 2005 as maiores IPAs foram atribuídas às áreas rurais de Manaus, com consecutivos aumentos (129,1; 278,0; 1.459,9; 1.456,4 e 1.659,7); o mesmo acontecendo com o número de registros de casos (1.570, 3.571, 19.746, 20.721 e 24.525). A provável explicação para o achado é que as áreas rurais são locais de lazer durante os finais de semana e férias. Logo, as pessoas retornam infectadas para a área urbana, aumentando o valor da IPA (pois há baixa densidade populacional nas áreas rurais) (Saraiva e cols., 2009).

Mesmo não abordando aldeias indígenas, Suárez-Mutis e cols. (2007a) demonstraram que em 2002, dos 109 habitantes de cinco comunidades do município de Barcelos, 90,8% relataram anterior episódio de malária, revelando alto risco de transmissão da doença na região. A malária não é recente em populações indígenas do Amazonas, pois conforme revelam Genaro e Ferraroni (1984), em 1983 foram observados casos da doença na aldeia indígena Nadëb-Maku (27 das 76 amostras de sangue coletadas de indígenas apresentaram infecção por *P. falciparum*).

Nosso estudo demonstrou um decréscimo no número de registros de casos no estado de Rondônia. Embora englobassem localidades rurais e urbanas de Rondônia, Rodrigues e cols. (2008) demonstraram um aumento dos registros no estado entre 2003 e 2005, o que reforça nossos achados, pois demonstrou-se um crescimento da IPA de Rondônia entre 2003 (11,90) e 2004 (486,91). Os autores demonstraram também que os municípios localizados ao noroeste e à nordeste do estado foram os que apresentaram maiores riscos de transmissão da doença, causada pela urbanização recente, que

proporciona maior crescimento populacional, maior número de famílias assentadas e grandes desmatamentos.

Souza-Santos e cols. (2008) demonstraram que o padrão de transmissão da doença em terras indígenas de Rondônia foi instável e heterogêneo, sendo dependente das intervenções antrópicas, tais como a exploração de diamantes em garimpos. O instável perfil da malária no estado também pode ser observado pelas mudanças das estações do ano, pois no município de Machadinho d'Oeste, entre 1993 e 1994, foi demonstrado que houve captura de maior quantidade de *Anopheles darlingi* durante o início e o fim dos períodos das chuvas (Souza-Santos, 2002). Conforme observado em um assentamento agroindustrial localizado no município de Candeias do Jamari, medidas de controle da malária (aplicação de inseticidas nas residências e em áreas de exploração madeireira) podem ser adotadas em áreas de risco para a transmissão da doença, visando diminuir a quantidade de casos de malária (Salcedo e cols., 2000).

Nosso trabalho demonstrou que a IPA do estado do Amapá apresentou crescimento em todos os anos de estudo, o que pôde ser observado em estudos que abordaram períodos anteriores e áreas rurais e urbanas. Couto e cols. (2001) demonstraram que em 1994, 1995 e 1997, ocorreram consecutivos aumentos nos IPAs do estado: de 14,1 para 33,4; 33,4 para 46,4 e 48,5 para 65,5. Citando Cardoso e Goldenberg (2007), o aumento da transmissão de malária no estado pode ter sido favorecido pelo surgimento de garimpos (que tiveram início durante a década de 1980). Os autores também destacam a criação da Área de Livre Comércio, por gerar grandes aglomerados populacionais com presença de pessoas infectadas, aumentando o risco de transmissão da doença. Além do mais, a partir de 1991 a Área colaborou para o aumento de imigrantes de diversos estados. Acredita-se que, devido à menor dimensão do estado (em relação às outras Unidades Federativas amazônicas), o aumento da imigração para o Amapá tenha gerado um aumento da transmissão da doença em aldeias indígenas, por conta da menor proximidade dessas localidades com as áreas urbanas. Além do mais, o maior número de imigrantes pode proporcionar maior taxa de desemprego, fazendo com que a parcela desempregada da população vá trabalhar ilegalmente em garimpos.

Conforme destacamos, o presente estudo demonstrou que ocorreram apenas 12 registros de casos de malária no estado do Tocantins. Ressaltam-se os achados de Parise e cols. (2011), que demonstraram que das 19.004 amostras de sangue coletadas em todo o estado durante o período de 2003 a 2008, 19% continham o plasmódio causador da malária. Porém, os autores destacaram que 65,73% dos registros tiveram provável localidade de infecção em outros estados, constatando-se que a malária é predominantemente importada, resultante de atividades de campo. Além da frequência da doença ter diminuído durante a série histórica, reduziu-se o número de municípios com transmissão autóctone.

Nosso estudo demonstrou que em 2009 ocorreram maior IPA e maior número de registros de casos para o estado do Mato Grosso. Tauil (2011) afirmou que a cada ano há um decréscimo no número de registros de casos de malária em todo o estado. Com base no confronto de informações, podemos constatar que as localidades em aldeias indígenas do Mato Grosso são os locais de maior risco de transmissão de malária, evidenciado pelo crescimento da IPA em 2009.

Os garimpos podem ser um fator de aumento de transmissão da doença, pois Santos e cols. (2009b) demonstraram um crescente padrão do número de registros de casos no assentamento Vale do Amanhecer, em Juruena (estado do Mato Grosso), de 2003 a 2005, causado pela instalação de um garimpo.

Galvão e cols. (2008) também demonstraram que o aumento da transmissão da doença pode estar relacionado aos assentamentos como locais de habitação e com a exploração de garimpos, já que dezoito municípios do estado, com distância média de 774,5 km de Cuiabá não foram considerados adequados sob o ponto de vista político, graças aos assentamentos rurais oficiais (que, juntamente com garimpos, concentraram os registros de casos de malária em décadas anteriores) existentes em 17 desses 18 municípios.

Mesmo em décadas anteriores, estudos demonstraram que o surgimento de garimpos pode ter aumentado a quantidade de registros de casos de malária no estado, pois no ano de 1993 foram observados garimpos de ouro no norte do estado, revelando prevalência média de malária de 31,3% (Barbieri e Sawyer, 2007) e entre 1985 e 1996 houve associação positiva e estatisticamente significativa entre produção de ouro e IPA

para todo o estado, indicando forte associação entre atividade garimpeira e incidência de malária (Duarte e Fontes, 2002). Mesmo os referidos estudos não abrangendo somente aldeias indígenas, observou-se que no Mato Grosso a malária possui um caráter predominantemente focal, pois de acordo com Atanaka-Santos e cols. (2006), a distribuição da mortalidade e da morbidade (de 1980 a 2003) pelas microrregiões do estado foi influenciada pelos contextos específicos de cada localidade.

Nossos resultados demonstraram que de 2006 a 2009 houve redução das IPAs e dos registros de casos para o estado do Maranhão. Coincidindo com nossos achados, Silva e cols. (2009) demonstraram aumento da IPA de 2003 para 2004 (de 1,88 para 2,39) em todo o estado, além da redução de seu valor em 2006 e em 2007 (1,6 e 1,1, respectivamente). O estudo também demonstrou redução da IPA de todo o estado do Maranhão do ano de 2004 para 2005 (de 2,39 para 1,83). Foi analisada a eficácia dos planos de controle da malária entre 1999 e 2007, pois a redução da incidência da doença (89,1%) nos 46 municípios incluídos nos planos foi a menor entre todos os estados amazônicos.

Em se tratando das aldeias indígenas, as medidas adotadas nos planos de controle da malária também podem ter sido a principal motivação para a redução do número de registros de casos de malária, pois ocorreram sequenciais diminuições dos valores da IPA de 2006 a 2009. Pelo fato das aldeias indígenas estarem localizadas em áreas de mais difícil acesso, as medidas podem ter demorado a atendê-las, visto que o valor da IPA só apresentou redução de 2005 (11,93) para 2006 (5,03).

Nosso estudo demonstrou que houve oscilação dos valores das IPAs e do número de casos observados no estado do Pará, o que pode ser explicado pelos achados de Parente e cols. (2012). Os autores demonstraram que de 2003 para 2004 houve redução na quantidade de registros de casos de malária em quatro municípios (Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu), período marcado por uma redução da taxa de desmatamento no estado. Mesmo abordando anos anteriores ao período de nosso trabalho (1988, 1995, 1996, 2000 e 2002), os autores demonstraram que as maiores ocorrências de desmatamento são seguidas do aumento da incidência da doença em anos seguintes.

Os constantes surgimentos e extinções de garimpos também podem se configurar como fatores de risco para transmissão da malária. Santos e cols. (1995) demonstraram que mesmo em anos anteriores ao período de estudo deste trabalho, cerca de 98% dos garimpeiros de Itaituba relataram anteriores episódios de malária. Silbergeld e cols. (2002) demonstraram que em 1997, dos 135 trabalhadores do garimpo Piranha (também localizado em Itaituba), foram observados 26 casos (19,4%) da doença, além de mais da metade dos trabalhadores terem relatado anteriores episódios de malária. Mesmo não abordando aldeias indígenas, os achados dos estudos reforçam a idéia de que os garimpos criam condições favoráveis para o aumento da transmissão da malária.

Além dos garimpos, a construção de usinas hidrelétricas também pode ser um fator para o aumento da transmissão de malária no estado do Pará. Vasconcelos e cols. (2006) demonstraram através de mapas temáticos que em Jacundá, a partir da década de 1980, houve coincidência entre o aumento do número de registros de casos notificados e a implantação da hidrelétrica de Tucuruí. A variação espaço-temporal da doença na região também está relacionada à precipitação, aos padrões de ocupação da terra, à abertura de estradas e às migrações.

Citando Mascarenhas e cols. (2009), as características ambientais do Pará (hidrografia abundante, umidade relativa do ar, temperatura média anual, enxurradas em meses chuvosos, localização das moradias e exposição do homem em horários de pico de atividade dos anofelinos) podem aumentar o risco de transmissão da malária, conforme sustentado por estudos feitos pelos autores em 2002 e 2004 na Ilha de Cotijuba (município de Belém), onde o risco de transmissão da malária foi associado a tais características ambientais. A pesca também foi considerada uma atividade de risco para a transmissão da doença, por ocorrer em horários de maior atividade do mosquito. Apesar dos achados não estarem diretamente relacionados à população indígena, os autores destacaram que a população local apresenta comportamentos de risco para a transmissão da malária (banhos e lavagens de roupas nos igarapés no final da tarde, horário de maior atividade do *Anopheles*), que são comportamentos similares aos dos indígenas.

As variações da IPA de Roraima também podem estar associadas à migração, à exploração de garimpos e à dinâmica da população. Citando Chaves e Rodrigues

(2000), de 1991 a 1993 foi demonstrado que as duas maiores IPAs foram observadas em Alto Alegre e Mucajaí, municípios onde há áreas de florestas habitadas pela etnia Yanomami, além da presença de garimpos ilegais. Os autores reforçam que esses dois fatores podem afetar a transmissão da doença através da modificação do ambiente local, migração de pessoas e pela maior proximidade entre os indígenas e os migrantes infectados de outras regiões do país. O estudo demonstrou que a IPA de Caracaraí também teve alto valor, podendo ser explicado pelo porto que existe na municipalidade, permitindo a troca com várias regiões do país, além da movimentação de populações, com pessoas imunes e não-imunes à doença. Foi constatada que a dinâmica de transmissão da doença no estado não é homogênea, pois foram observadas diferentes quantidades de registros nos oito municípios de Roraima (a maior porcentagem de lâminas positivas foi observada em Boa Vista). Além do mais, observou-se que durante a estação seca do ano houve 15% a mais de quantidade de casos de malária. Os autores destacam que outros fatores também devem ser levados em consideração, como índices pluviométricos, temperatura, densidade vetorial, migração e imunidade da população, desmatamento e atividades ligadas à exploração de ouro. Gomes e cols. (2008), Póvoa e cols. (2006) e Rosa-Freitas e cols. (2007), evidenciam que em todo o estado de Roraima há grande diversidade de espécies de *Anopheles*, podendo contribuir para o aumento da transmissão da doença.

Assim como ocorre em todos os estados amazônicos, o risco de transmissão da doença não é homogêneo no estado do Acre. Silva-Nunes e cols. (2006) demonstraram que cerca de 2% da população total do estado do Acre reside no município de Acrelândia, onde são observados cerca de 20% do total dos registros de casos de malária para o estado. Os autores destacam as atividades ligadas à agricultura e as desfavoráveis condições de moradias como prováveis fatores de risco para a transmissão de malária. Esse estudo abordou o assentamento agrícola Ramal do Granada, que tem a agricultura como base de sua economia, além da presença de moradias à beira de estrada não-pavimentada, próximas a coleções hídricas, áreas alagadas e florestas e pastos. Os autores demonstraram que em 2004, dos 467 moradores do assentamento agrícola, 72,2% apresentaram pelo menos um episódio de malária e 15,6% pelo menos um episódio de internação causado pela doença. Porém,

apenas 3,6% dos indivíduos com idade igual ou superior a cinco anos apresentaram plasmódios.

Moutinho e cols. (2011) demonstraram que elevados níveis de degradação ambiental diminuem a presença do *Anopheles* e que há maior quantidade do vetor durante as transições de estações chuvosas para estações secas. Os autores explicam que isso ocorre provavelmente porque há maior quantidade de áreas de reprodução durante o fim das épocas chuvosas e sua diminuição durante as épocas secas.

Silva-Nunes e cols. (2006) destacam ainda que os assentamentos se consolidaram como as localidades que concentram a maior parte da população rural da Amazônia, porém ainda são limitados os dados sobre as condições de saúde e moradias nessas localidades. Mesmo os referidos trabalhos não abordando aldeias indígenas, com base nos achados dos autores, destacamos que os registros de casos de malária para o estado pode estar subestimando a real situação da doença, o que é mais problemático em aldeias indígenas, devido ao difícil acesso por parte da população à assistência para cura da doença.

### **Sub-Bacias Hidrográficas**

Conforme nossos resultados, a análise por Sub-Bacias Hidrográficas revelou maiores detalhes quanto à variação das IPAs durante o período. Destaca-se a maior IPA para o período, referente à Sub-Bacia do Rio Tapajós. Houve grande variação na IPA das Sub-Bacias do Rio Içá (281,88 em 2005 e 282,44 em 2009), Japurá (237,44 em 2009), Javari (152,28 em 2005), Nhamundá (344,71 em 2006), Paru (185,24 em 2005), Guamá (115,84 em 2007), Araguari (333,33 em 2005) e Oiapoque (283,29 em 2007).

Apesar de não abordarem populações indígenas, Malafrente e cols. (1994) realizaram inquérito sorológico em três localidades próximas ao Rio Jari (Laranjal do Jari, Vila Padaria e Vila Paraíso), que revelou amostras contendo anticorpos para *P. falciparum*. Na primeira localidade, o comércio local é a principal atividade econômica e algumas famílias migram para trabalhar em áreas de garimpos, que são próximas de Laranjal do Jari. Ao retornarem para a localidade proporcionam surtos de malária, aumentando o número de casos da doença na localidade. Vila Padaria tem a agricultura como principal atividade econômica e Vila do Paraíso, a pecuária.

Nossas análises apontam que não houve nenhum registro de caso na Sub-Bacia do Rio Jari. Mesmo não abordando aldeias indígenas, podemos dizer que como o estudo de Malafronte e cols. (1994) foi realizado na década passada, algumas modificações podem ter ocorrido até 2003 (primeiro ano de estudo do nosso trabalho). Os garimpos existentes nas proximidades da Sub-Bacia podem ter sido fechados, interrompendo a transmissão da malária na região.

A dinâmica de transmissão da malária da Sub-Bacia do Rio Javari pode estar associada às migrações, pois Sampaio e cols. (1996) revelam que há contato entre populações indígenas e não-indígenas na região do Vale do Javari, sendo a provável explicação para o aumento de transmissão da doença, já que em 1994 ocorreu maior quantidade de casos em áreas de maior contato entre as populações. Como esse estudo foi realizado em períodos anteriores, podemos dizer que a dinâmica de transmissão da malária revelada por nossos resultados pode estar ocorrendo desde épocas passadas, sendo motivada pela exploração de garimpos. O Rio Javari localiza-se na fronteira entre Brasil e Peru, região abordada por Magill e cols. (2004), que reforçam nossos achados ao revelarem casos de malária causada por *P. falciparum* em região isolada da Bacia Amazônica (cidade de Cabalococha, Peru).

De acordo com nossos achados, a IPA da Sub-Bacia do Rio Madeira apresentou maiores valores em 2006 (109,61), 2007 (109,39) e 2008 (116,51). Katsuragawa e cols. (2008) demonstraram que dos quinze municípios do estado de Rondônia que apresentam IPA entre 20 e 400 (revelando alta incidência de malária), doze são percorridos pelo Rio Madeira ou por seus grandes afluentes, já que os ribeirinhos (que apresentam miscigenação com indígenas da região) de Porto Velho são a parcela da população do município mais acometida pela doença, principalmente em áreas suburbanas e rurais. Segundo os autores, os ribeirinhos também apresentam maior prevalência de malária assintomática. Esse estudo revelou que em seis comunidades ribeirinhas houve condições propícias para a geração de criadouros do *A. darlingi*, tais como tanques de piscicultura, barragens de igarapés, águas de descarga de reservatórios e áreas de culturas sazonais em meses de seca.

O mesmo estudo aponta para o aumento da transmissão da malária na região causado pela construção das usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, pois tal

construção motivará grande fluxo migratório de pessoas de diferentes regiões de origem, seja para a construção das barragens ou mesmo para atividades adicionais ligadas ao comércio, lazer, educação e serviços formais e informais. Essas pessoas não poderão contar com os benefícios providos pelos empreendedores das usinas e irão se espalhar pela região, com tendência de se concentrarem em áreas ribeirinhas e ao longo das rodovias que darão acesso aos canteiros de obras, criando condições favoráveis a surtos epidêmicos graves de malária (Katsuragawa e cols., 2008).

Conforme destacado, nosso estudo revelou um padrão de crescimento da IPA da Sub-Bacia do Rio Negro de 2003 a 2007, com posteriores reduções em 2008 e em 2009. Embora não tenham abordado populações indígenas, Suárez-Mutis e Coura (2007b) realizaram uma análise retrospectiva da malária no município de Barcelos (médio Rio Negro) através de registros de casos de malária de 1992 a 2004, revelando que 77,1% dos registros apresentavam localidades de infecção em áreas de extração de piaçaba e 22,9% foram registrados longe das áreas de piaçabais. A chance de que os casos de malária por *Plasmodium falciparum* tivessem acontecido em áreas de extração de piaçaba foi 2,13 vezes maior em relação às áreas mais distantes dos piaçabais.

Com base no achado dos autores, podemos supor que o padrão de crescimento do número de registros de casos de malária na Sub-Bacia do Rio Negro pode ter sido motivado pela extração de piaçaba por parte da população indígena local. Ao se deslocarem para áreas ambientalmente alteradas por populações não-indígenas, os indígenas podem ter aumentado o contato com o vetor da doença, já que provavelmente há maior concentração populacional em áreas de extração da piaçaba.

Genaro e Ferraroni (1984) relataram casos de malária na Sub-Bacia do Rio Negro desde 1983, quando foram coletadas amostras de sangue de 79 indígenas da aldeia Nadëb-Maku. Foram registrados 27 (35,5%) casos de malária, sem a explicação da provável causa da transmissão da doença, pois na época essa área do estado do Amazonas era considerada livre de malária, por ser composta por população indígena com dinâmica populacional estável. Com base nesses achados, podemos supor que o aumento da transmissão da malária pode ter sido provocado pelas alterações ocorridas ao longo da Sub-Bacia do Rio Negro, como garimpos, proporcionando maior contato entre homem e vetor.

Os resultados de nosso estudo demonstraram grande crescimento dos valores das IPAs da Sub-Bacia do Rio Nhamundá nos anos de 2005, 2006 e 2008. As menores IPAs foram observadas em 2003 e 2004. Contrariando nossos resultados, Santos e cols. (2009a) realizaram captura de anofelinos em duas reservas indígenas (Nhamundá-Mapuera e Cuminapanema) durante o ano de 2002, onde 8.668 fêmeas foram capturadas, sendo 18 infectadas. Foi observado comportamento exofilico e intensa atividade noturna na população de *Anopheles darlingi*. Devido a essas características, atividades usuais de controle vetorial (borrifração intradomiciliar, termonebulização e uso de biolarvicidas) não se mostraram favoráveis. Como foi encontrada pequena porcentagem de anofelinos infectados por *Plasmodium*, os autores destacaram que esses são introduzidos nas aldeias graças ao intercâmbio das populações locais com outras populações. Também destacaram-se as características ambientais da aldeia Cuminapanema (que apresentou maior número de espécies de anofelinos), que possui menor impacto antrópico e sub-aldeias instaladas em áreas montanhosas, extensos criadouros e não há dominância de um rio principal.

De acordo com os achados de Santos e cols. (2009a), podemos explicar o aumento da IPA da Sub-Bacia do Rio Nhamundá pelo fato do povo Wai-wai (aldeia Mapuera) participar de reuniões e celebrações indígenas, acolhendo etnias de outras áreas endêmicas. Também há o deslocamento desse povo para a área urbana do município de Oriximiná. Com esses movimentos, criam-se condições propícias para entrada de pessoas infectadas nas aldeias (Santos e cols., 2009a), colaborando para o aumento de transmissão da doença.

Quanto à IPA da Sub-Bacia do Rio Tapajós, nossos resultados demonstraram que essa IPA foi a que apresentou maior valor para todo o período de estudo. O garimpo pode ser um provável fator de risco para o aumento da transmissão da malária, que pode estar acontecendo desde décadas anteriores. Embora não abordando aldeias indígenas no estudo, Santos e cols. (1995) reforçam essa hipótese ao analisarem um garimpo de ouro na Bacia do Rio Tapajós durante o ano de 1992, onde 94% da população estudada tinha referido episódios de malária nos últimos dez anos. Entre os garimpeiros esse número chegou a 98%. Esse estudo revelou que das 186 lâminas coletadas, 65 estavam com malária (sendo que desses 65, 32 eram garimpeiros). Além dos garimpeiros, a população era composta por prostitutas, cozinheiros, crianças e pessoas sem ocupação.

Os autores destacam a ocupação desordenada da terra pelos garimpeiros, além da insuficiência nos serviços de saúde e saneamento básico, pois no local não existe nenhum posto de saúde e são precárias as condições de saneamento.

De acordo com o achado dos autores, podemos concluir que os garimpos da Sub-Bacia do Rio Tapajós podem ser a principal causa para os elevados valores da IPA da Sub-Bacia, pois nessas localidades há a presença de pessoas com origem em diferentes lugares, diferentes tipos de trabalho, fatores ambientais propícios para a geração de potenciais criadouros e grande concentração populacional. Todos esses fatores combinados levam à uma maior exposição do homem ao vetor, proporcionando maior risco de transmissão da malária. Embora o estudo não tenha abordado aldeias indígenas, devemos lembrar que a população indígena pode vir a trabalhar nos garimpos e ao retornar às aldeias, voltam às suas moradias infectadas pelo *Plasmodium*, aumentando o risco de transmissão da malária nessas localidades.

Nossos resultados revelaram um aumento da IPA da Sub-Bacia do Rio Trombetas nos anos de 2005 e 2006, com declínio de seus valores em 2007, 2008 e 2009. A Sub-Bacia é formada por florestas úmidas e florestas secundárias e a porção do Baixo Trombetas pertence à Ecorregião Aquática da Planície Amazônica, que possui terrenos de baixa elevação que compõem a Bacia Sedimentar do Rio Amazonas (Brasil, 2006a). O Alto e Médio Trombetas pertence à Ecorregião Aquática do Escudo das Guianas, que compõe as porções mais baixas do Escudo das Guianas em território brasileiro (Brasil, 2006a). Alguns trechos ao longo das calhas do Rio Trombetas são formados por terras de várzea (inundadas sazonalmente), que são ricas em nutrientes pois são alimentadas pelas águas dos rios. São de grande importância no processo de evolução sociocultural da região (Brasil, 2006a). Foi constatado que há exploração de bauxita (minério de alumínio) por empresa de grande porte em Porto Trombetas (Brasil, 2006a). Também constatou-se que há significativa exploração de cassiterita (minério de estanho) (Brasil, 2006a). O mesmo estudo demonstrou que escravos fugidos do Maranhão e de Pernambuco deram origem a mocambos em Oriximiná, no médio e alto curso do Rio Trombetas. Destacou-se que o Rio Trombetas, além de possuir um porto em sua foz, constitui importante hidrovia, a Trombetas – Amazonas, que basicamente transporta bauxita (Brasil, 2006a). O mesmo estudo destacou a Usina Hidrelétrica de Balbina, que localiza-se no Rio Uatumã (pertencente à Sub-Bacia em questão).

Com base nos autores destacados, podemos dizer que as características ecológicas da Sub-Bacia do Rio Trombetas (densa malha hídrica, terras de várzea e florestas úmidas) favorecem o aumento da transmissão da malária. Destaca-se também o transporte hidroviário, pois esse tipo de transporte aumenta o contato entre o homem e os anofelinos. A exploração de bauxita e cassiterita podem ocorrer de maneira ilegal, sob inadequadas condições de trabalho, como ausência de roupas protetoras e densa concentração populacional nos garimpos. A presença de mocambos de negros refugiados é um fator interessante, já que essa população possui diferente ecologia em relação aos povos indígenas, podendo apresentar maior risco de contrair malária sintomática. A construção da Usina Hidrelétrica de Balbina também é um fator de risco para aumento de transmissão da doença, pois proporcionou a inundação de áreas pertencentes às aldeias indígenas, obrigando os indígenas a se deslocarem para áreas inabitadas e sem ação antrópica, aumentando o contato desses com o vetor.

Conforme destacado anteriormente, nossos resultados demonstram que não houve nenhum registro de caso na Sub-Bacia do Rio Paraguai. Uma provável explicação é a ausência de garimpos e de assentamentos na Sub-Bacia em questão, que engloba a parte sul do estado do Mato Grosso. Atanaka-Santos e cols. (2006) demonstraram maior quantidade de registros de casos de malária nas microrregiões do norte do estado do Mato Grosso, podendo ser explicada pela maior concentração de garimpos e de assentamentos nessa porção do estado. Portanto, a malária no estado do Mato Grosso possui um caráter focal (Atanaka-Santos e cols., 2006).

Nosso estudo demonstrou que a IPA da Sub-Bacia do Rio Araguaia apresentou um crescimento até o ano de 2007 e posterior declínio até 2009. A IPA da Sub-Bacia do Rio Tocantins apresentou declínio dos valores da IPA de 2006 a 2009. De acordo com as características ecológicas das Sub-Bacias em questão, podemos dizer que há presença do vetor da malária na região, mas não há quantidade suficiente de pessoas infectadas para que o ciclo de transmissão da doença ocorra de forma intensa. Reforçando nossos achados, Silva e cols. (2010) demonstraram que em 2006 foi construída a Usina Hidrelétrica de Peixe Angical, localizada sobre o Rio Tocantins. Esse estudo demonstrou que a usina gerou grande desmatamento, obstrução de rios, acúmulo de água e grandes lagos artificiais. Segundo os autores, a Sub-Bacia do Rio Tocantins abrange cerca de dois terços da hidrografia do estado do Tocantins, sendo o restante

atendido pela Sub-Bacia do Rio Araguaia. Nesse estudo, foram realizadas capturas de anofelinos entre 2004 e 2006. Houve captura de maior número de *Anopheles darlingi* em 2006, ano da construção da usina, que proporcionou maior quantidade de material orgânico produzido a partir da decomposição da vegetação submersa, revelando que a região é vulnerável à ocorrência de malária (Silva e cols., 2010).

De acordo com sobreposição feita no TerraView, constatou-se que a cidade de Belém é abrangida pelas Sub-Bacias do Rio Tocantins e do Rio Guamá. De acordo com nossos resultados, a IPA da Sub-Bacia do Rio Guamá apresentou declínio de 2003 a 2006 e um aumento de cerca de 19 vezes de 2006 (6,44) para 2007 (115,84), seguido de posteriores declínios em 2008 e 2009. De acordo com as características ambientais do município (densa malha hídrica, clima equatorial quente e úmido e cobertura de floresta amazônica), podemos dizer que tais características influenciam a dinâmica de transmissão de malária, tornando propícia a geração de criadouros de anofelinos próximas às residências (que muitas vezes estão próximas dos rios). Reforçando a hipótese, Mascarenhas e cols. (2009) demonstraram que o risco de transmissão de malária na Ilha de Cotijuba (localidade pertencente à Belém) é influenciada pelas condições climáticas da região e pela hidrografia abundante, além do comportamento dos moradores (cultos evangélicos realizados no horário de pico do *Anopheles*, lavagem de roupas nos rios, pescas em horário de maior atividade do mosquito) e da proximidade das moradias com as bordas das matas de galeria.

Embora não tenham abordado aldeias indígenas, Silva e cols. (2006a) demonstraram que todos os distritos do município de Belém possuem risco potencial de transmissão de malária, tendo como principais vetores *Anopheles darlingi* e *Anopheles aquasalis*, que possui maior densidade e maior distribuição no município. O estudo destacou que as coletas de anofelinos realizadas no Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA) revelaram a coleta de 38 adultos e 39 larvas de *Anopheles aquasalis*, 2 adultos de *Anopheles evansae*, 3 adultos de *Anopheles intermedius* e 10 adultos e 8 larvas de *Anopheles* sp., revelando grande variação do número de espécies de anofelinos.

Nossos resultados revelaram que as IPAs das Sub-Bacias dos Rios Pará e Gurupi (abrangidas pelos estados do Pará e do Maranhão) apresentaram grandes variações em

seus valores, que podem ser explicadas pelos mesmos fatores relacionados à Sub-Bacia do Rio Guamá (densa malha hídrica, clima equatorial quente e úmido e cobertura de floresta amazônica), devido à sua proximidade com as Sub-Bacias dos Rios Pará e Gurupi. Conforme ressaltamos, a proximidade das residências com os rios deve ser entendida como fator de risco para transmissão da malária, pois são áreas propícias para geração de criadouros de anofelinos. Além do mais, o aumento verificado nas IPAs pode estar associado à ocorrência de garimpos na região, pois são potenciais fatores de risco para transmissão de malária. Citando Varga (2007), na década de 1980 houve um surto garimpeiro na Amazônia com trabalhadores de diversos estados da região (dentre os quais os maranhenses destacaram-se), devido à alta na cotação do ouro no mercado internacional.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a IPA da Sub-Bacia do Rio Mearim apresentou baixos valores, com exceção do ano de 2005 (13,13). O baixo risco de transmissão da doença pode estar associado às características ambientais da região. A falta de indivíduos portadores do plasmódio causador da malária também pode ser outro fator que colabore para o baixo risco de transmissão na região, indicado pelos baixos valores da IPA da referida Sub-Bacia.

Através de nossos resultados, constatou-se que a IPA da Sub-Bacia do Rio Araguari apresentou crescimento até 2005 e declínio até 2008, com novo aumento em 2009. A IPA da Sub-Bacia do Rio Oiapoque apresentou crescimento em todos os anos de estudo. Como as duas Sub-Bacias pertencem ao estado do Amapá, provavelmente o crescimento das IPAs está associado às características ambientais da região (densa malha hídrica, clima equatorial quente e úmido e cobertura de floresta amazônica), associadas à ocorrência de garimpos, às habitações próximas aos criadouros do vetor da malária, à lavagem de roupas em rios e à pesca em horário de maior atividade do mosquito.

Póvoa e cols. (2001) realizaram capturas de anofelinos em seis localidades de Serra do Navio (município que pertence à Sub-Bacia do Rio Araguari), demonstrando que entre 1990 e 1991 foram encontradas nas localidades de Água Branca, Porto Terezinha e Arrependido as respectivas prevalências de infecção por plasmódios causadores da malária: 29,3%, 6,2% e 20,4%. Através de registros de casos da doença

de 1970 a 2003, Cardoso e Goldenberg (2007) demonstraram que houveram picos de registros de casos resultantes da política de ocupação da Amazônia, da proliferação de garimpos na região e da instalação da Área de Livre Comércio.

## CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo ilustrar a dinâmica espacial da malária na Região Amazônica brasileira através de diferentes unidades de análise. Longe de querer encerrar as discussões sobre o assunto, procurou-se destacar os principais fatores de risco para o aumento de transmissão da doença.

Conforme foi frisado, a epidemiologia da malária é complexa e influenciada por fatores ambientais e socioeconômicos. A alta transmissão da doença está relacionada com altos índices pluviométricos, grandes e densas malhas hídricas e ampla cobertura vegetal, típicas características da Região Amazônica. A intensa ocupação humana na região proporcionou o rápido crescimento de cidades, o surgimento de garimpos (muitas vezes ilegais), a expansão da fronteira agrícola, a construção de usinas hidrelétricas e de rodovias e o crescimento do número de assentamentos. Todas essas atividades colaboraram para aumentar o contato entre o homem e o vetor da malária, intensificando a dinâmica de transmissão da doença.

De uma forma geral, houve crescimento do número de registros de casos de malária na Região Amazônica entre 2003 e 2007, com posterior declínio em 2008 e novo crescimento em 2009.

Quanto às unidades de análise utilizadas, chamou-se a atenção para a Região Amazônica analisada de forma agregada, pois esse tipo de unidade não revelou os diferentes riscos de transmissão da malária na região. As Bacias Hidrográficas demonstraram algumas diferenças nesse risco, evidenciadas pelos IPAs. As Unidades Federativas elucidaram ainda mais tal diferença, porém, não evidenciaram os diferentes riscos de transmissão no interior dos estados. Por isso, chamamos a atenção para as Sub-Bacias Hidrográficas (unidade de análise de menor extensão territorial), que destacaram áreas com alto risco de transmissão da doença, o que não foi percebido com as outras unidades de análise. Chama-se atenção para a heterogeneidade da ocorrência da doença nas 13 Sub-Bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas. Observou-se diferentes IPAs em Sub-Bacias próximas e IPAs igual a zero em algumas Sub-Bacias, revelando que há áreas sem risco de transmissão da doença, o que não pôde ser observado com outras unidades de análise. Como não existe uma unidade de análise ideal, a unidade Sub-Bacia foi a que mais destacou as diferenças na dinâmica espacial

da malária na Região Amazônica, sendo a unidade de análise mais apropriada para ilustrar tais diferenças.

Devemos destacar a maior quantidade de registros de casos de malária em crianças de 0 a 4 anos de idade, podendo ser explicado pelo fato das crianças dessa faixa etária ainda não possuir imunidade ao plasmódio. Como o SIVEP-Malária é um sistema de informação epidemiológica de busca passiva, em sua grande maioria só foram registrados os casos em que as pessoas apresentavam os sintomas da doença.

Chama-se a atenção para a importância das técnicas de geoprocessamento, pois trata-se de uma poderosa ferramenta para a pesquisa em saúde, permitindo o planejamento de medidas que visem diminuir o risco de transmissão da doença nas populações expostas.

Como esse trabalho é um estudo ecológico pautado em dados secundários, destacamos que pode haver casos assintomáticos da doença, provavelmente o número de registros de casos apresentados pode estar subestimado. Além do mais, dados secundários são mais suscetíveis a vieses, pois não temos acesso direto à fonte dos dados (fichas de questionários preenchidas). Como estudo ecológico, destacamos a chamada falácia ecológica, já que os níveis de exposição ao vetor da malária representam níveis médios para cada uma das unidades de análise em questão (Unidades Federativas, Bacias e Sub-Bacias Hidrográficas). Geralmente, há diferentes exposições mesmo no interior das Sub-Bacias Hidrográficas, com indivíduos não expostos e outros expostos a diferentes níveis.

Destaca-se que a menor quantidade de casos observada em 2003 e em 2004 pode ser explicada pela criação do SIVEP-Malária em 2003, tratando-se de um novo sistema de informação e possivelmente não obtendo todos os registros de casos para estes dois anos.

Como desvantagens do presente trabalho, destacamos a falta de dados ambientais provenientes de imagens de satélite, pois esses dados proporcionariam estudar as transformações feitas pela ação humana (tais como garimpos, desmatamentos e construção de usinas hidrelétricas) dentro da dinâmica de transmissão da malária. Os dados referentes aos tipos de garimpos também seriam interessantes, pois permitiriam avaliar se os diferentes tipos de garimpos proporcionam diferentes dinâmicas de

transmissão da doença e se esses são os principais fatores de risco para o aumento da transmissão da doença (conforme descritos na literatura científica) em cada unidade de análise.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque MFPM. Urbanização, favelas e endemias: a produção da filariose no Recife, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 9(4):487-497, 1993.

Almeida LB, Barbosa MG, Martinez-Espinoza FE. Malária em mulheres de idade de 10 a 49 anos, segundo o SIVEP-Malária, Manaus, Amazonas, 2003-2006. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 43(3):304-308, 2010.

Alves FP, Durlacher RR, Menezes MJ, Krieger H, Silva LHP, Camargo EP. High prevalence of asymptomatic *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* infections in native Amazonian populations. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 66: 641-648, 2002.

Atanaka-Santos M, Czeresnia D, Souza-Santos R, Oliveira RM. Comportamento epidemiológico da malária no Estado de Mato Grosso, 1980-2003. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 39(2):187-192, 2006.

Atanaka-Santos M, Souza-Santos R, Czeresnia D. Spatial analysis for stratification of priority malaria control areas, Mato Grosso State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(5):1099-1112, 2007.

Attanasio CM. Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade. Tese de Doutorado em Recursos Florestais. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

Barbieri AF, Sawyer DO. Heterogeneity of malaria prevalence in alluvial gold mining areas in Northern Mato Grosso State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(12):2878-2886, 2007.

Barcellos C, Bastos FI. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? *Cadernos de Saúde Pública*, v.12, p. 389-397, 1996.

Barcellos C, Feitosa P, Damacena GN, Andreazzi MA. Highways and outposts: economic development and health threats in the central Brazilian Amazon region. *International Journal of Health Geographics*, 9:30, 2010.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso. 6. ed. rev. – Brasília : Ministério da Saúde, 2005a.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde – 6ª Edição – Brasília : Ministério da Saúde, 2005b.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia prático de tratamento da malária no Brasil – Brasília : Ministério da Saúde, 2010.

Brasil. Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2006a.

Brasil. Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006b.

Brasil. Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006c.

Brasil. Diagnóstico da situação do monitoramento da qualidade da água da bacia do Prata em território brasileiro. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2001.

Braz RM, Andreozzi VL, Kale PL. Detecção precoce de epidemias de malária no Brasil: uma proposta de automação. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 15(2), 2006.

Cabral AC, Fé NF, Suárez-Mutis MC, Bóia MN, Carvalho-Costa FA. Increasing incidence of malaria in the Negro River basin, Brazilian Amazon. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 104:556-562, 2010.

Câmara G, Davis C, Monteiro AMV. Introdução à ciência da geoinformação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia. São José dos Campos, 2001.

Camara VM, Souza DPO, Filhote MIF, Luiz RG, Souza CO, Meyer A. Confiabilidade de questionário de conhecimento sobre exposição ao mercúrio na produção de ouro. *Revista de Saúde Pública*, 43(2):373-376, 2009.

Cardoso RF, Goldenberg P. Malária no estado do Amapá, Brasil, de 1970 a 2003: trajetória e controle. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(6):1339-1348. Rio de Janeiro, 2007.

Carvalho MS, Pina MF, Santos SM. Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde. Organização Panamericana da Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2000.

Castro MC, Singer BH. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, v.24, n. 2, p. 247-262, 2007.

Chaves SS, Rodrigues LC. An initial examination of the epidemiology of malaria in the state of Roraima, in the brazilian amazon basin. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 42(5), 2000.

Consoli RAGB, Lourenço-de-Oliveira R. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro : Fiocruz, 1994.

Correia VRM, Monteiro AMV, Carvalho MS, Werneck GL. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, p. 1015-1028, 2007.

Costa AG, Santos JD, Conceição JKT, Alecrim PH, Casseb AA, Batista WC, Heckmann MIO. Dengue: aspectos epidemiológicos e o primeiro surto ocorrido na região do Médio Solimões, Coari, Estado do Amazonas, no período de 2008 a 2009. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 44(4):471-474, 2011.

Coura JR, Suárez-Mutis M, Ladeira-Andrade S. A new challenge for malaria control in Brazil: asymptomatic *Plasmodium* infection – a review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 101(3): 229-237, 2006.

Couto AA, Calvosa VS, Lacerda R, Castro F, Rosa ES, Nascimento JM. Controle da transmissão da malária em área de garimpo no estado do Amapá com participação da iniciativa privada. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(4):897-907. Rio de Janeiro, 2001.

Couto RD, Latorre MRDO, Di Santi SM, Natal D. Malária autóctone notificada no Estado de São Paulo: aspectos clínicos e epidemiológicos de 1980 a 2007. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 43(1):52-58, 2010.

Duarte EC, Fontes CJF. Associação entre a produção anual de ouro em garimpos e incidência de malária em Mato Grosso – Brasil, 1985-1996. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 35(6):665-668, 2002.

França TCC, Santos MG, Figueroa-Villar JD. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. *Química Nova*, Vol. 31, N°5, 1271-1278, 2008.

Galvão ND, Yokoo EM, Santos MA, Natal S. Vigilância epidemiológica no plano de intensificação das ações de controle de malária no estado de Mato Grosso: estudo de caso. *Ciência & Saúde Coletiva*, 13(6):1933-1944, 2008.

Garnelo L, Brandão LC, Levino A. Dimensions and potentialities of the geographic information system on indigenous health. *Revista de Saúde Pública*: 39(4), 2005.

Genaro O, Ferraroni JJ. Estudo sobre malária e parasitoses intestinais em indígenas da tribo Nadëb-Maku, Estado do Amazonas, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, 18:162-9, 1984.

Gonçalves CWP. *Amazônia, Amazônias*. 2ª Edição. São Paulo: Contexto, 2005.

Gomes AC, Paula MB, Natal D, Gotlieb SLD. Ecologia de *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root em área de implantação de empreendimento hidrelétrico, na divisa dos Estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 43(3):272-276, 2010.

Gomes ECS, Albuquerque CMR, Souza JRB, Arruda ME, Confalonieri UEC. Structure of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) population in areas with different degrees of human settlement: Cantá – Roraima – Brazil. *Acta Amazonica*, Vol. 38(2):321-329, 2008.

Hino P, Villa TCS, Sasaki CM, Nogueira JA, Santos CB. Geoprocessing in health area. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*; 14(6):939-43, 2006.

Ianelli RV, Honório NA, Lima DC, Lourenço-de-Oliveira R, Santos RV, Coimbra Jr. CEA. Faunal composition and behavior of anopheline mosquitoes in the Xavante indian reservation of Pimentel Barbosa, Central Brazil. *Parasite*, 5, 197-202, 1998.

Katsuragawa TH, Cunha RPA, Souza DCA, Gil LHS, Cruz RB, Silva AA, Tada MS, Silva LHP. Malária e aspectos hematológicos em moradores da área de influência dos futuros reservatórios das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, Rondônia, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 25(7):1486-1492, 2009.

Katsuragawa TH, Gil LHS, Tada MS, Silva LHP. Endemias e epidemias na Amazônia. Malária e doenças emergentes em áreas ribeirinhas do Rio Madeira. Um caso de escola. *Estudos Avançados*, 22(64), 2008.

Lima WP. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008.

Macauley C. Aggressive active case detection: a malaria control strategy based on the Brazilian model. *Social Science & Medicine*, 60:563-573, 2005.

Magill AJ, Zegarra J, Garcia C, Marquiño W, Ruebush II TK. Efficacy of sulfadoxine-pyrimethamine and mefloquine for the treatment of uncomplicated *Plasmodium falciparum* malaria in the Amazon basin of Peru. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 37(3):279-281, 2004.

Malafrente RS, Valdívia JL, Nakaie CR, Kloetzel JK. Seasonal variation of anti-RESA/Pf155 *Plasmodium falciparum* antibodies in three localities from the State of Amapá, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 36 (3):237-243, 1994.

Marcano TJ, Morgado A, Tosta CE, Coura JR. Cross-sectional study defines difference in malaria morbidity in two Yanomami communities on Amazonian Boundary between Brazil and Venezuela. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 99(4): 369-376, 2004.

Marcondes CB, Marchi MJ. Estão os médicos de fora da Amazônia preparados para diagnosticar e tratar malária? *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 43(4):477, 2010.

Marques GRAM, Forattini OP. Encontro de imaturos de *Anopheles cruzii* em bromélias de área urbana, litoral de São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 43(2):369-72, 2009.

Martínez-Espinosa FE, Daniel-Ribeiro CT, Alecrim WD. Malaria during pregnancy in a reference centre from the Brazilian Amazon: unexpected increase in the frequency of *Plasmodium falciparum* infections. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 99(1):19-21. Rio de Janeiro, 2004.

Mascarenhas BM, Guimarães DG, Brígida MS, Pinto CS, Gomes Neto HA, Pereira JDB. Estudo de anofelinos antropofílicos peridomiciliares da Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém, Pará. *Acta Amazonica*, vol. 39(2):453-458, 2009.

Medronho RA. *Geoprocessamento e Saúde: uma nova abordagem do espaço no processo saúde-doença*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1995.

Mello DA. Malária entre populações indígenas do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 1:25-34, 1985.

Meneguzzi VC, Santos CB, Pinto IS, Feitoza LR, Feitoza HN, Falqueto A. Use of geoprocessing to define malaria risk areas and evaluation of the vectorial importance of anophelines mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Espírito Santo, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 104(4): 570-575, 2009.

Moutinho PR, Gil LHS, Cruz RB, Ribolla PEM. Population dynamics, structure and behavior of *Anopheles darlingi* in a rural settlement in the Amazon rainforest of Acre, Brazil. *Malaria Journal*, 10:174, 2011.

Mutis MCS, Martínez-Espinosa FE, Albuquerque BC, Coura JR. Malária. In: *Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias*. José Rodrigues Coura (Org.). Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2005.

Noronha E, Alecrim MGC, Romero GAS, Macêdo V. Estudo clínico da malária *falciparum* em crianças em Manaus, AM, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 33(2):185-190, 2000.

Parente AT, Souza EB, Ribeiro JBM. A ocorrência de malária em quatro municípios do estado do Pará, de 1988 a 2005, e sua relação com o desmatamento. *Acta Amazônica*, vol. 42(1):41-48, 2012.

Parise EV, Araújo GC, Castro JGD, Berdarrain FP. Epidemiological profile of malaria in the state of Tocantins, Brazil, from 2003 to 2008. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 53(3):141-147, 2011.

Porto MFA, Porto RLL. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos avançados*, v.22, n.63. São Paulo, 2008.

Póvoa MM, Souza RTL, Lacerda RNL, Rosa ES, Galiza D, Souza JR, Wirtz RA, Schlichting CD, Conn JE. The importance of *Anopheles albitarsis* E and *An. darlingi* in human malaria transmission in Boa Vista, state of Roraima, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 101(2):163-168. Rio de Janeiro, 2006.

Prado PF, Rocha MF, Sousa JF, Caldeira DI, Paz GF, Dias ES. Epidemiological aspects of human and canine visceral leishmaniasis in Montes Claros, State of Minas Gerais, Brazil, between 2007 and 2009. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 44(5):561-566, 2011.

Rebêlo JMM, Moraes JLP, Alves GA, Leonardo FS, Rocha RV, Mendes WA, Costa E, Câmara LEMB, Silva MJA, Pereira YNO, Mendonça JAC. Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(12):2959-2971, 2007.

Rincón-Romero ME, Londoño JE. Mapping malaria risk using environmental and anthropic variables. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 12(3):338-54, 2009.

Rodrigues AF, Escobar AL, Souza-Santos R. Análise espacial e determinação de áreas para o controle da malária no Estado de Rondônia. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 41(1):55-64, 2008.

Rodrigues EC, Neto DL. Controle da malária em um município amazônico. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 19(6):1297-1305, 2011.

Rolleberg CVV, Santos CMB, Silva MMBL, Souza AMB, Silva AM, Almeida JAP, Almeida RPA, Jesus AR. Aspectos epidemiológicos e distribuição geográfica da

esquistossomose e geo-helminthos, no Estado de Sergipe, de acordo com os dados do Programa de Controle da Esquistossomose. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 44(1):91-96, 2011.

Rosa-Freitas MG, Tsouris P, Peterson AT, Honório NA, Barros FSM, Aguiar DB, Gurgel HC, Arruda ME, Vasconcelos SD, Luitgards-Moura JF. An ecoregional classification for the state of Roraima, Brazil. The importance of landscape in malaria biology. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 102(3):349-357. Rio de Janeiro, 2007.

Sá DR, Souza-Santos R, Escobar AL, Coimbra CEA. Malaria epidemiology in the Pakaanóva (Wari') Indians, Brazilian Amazon. *Bulletin of the Exotic Pathology Society.*, 98(1):28-32, 2005.

Sá DR. Malária em terras indígenas habitadas pelos Pakaanóva (Wari'), estado de Rondônia, Brasil. Estudo epidemiológico e entomológico [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro, 2003.

Sabbatani S, Fiorino S, Manfredi R. The emerging of the fifth malaria parasite (*Plasmodium knowlesi*). A public health concern? *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 14(3):299-309, 2010.

Salcedo JMV, Camargo EP, Krieger H, Silva LHP, Camargo LMA. Malaria control in na agro-industrial settlement of Rondônia (Western Amazon Region, Brazil). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 95(2):139-145. Rio de Janeiro, 2000.

Sampaio MR, Turcotte S, Martins VF, Cardoso EM, Burattini MN. Malaria in indian reservation of "Vale do Javari", Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 38(1):59-60, 1996.

Santos EO, Loureiro ECB, Jesus IM, Brabo E, Silva RSU, Soares MCP, Câmara VM, Souza MRS, Branches F. Diagnóstico das condições de saúde de uma comunidade garimpeira na região do Rio Tapajós, Itaituba, Pará, Brasil, 1992. *Cadernos de Saúde Pública*, 11(2):212-225, 1995.

Santos RLC, Padilha A, Costa MDP, Costa EM, Dantas-Filho HC, Póvoa MM. Vetores de malária em duas reservas indígenas da Amazônia brasileira. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo: Universidade de São Paulo, v. 43, n. 5, p. 859-868, 2009a.

Santos VR, Yokoo EM, Souza-Santos R, Atanaka-Santos M. Fatores socioambientais associados à distribuição espacial de malária no assentamento Vale do Amanhecer, Município de Juruena, Estado de Mato Grosso, 2005. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42(1):47-53, 2009b.

Saraiva MGG, Amorim RDS, Moura MAS, Martinez-Espinosa FE, Barbosa MG. Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. Vol. 42, nº5, 2009.

Silbergeld EK, Nash D, Trevant C, Strickland GT, Souza JM, Silva RSU. Mercury exposure and malaria prevalence among gold miners in Pará, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 35(5):421-429, 2002.

Silva ANM, Fraiha-Neto H, Santos CCB, Segura MNO, Amaral JCOF, Gorayeb IS, Lacerda RNL, Sucupira IMC, Pimentel LN, Conn JE, Póvoa MM. Fauna anofélica da cidade de Belém, Pará, Brasil: dados atuais e retrospectivos. *Cadernos de Saúde Pública*, 22(8):1575-1585, 2006a.

Silva AR, Fernandes JMC, Rodrigues TA, Santos HJ, Cavalheiro NNM, Guimarães MC, Gonçalves EGR. Controle da malária no estado do Maranhão. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42(3):318-324, 2009.

Silva AR, Tauil PL, Bastos Júnior JL, Matos WB, Costa EAP, Gonçalves EGR. Aspectos da transmissão focal de malária na Ilha de São Luis, Maranhão. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 39(3):250-254, 2006b.

Silva JS, Pacheco JB, Alencar J, Guimarães AE. Biodiversity and influence of climatic factors on mosquitoes (Diptera: Culicidae) around the Peixe Angical hydroelectric scheme in the state of Tocantins, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 105(2): 155-162. Rio de Janeiro, 2010.

Silva-Nunes M, Malafrente RS, Luz BA, Souza EA, Martins LC, Rodrigues SG, Chiang JO, Vasconcelos PFC, Muniz PT, Ferreira MU. The Acre Project: the epidemiology of

malaria and arthropod-borne virus infections in a rural Amazonian population. *Cadernos de Saúde Pública*, 22(6):1325-1334, 2006.

Silveira AC, Rezende DF. Avaliação da estratégia global de controle integrado da malária no Brasil. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2001.

Snow J. Sobre a maneira de transmissão do cólera. Programa de publicações didáticas. Agência norte-americana para o desenvolvimento internacional – USAID. Rio de Janeiro, 1967.

Souza-Santos R, Oliveira MVG, Escobar AL, Santos RV, Coimbra Jr CEA. Spatial heterogeneity of malaria in Indian reserves of Southwestern Amazonia, Brazil. *International Journal of Health Geographics*, v. 7, p. 55, 2008.

Suárez-Mutis MC, Cuervo P, Leoratti FMS, Moraes-Avila SL, Ferreira AW, Fernandes O, Coura JR. Cross sectional study reveals a high percentage of asymptomatic *Plasmodium vivax* infection in the amazon Rio Negro area, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 49(3):159-164, 2007a.

Suárez-Mutis MC, Coura JR, Massara CL, Schall VT. Efeito de ação educativa participativa no conhecimento de professores do ensino básico sobre malária. *Revista de Saúde Pública*, 45(5):931-937, 2011.

Suárez-Mutis MC, Coura JR. Mudanças no padrão epidemiológico da malária em área rural do médio Rio Negro, Amazônia brasileira: análise retrospectiva. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(4):795-804, 2007b.

Tadei WP, Dutary-Thatcher B. Malaria vectors in the Brazilian Amazon: *Anopheles* of the subgenus *Nyssorhynchus*. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 42(2): 87-94, 2000.

Tauil P. A malária no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 1:71-86, 1985.

Tauil P. Comments on the epidemiology and control of malaria in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 81, Suppl. II: 39-41, 1986.

Tauil P. The prospect of eliminating malaria transmission in some regions of Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 106:105-106. Rio de Janeiro, 2011.

Teodoro VLL, Teixeira D, Costa DJL, Fuller BD. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*. nº 20, 2007.

Terrazas WCM. Desenvolvimento de SIG para análise epidemiológica da distribuição espacial da malária no município de Manaus – um enfoque em nível local. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.

Varga IVD. Fronteiras da urbanidade sanitária: sobre o controle da malária. *Saúde e Sociedade*, v.16, n. 1, p. 28-44, 2007.

Vasconcelos CH, Novo EMLM, Donalizio MR. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. *Cadernos de Saúde Pública*, 22(3): 517-526, 2006.