



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA

ESTUDO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DA MALÁRIA NO PARÁ E SUA
CORRELAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS

WILLIAN RICARDO DA SILVA FERNANDES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia do Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará para obtenção do grau de Mestre em Zoologia.

Orientadora: Dr.^a Ana Luisa K. M. Albernaz

BELÉM-PA

2006

WILLIAN RICARDO DA SILVA FERNANDES

ESTUDO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DA MALÁRIA NO PARÁ E SUA
CORRELAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zoologia do Museu Paraense Emílio
Goeldi e Universidade Federal do Pará para obtenção
do grau de Mestre em Zoologia.

Orientadora: Dr^a. Ana Luisa K. M. Albernaz

BELÉM-PA

2006

ESTUDO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DA MALÁRIA NO PARÁ E SUA
CORRELAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre no curso de Pós-graduação em Zoologia do Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará, pela Comissão formada pelos professores:

Orientadora:

Prof. Dr^a Ana Luisa K. M. Albernaz
Museu Paraense Emílio Goeldi

Banca:

Prof. Dr. Ulisses Confalonieri
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. Adriano Venturieri
Embrapa Amazônia Oriental

Prof. Dr^a Maria Cristina Esposito
Universidade Federal do Pará

Belém, 14 de julho de 2006

***“Elimine todos os fatores possíveis;
aquilo que restar, mesmo sendo
absurdo, deve ser a verdade”.***

Sherlock Holmes (Conan Doyle)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades que tive na minha vida, as quais tento aproveitar da melhor maneira possível.

Aos meus pais, pelas eternas cobranças nem sempre compreendidas, mas que me levaram onde estou hoje.

A minha orientadora, Dr^a. Ana Albernaz pela amizade e apoio.

A todos os professores que se dedicaram a meu aprendizado acadêmico com esforço e dinamismo neste mestrado.

Ao Núcleo de Endemias da SESPA, em especial a Sandra, pela amizade e disponibilidade dos dados de malária no Pará.

Aos colegas do Departamento de Vigilância à Saúde de Ananindeua, pelo apoio e por sua compreensão durante minha ausência, devido ao mestrado.

A todos que contribuíram e admiram o meu trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE FIGURAS | vii |
| RESUMO | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1 MALÁRIA | |
| 2.1.1 Distribuição Geográfica | 4 |
| 2.1.2 Agentes Etiológicos e Ciclo Biológico | 7 |
| 2.1.3 Vetor e suas Características | 11 |
| 2.1.4 Principais Espécies Transmissoras | 13 |
| 2.1.5 Sistema de Notificação | 15 |
| 2.2 EPIDEMIOLOGIA PAISAGÍSTICA | 18 |
| 2.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ANÁLISE ESPACIAL | 20 |
| 2.3.1 Conceitos e Aplicações | 20 |
| 2.3.2 Análise Espacial de Área | 23 |
| 2.4 EPIDEMIOLOGIA E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA | 26 |
| 3. OBJETIVO GERAL | 28 |
| 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 28 |
| CAPÍTULO I – ANÁLISE DO PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DA MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ (1999-2003): UMA ABORDAGEM ESPACIAL E TEMPORAL | |
| I.1 – INTRODUÇÃO | 29 |
| I.2 – METODOLOGIA | 30 |
| I.2.1 Área de Estudo | 30 |
| I.2.2 Coleta de Dados | 31 |
| I.2.3 Análise dos Dados | 32 |

| | |
|--|----|
| I.3 RESULTADOS | 34 |
| I.3.1 Tendência da Série Temporal | 34 |
| I.3.2 Distribuição do Status de Risco | 36 |
| I.3.3 Distribuição Espacial | 41 |
| I.4 DISCUSSÃO | 43 |
| CAPÍTULO II - MALÁRIA E O DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ | |
| II.1 – INTRODUÇÃO | 46 |
| II.2 – METODOLOGIA | 51 |
| II.2.1 Fonte de Dados | 51 |
| II.2.2 Análise de Dados | 52 |
| II.3 – RESULTADOS | 53 |
| II.4 – DISCUSSÃO | 57 |
| CAPÍTULO III - MALÁRIA E SUA RELAÇÃO COM FATORES SOCIOAMBIENTAIS | |
| III.1 – INTRODUÇÃO | 59 |
| III.1.1 Malária e Fatores Ambientais | 60 |
| III.1.2 Malária e Fatores Socioeconômicos | 64 |
| III.2 – METODOLOGIA | 66 |
| III.2.1 Fonte dos Dados | 66 |
| III.2.2 Análise dos Dados | 68 |
| III.3 – RESULTADOS | 69 |
| III.3.1 Distribuição Espacial dos dados | 69 |
| III.3.2 Análise Estatística | 76 |
| III.4 - DISCUSSÃO GERAL | 78 |
| 4. CONCLUSÃO | 76 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 85 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| 1. Distribuição da malária no mundo..... | 4 |
| 2. Distribuição da malária no Brasil e na Região da Bacia Amazônica em 2001 | 5 |
| 3. Célula hepática parasitada pelo <i>Plasmodium sp.</i> | 8 |
| 4. Glóbulos vermelhos infectados pelo <i>Plasmodium sp.</i> | 9 |
| 5. <i>Plasmodium sp.</i> na forma de esporozoíta | 9 |
| 6. Ciclo de Vida do <i>Plasmodium</i> | 10 |
| 7. <i>Anopheles darlingi</i> | 11 |
| 8. Ciclo de vida do <i>Anopheles</i> | 12 |
| 9. Fluxograma do Sistema de Vigilância da Malária | 17 |
| 10. Exemplo de sobreposição de <i>layers</i> | 22 |
| 11. Modelos de regressão: indivíduos, indivíduos em estratos diferentes e grupos | 25 |
| 1.1 Localização geográfica do Estado do Pará | 31 |
| 1.2 Série Temporal da Malária no Pará com Linha de Tendência | 35 |
| 1.3 Porcentagem de municípios com cada tipo de status de risco do IPA por ano no Pará | 37 |
| 1.4 Mapas com a distribuição do status do IPA no Pará de 1999-2003 | 38 |
| 1.5 Subtração do IPA de 2000 por 1999 (faixas divididas por quebra natural) | 39 |
| 1.6 Subtração do IPA de 2001 por 2000 (faixas divididas por quebra natural) | 39 |
| 1.7 Subtração do IPA de 2002 por 2001 (faixas divididas por quebra natural) | 40 |
| 1.8 Subtração do IPA de 2003 por 2002 (faixas divididas por quebra natural) | 40 |
| 1.9 Média do IPA no Pará dividido por status de risco..... | 42 |
| 1.10 Mapa de Valores Atípicos do IPA no Pará (BoxMap) | 42 |
| 2.1 Total de área desmatada no Pará entre 2000-2003 | 54 |
| 2.2 Distribuição municipal do Desmatamento no Pará em 2001 | 55 |
| 2.3 Distribuição municipal do Desmatamento no Pará em 2002 | 55 |

| | |
|--|----|
| 2.4 Distribuição municipal do Desmatamento no Pará em 2003 | 56 |
| 3.1 Sedes municipais e a área de influência (buffer 30 km) utilizada para cálculo das variáveis ambientais | 67 |
| 3.2 Temperatura mínima (°C) nos municípios, representados por uma área de 30 km ao redor da sede | 70 |
| 3.3 Variância da Temperatura mínima nos municípios, representados por uma área de 30 km ao redor da sede | 71 |
| 3.4 Número de meses em a temperatura pode chegar aos 18°C nos municípios, representados por uma área de 30 km ao redor da sede | 71 |
| 3.5 Altitude nos municípios (metros), representada por uma área de 30 km ao redor da sede | 72 |
| 3.6 Pluviosidade Total (mm) nos municípios, representada por uma área de 30 km ao redor da sede | 72 |
| 3.7 Variância da pluviosidade nos municípios representada por uma área de 30 km ao redor da sede | 73 |
| 3.8 Número de meses com menos de 100 mm de chuva nos municípios, representado por uma área de 30 km ao redor da sede | 73 |
| 3.9 Índice de educação, por município, no Pará segundo PNUD | 75 |
| 3.10 Índice de renda, por município, no Pará segundo PNUD | 75 |
| 3.11 Índice de longevidade, por município no Pará segundo PNUD | 76 |
| 3.12 Gráfico dos Resíduos da Regressão Múltipla | 77 |
| 3.13 Gráficos das parciais da Regressão Múltipla | 78 |

RESUMO

A malária é uma doença parasitária causada por protozoários do gênero *Plasmodium* que completam seu ciclo de desenvolvimento alternando entre hospedeiros humanos e mosquitos do gênero *Anopheles*. No contexto mundial, constitui um grave problema de saúde pública que afeta principalmente os países em desenvolvimento de clima tropical e subtropical. No Brasil, acredita-se que 99,5% dos casos registrados de malária encontram-se na Amazônia Legal. Muito do sucesso deste agravo nesta região deve-se a fatores biológicos e ambientais que favorecem níveis altos de vetores, além de fatores sociais que comprometem os esforços para controlar a doença. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o perfil epidemiológico da malária no Pará, durante uma série histórica (1999 – 2003), analisando a influência de variáveis ambientais e socioeconômicas sobre a prevalência dos casos. Para tal foram calculados os índices parasitários anuais (IPA) de cada município e, através de um SIG, estes dados foram georreferenciados e estudados de forma temporal e espacial. Dados sobre o desmatamento no Estado foram analisados, através de uma regressão por permutação, para tentar explicar a variação temporal da malária. Para o estudo espacial foi testada (regressão múltipla) a influência das variáveis: temperatura, pluviosidade, altitude, educação, longevidade e renda, sobre a prevalência da malária. No estudo temporal a malária apresentou uma tendência decrescente no Estado, entretanto, apenas 31 municípios apresentaram a mesma tendência, não houve tendência crescente, os 112 municípios restantes apresentaram tendência estável. Além disso, muitos municípios alternaram aumento e diminuição dos casos ao longo da série, indicando uma boa ação de controle, mas uma fraca atuação da vigilância. Neste contexto o desmatamento parece influenciar a série temporal da malária, obteve-se resultados significativos em dois (2001 e 2002) dos três anos estudados. No estudo espacial o modelo final adotado, apesar de uma baixo poder explicativo ($R^2=0.31$), apresentou três variáveis significativas: número de meses secos, renda e educação. No entanto, o resultado das duas primeiras não se apresenta de uma forma direta, sendo reflexo de outras atividades. Apesar da escala adotada e de problemas na agregação dos dados (só estão disponíveis por município), este trabalho apresenta resultados relevantes que podem auxiliar os gestores da saúde (ou de endemias) a direcionar ações de controle para as áreas apontadas como críticas, atuando nos fatores de maior significância, obtendo assim melhor aproveitamento dos recursos humanos e materiais disponíveis.

ABSTRACT

The malaria is a parasitic disease caused by Protozoa of genus *Plasmodium* that completes its complex cycle of development alternating between human hosts and mosquitoes of the genus *Anopheles*. In the world-wide context, it constitutes a serious problem of public health that mainly affects the developing countries of tropical and subtropical climate. In Brazil, one gives credit that 99.5% of the registered cases of malaria meet in the Legal Amazonian. Much of the success of this complaint in this region must it biological and environmental factors that favor levels high of vectors, beyond social factors that compromise the efforts to control the disease. Thus, the objective of this work was to study the profile epidemiologist of the malaria in Pará, during a historical series (1999 - 2003), analyzing the influence of environmental and socioeconomic variable on the prevalence of the cases. For such the annual parasitic indices (IPA) of each city had been calculated and, through a SIG, these data they had been georeferenced and studied of temporal and spatial form. Data on the deforestation in the State had been analyzed, through a regression for permutation, to try to explain the temporal variation of the malaria. For the spatial study (multiple regression) the influence of the variable: temperature, rainfall, altitude, education, longevity and income; was tested on the prevalence of the malaria. In the secular study the malaria presented a decreasing trend in the State, however, only 31 cities had presented the same trend, did not have increasing trend, the 112 remaining cities had presented steady trend. Moreover, many cities had alternated increase and reduction of the cases throughout the series, having indicated a good action of control, but a weak performance of the monitoring. In this context the deforestation seems to influence the secular series of the malaria, was gotten resulted significant in two (2001 and 2002) of the three studied years. In the space study the adopted final model, although a low clarifying power ($R^2=0.31$), presented three significant variable: number of dry months, income and education. However, the result of the two first ones is not presented of a direct form, being reflected of other activities. Although the scale adopted and of problems in the aggregation of the data (they are only available for city), this work presents resulted excellent that can assist the managers of the health (or endemic diseases) to direct action of control for the pointed areas as critical, acting in the factors of bigger significance, thus getting better exploitation of available the human resources and material.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A malária é uma doença parasitária que acomete um quarto da população mundial. Mata cerca de um milhão e meio a três milhões de pessoas a cada ano, fato esse que faz com que a Organização Mundial da Saúde considere a malária como o maior problema de saúde pública em muitos países, particularmente os do Terceiro Mundo, entre eles o Brasil (Cordeiro et. al, 2002). É transmitida por mosquitos que proliferam em acúmulos d'água em ecossistemas naturais ou com diferentes graus de antropização. Não apresentam animais silvestres vertebrados como reservatórios da infecção, ou seja, “os focos de infecção” sempre dependem da presença de seres humanos e de mosquitos infectados (Confalonieri, 2005). Os fatores de risco associados à infecção dependem, portanto, de características da organização espacial, dos ecossistemas e das condições de vida e trabalho da população.

Segundo Hakre et al (2004), a epidemiologia de doenças transmitidas por artrópodes é diretamente influenciada pelas características do vetor. A sobrevivência, distribuição e abundância de vetores estão ligadas às condições climáticas e ambientais como vegetação, chuva e disponibilidade de ambientes aquáticos adequados para habitats larvais. Para Pattanayk et al (2003) a diversidade e magnitude da influência ambiental sobre estas doenças transmitidas por vetores são enormes. Não apenas de elementos abióticos como precipitação e temperatura afetam a abundância de mosquitos vetores e o desenvolvimento de parasitas dentro dos vetores, mas também fatores ambientais causados pelo homem, como desmatamento, agricultura, construção de vilas e etc; podem influenciar a capacidade vetorial. O impacto do desflorestamento na temperatura, precipitação e vegetação revelam a interação e correlação natural destas influências ambientais. Segundo Tadei et al. (1993) a malária é a primeira endemia a surgir em áreas alteradas. Este fato decorre principalmente: da distribuição do(s)

vetor(es) nas áreas alteradas e a susceptibilidade das populações imigrantes (estas últimas mostram este aspecto porque procedem de regiões onde a malária nunca ocorreu ou, se existiu, foi erradicada).

A malária é hoje, apesar de um número impressionante de casos absolutos, uma doença focal na maior parte do mundo. Apenas algumas regiões, em cada país, continuam apresentando transmissão natural da infecção. No Brasil, após a realização da campanha de erradicação, durante a década de 60, o número de casos de malária confinou-se, praticamente, à região amazônica (Barata 1995). Muito do sucesso deste agravo nesta região deve-se a fatores biológicos e ambientais que favorecem níveis altos de vetores, além de fatores sociais que comprometem os esforços para controlar a doença.

O Estado do Pará possui uma alta incidência de malária. Segundo a soma dos dados disponíveis (1999-2003) é, dentre os Estados amazônicos, o que tem mais casos notificados (977.497). Esse quadro parece estar associado com a instalação de projetos agropecuários, colonização e principalmente áreas de exploração de minérios (Cordeiro et al, 2002). Entretanto, apesar da maior concentração de populações imigrantes e das atividades agropecuárias, agroflorestais e garimpeiras estarem mais concentradas no Sul e Sudeste do Pará a malária distribui-se praticamente em todo o Estado (GICOM, 1996), indicando que outros fatores podem estar influenciando uma maior ou menor prevalência dos casos.

A produção técnico-científica que aborda a relação da malária com seus determinantes sociais e ambientais é numerosa, mas em geral trata apenas de fatores específicos, sejam eles ambientais (incluindo fatores climáticos) como Craig et. al (1999); Kleinshmidt et. al (2000); Delgado et, al (2001); Small et. al (2003); Lopes et. al (2004); Dias (2003); Nobre et. al (2005); Hakre et. al (2004); Gurgel (2003), ou

socioeconômicos, como em Sawyer (1993;) Castilla & Sawyer (1993); Sachs & Malaney (2002); Worrall et al (2003).

A abordagem socioambiental da malária pode ser verificada nos trabalhos MARA/ARMA (1998) e CAMERA (2000) para África e Lieshout et al (2004) em uma abordagem global.

Este trabalho pretende contribuir com a saúde pública utilizando os conhecimentos de ecologia, epidemiologia e sistemas de informação geográfica sobre os dados de uma série histórica da malária (1999-2003) no Estado do Pará. A hipótese é que variáveis ambientais e socioeconômicas, seja por ação ao vetor (mosquito) ou ao hospedeiro (o homem), afetem a distribuição e a prevalência da malária em uma escala estadual.

Devido à complexidade do tema optou-se por distribuir este trabalho em capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a série histórica e o padrão de distribuição da malária no Estado do Pará no período do estudo, além de uma pequena revisão bibliográfica sobre esta endemia. O segundo capítulo aborda as relações entre malária e o desmatamento no Pará. Resolveu-se separar o desmatamento, devido à disponibilidade de dados temporais deste fator. O terceiro capítulo aborda a relação da malária com outros fatores ambientais e socioeconômicos, escolhidos de acordo com sua possível influência sobre a prevalência da malária, escala espacial e disponibilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 - MALÁRIA

2.1.1 – Distribuição Geográfica

A malária continua sendo um grande problema de saúde pública em muitos países do mundo. As estimativas da incidência anual são pouco precisas e variam de 100 a 300 milhões de casos (WHO, 2000). Os países mais afetados são os africanos, situados ao Sul do deserto de Saara, os do Sudeste Asiático e os da América Latina, particularmente os situados na região da Bacia Amazônica (Figura 1) (OPAS, 2001).

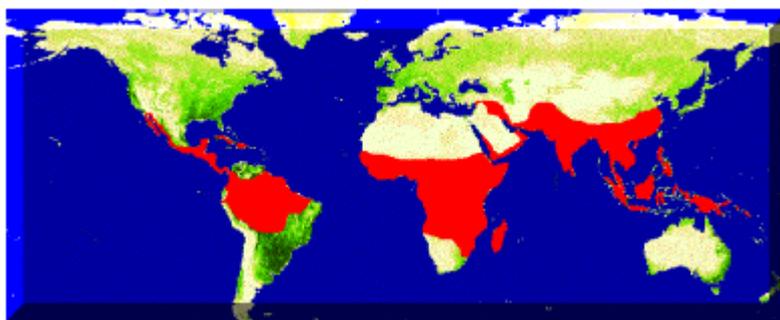


Figura 1. Distribuição da malária no mundo.

Fonte: <http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

A área receptiva para a transmissão da malária no Brasil é muito extensa. Em cerca de 6,8 milhões de km², correspondendo a 80% do seu território, há a presença de mosquitos transmissores. No início da década de 40, o número estimado de casos por ano era de 6 milhões, equivalendo a aproximadamente 15% da população daquela época (Rachou 1956 apud Tauil, 2002).

Na década de 50, a malária estava sob controle no território brasileiro, tendo sido erradicada em algumas regiões, anteriormente considerada endêmicas. Contudo, no final da década de 60 e início dos anos 70, a situação epidemiológica da malária voltou a se agravar, quando um intenso processo de ocupação desordenada se instalou na região amazônica (Barata, 1995). Esta ocupação estava estimulada pela oferta de oportunidades de trabalho relacionadas à construção de rodovias, ferrovia e de

hidroelétricas, a projetos de colonização e agropecuários e à exploração de minérios, como ouro e manganês. O processo migratório de população procedente de outras regiões do país, onde, ou nunca existiu transmissão de malária ou esta foi interrompida há muitos anos, para uma região altamente favorável à transmissão da doença, foi um fator decisivo para o crescimento progressivo do número de casos registrados (Tauli, 2002).

Hoje em dia, aproximadamente 99,5% dos casos de malária no Brasil ocorrem na Amazônia Legal (Figura 2), que é composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão.

A distribuição da doença nessa Região não é homogênea no tempo (áreas de maior ou menor transmissão variam ao longo dos anos) e nem no espaço (existem áreas com elevada transmissão e outras com níveis baixos ou até mesmo isentas da doença). Havendo diferentes situações epidemiológicas, em função das diferentes formas de ocupação do solo e das diversas modalidades de exploração econômica dos recursos naturais (Barata, 1995).

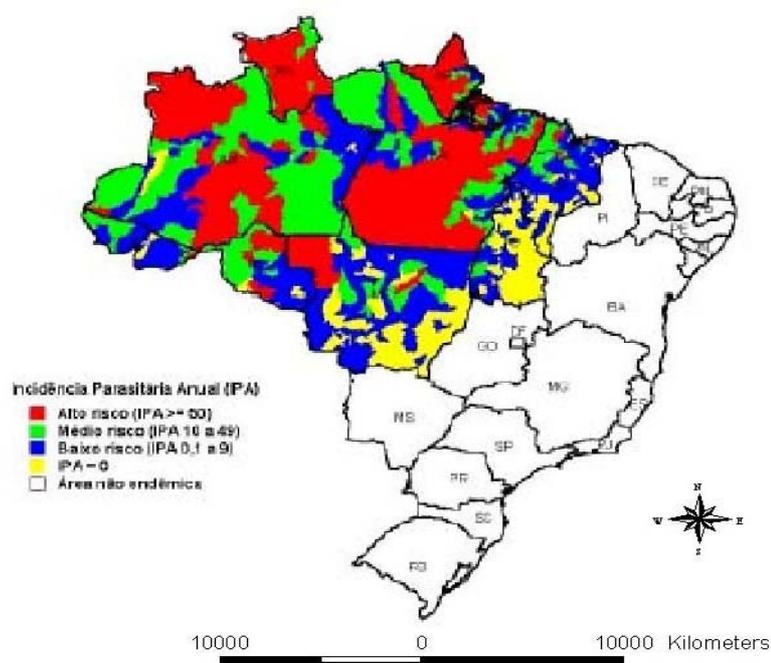


Figura 2. Distribuição da malária no Brasil e na Região da Bacia Amazônica em 2001.
Fonte: Guia de Vigilância Epidemiológica – Vol. 2

Para Tauil (2002) associaram-se na Região da Bacia Amazônica fatores que favorecem a transmissão da malária e que dificultam a aplicação das medidas tradicionais de controle. Entre os primeiros estão: a) **os fatores biológicos**, como a presença de altas densidades de mosquitos vetores, de população migrante sem imunidade adquirida naturalmente contra a doença e prevalência de cepas de *Plasmodium falciparum* resistentes a medicamentos antimaláricos de uso seguro em campo; b) **os geográficos**, como a baixa altitude predominante, as altas temperaturas, a elevada umidade relativa do ar, os altos índices pluviométricos e a cobertura vegetal do tipo florestal, favoráveis à proliferação de vetores; c) **os ecológicos**, como desmatamentos, afastando animais nos quais os mosquitos se alimentavam alternativamente à alimentação em seres humanos; como construção de hidroelétricas e de sistemas de irrigação, aumentando o número de criadouros de mosquitos e d) **os sociais**, como a presença de numerosos grupos populacionais morando em habitações com ausência completa ou parcial de paredes laterais e trabalhando próximo ou dentro de matas, propiciando um contato muito intenso com o mosquito vetor.

O Estado do Pará durante os últimos anos foi responsável por uma parcela muito importante da incidência da malária na Amazônia, representando do total de casos da região; 39% em 1999 e 48 % em 2001 (Tabela 1). Em 2003, apresenta um excelente desempenho, reduzindo este percentual para 28,3%. Essa redução é, provavelmente, o reflexo de programas de intensificação no controle da malária promovidos pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) a partir do ano 2000 (MS, 2005).

Tabela 1. Número de casos de malária na Amazônia Legal no período 1999 a 2003.

| UF | Número de caso/ano | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | 1999 | % | 2000 | % | 2001 | % | 2002 | % | 2003 | % |
| Acre | 23.73 | 3.73 | 21.56 | 3.52 | 7.774 | 2.00 | 9.216 | 2.65 | 12.247 | 3.00 |
| Amazonas | 167.722 | 26.39 | 96.026 | 15.66 | 48.385 | 12.46 | 70.223 | 20.16 | 140.642 | 34.47 |
| Amapá | 28.646 | 4.51 | 35.278 | 5.75 | 24.487 | 6.31 | 16.257 | 4.67 | 16.65 | 4.08 |
| Maranhão | 54.8 | 8.62 | 78.818 | 12.85 | 39.507 | 10.17 | 16 | 4.59 | 11.017 | 2.70 |
| Mato Grosso | 10.95 | 1.72 | 11.767 | 1.92 | 6.832 | 1.76 | 7.085 | 2.03 | 5.022 | 1.23 |
| Pará | 248.233 | 39.05 | 278.204 | 45.37 | 186.367 | 48.00 | 149.088 | 42.81 | 115.605 | 28.33 |
| Rondônia | 63.296 | 9.96 | 54.074 | 8.82 | 57.679 | 14.85 | 71.224 | 20.45 | 93.786 | 22.99 |
| Roraima | 36.238 | 5.70 | 35.874 | 5.85 | 16.028 | 4.13 | 8.036 | 2.31 | 11.819 | 2.90 |
| Tocantins | 2.031 | 0.32 | 1.64 | 0.27 | 1.244 | 0.32 | 1.13 | 0.32 | 1.207 | 0.30 |
| Amazônia Legal | 635.646 | 100 | 613.241 | 100 | 388.303 | 100 | 348.259 | 100 | 407.995 | 100 |

Fonte: SISMAL, SIVEP – Malária.

2.1.2 - Agentes Etiológicos e Ciclo Biológico

O agente causal da malária é um protozoário pertencente à ordem Coccidiida, subordem Haemosporidiidea, família Plasmodiidae, gênero *Plasmodium*. A malária é uma doença infecciosa que pode ser transmitida naturalmente através da picada de um anofelino fêmea infectado, ou pode ser induzida, como por exemplo, através de transfusão de sangue; uso compartilhado de agulhas e seringas infectadas com os plasmódios; através do parto (congênita) e através de acidentes de trabalho em pessoal de laboratório ou hospital (Dutra, 2005).

São conhecidas quatro espécies de plasmódio infectantes para o homem: *Plasmodium malariae* Laveran, 1881, *Plasmodium falciparum* Welch, 1897, *Plasmodium vivax* Grassi e Feletti, 1890 e *Plasmodium ovale* Stephens, 1922 (Dutra, 2005). No Brasil, não há ocorrência de apenas uma espécie, o *Plasmodium ovale*. O *Plasmodium falciparum* é o responsável pelas formas mais graves e complicadas da doença e é encontrado mais comumente nas regiões tropicais (Gilles 1991 apud Tauil, 2002).

Em comum, todas as espécies de *Plasmodium* atacam células do fígado (Figura 3) e glóbulos vermelhos (Figura 4), que são destruídos ao serem utilizados para reprodução do protozoário. Quando o mosquito pica o homem, introduz em sua corrente sanguínea, por meio de sua saliva, uma forma ativa do *Plasmodium*, denominada esporozoíta (Figura 5) e que faz parte de uma de suas fases evolutivas. Uma vez no sangue, os esporozoítas rumam para o fígado, onde penetram nas células hepáticas para se multiplicarem, dando origem a outra fase evolutiva chamada merozoíta. Uma parte dos merozoítas permanece no fígado e continua a se reproduzir em suas células, a outra cai novamente na corrente sanguínea e adentra as hemácias para seguir com o processo reprodutivo. As hemácias parasitadas também são destruídas e originam ora outros merozoítas, ora gametócitos, células precursoras dos gametas do parasita e que são tanto femininas quanto masculinas (Ferreira, 2006).

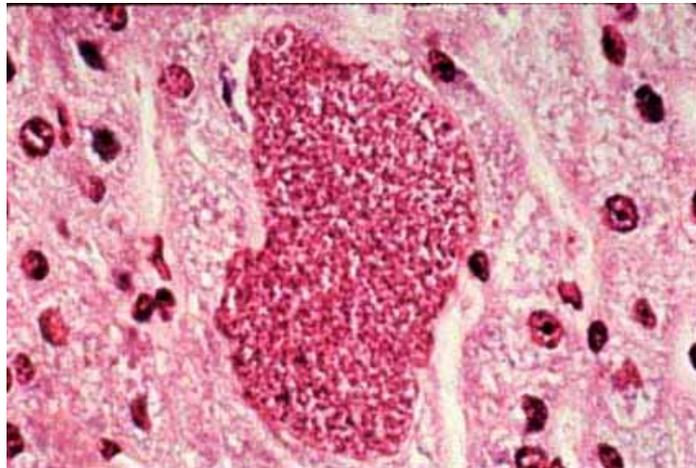


Figura 3 – Célula hepática parasitada pelo *Plasmodium sp.*
Fonte: . <http://www.fiocruz.br/ccs/index>.

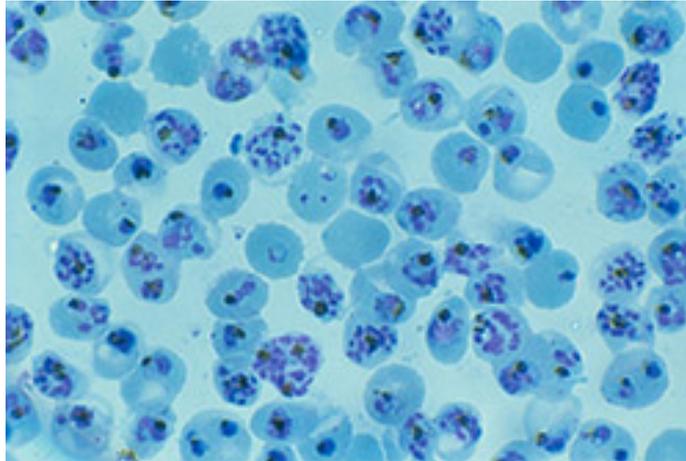


Figura 4 – Glóbulos vermelhos infectados pelo *Plasmodium sp.*
Fonte: www.inria.fr/.../biologie/biologie.fr.html



Figura 5 – *Plasmodium sp* na forma de esporozoíta.
Fonte: <http://www.fiocruz.br/ccs/index>.

O mosquito *Anopheles* torna-se vetor da malária a partir do momento que ingere gametócitos (femininos e masculinos) de um indivíduo infectado. Dentro do mosquito, os gametócitos tornam-se gametas e fecundam-se, originando o zigoto, que atravessa a parede do estômago do inseto e transforma-se em oocisto, tipo de célula-ovo. Após algum tempo, o oocisto se rompe e libera novos esporozoítos, que migram para as glândulas salivares do mosquito estando assim prontos para infectar um novo indivíduo. Cerca de 8 a 16 dias depois de se alimentar com o sangue de uma pessoa com malária portando gametócitos do plasmódio, a fêmea do anofelino poderá passar a transmitir a

doença para outras pessoas através de sua picada a cada novo repasto sanguíneo, o que ocorre a cada dois ou três dias. Também, há a possibilidade de continuar transmitindo a doença por toda sua vida, que é de cerca de 30 dias (Ferreira, 2006).

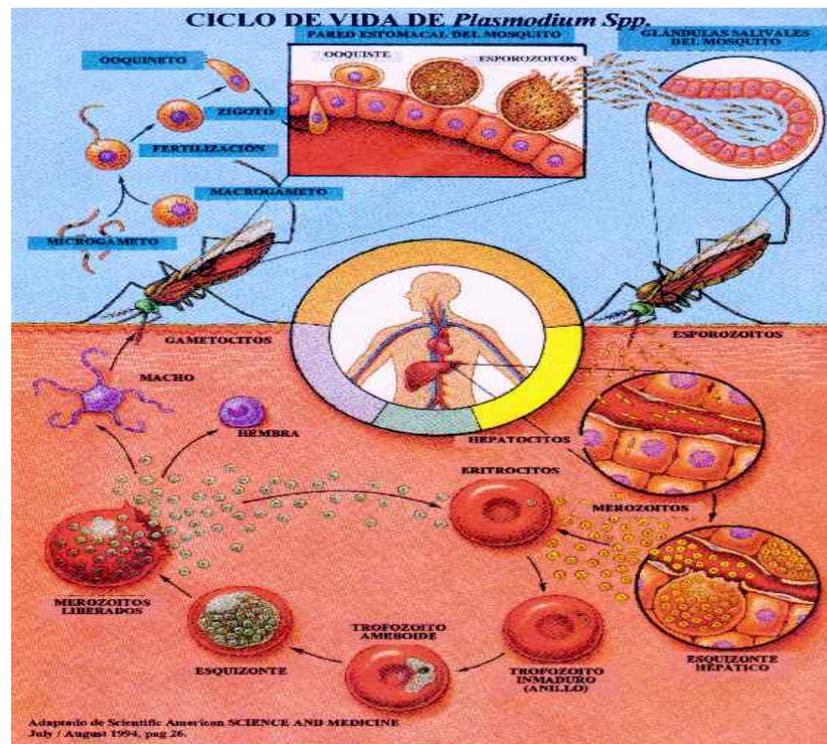


Figura 6 – Ciclo de vida do *Plasmodium* (Fonte: [http:// cci.udea.edu.co/~malaria/](http://cci.udea.edu.co/~malaria/))

Nas regiões endêmicas, onde a transmissão é alta, as pessoas são infectadas continuamente e com isso desenvolvem uma imunidade gradual contra a doença (abrandamento dos sintomas), mas que não confere proteção total. Há casos em que características individuais podem levar a uma resistência natural à doença. São exemplos: a ausência de antígeno Duffy nos glóbulos vermelhos, que os tornaria refratários à invasão pelo *P.vivax*; hemoglobinopatias (HbS) em que a invasão pelo *P.falciparum* é bastante reduzida; enzimatias, como a deficiência em glicose-6-fosfato desidrogenase, em que os parasitas não apresentariam um bom desenvolvimento no interior das hemácias. Nota-se que todas representam formas de proteção apenas parcial, mas suficientes para evitar quadros mais graves (Dutra, 2005).

2.1.3 – Vetor e suas Características

Os vetores da malária humana são insetos da ordem Diptera, subordem Nematocera, da família Culicidae, do gênero *Anopheles*. Os anofelinos são pequenos insetos hematófagos medindo cerca de 4-5mm de envergadura, de porte delgado e pernas longas, sendo os machos geralmente menores que as fêmeas. O corpo divide-se em três partes: cabeça, tórax e abdome, e é revestido de escamas, formando manchas brancas e negras nas asas e nos palpos (Rebêlo, 2000).



Figura 7 – *Anopheles darlingi* (Fonte: <http://www.fiocruz.br/ccs/index>)

Os anofelinos são insetos holometábolos, isto é, sua evolução é completa, passando pelos estágios de ovo, larvas, pupa e adulto (Figura 8). O ciclo biológico total, da ovipostura à eclosão dos adultos da geração seguinte, leva cerca de 13 a 27 dias. Diferente de muitos insetos, os estágios imaturos e adultos vivem em dois ambientes diferentes, cada um sob influência das condições ambientais circunvizinhas. As formas imaturas são aquáticas e o seu desenvolvimento dura em média 12 a 18 dias. A velocidade do processo metabólico e, conseqüentemente a duração dos estágios aquáticos é, em grande parte controlada pela temperatura. Já a sobrevivência dos adultos

depende de vários fatores, como: temperatura, umidade, inimigos naturais e nutrição. Nos climas tropicais o período de vida em geral é menor do que nos climas temperados (Rebêlo, 2000). Considerando-se que cada repasto sanguíneo eleva a chance do mosquito se infectar, a importância de cada grupo de idade cresce proporcionalmente à sua idade fisiológica. Assim estudos de fatores que determinam à reprodução e a sobrevivência dos anofelinos são altamente relevantes do ponto de vista epidemiológico (Tadei et. al, 1993).

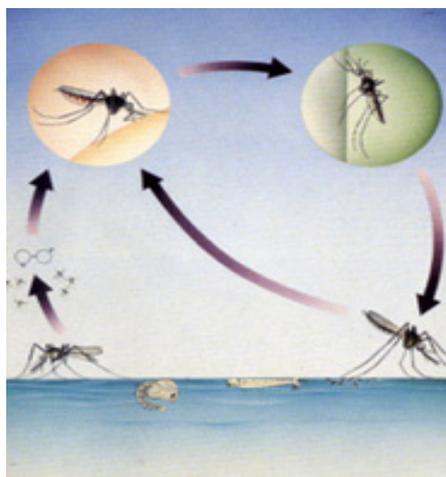


Figura 8 – Ciclo evolutivo do *Anopheles*
Fonte: www.compagnia.torino.it/sanita_mala.html

Quanto ao hospedeiro, algumas espécies são zoófilas estritas, isto é, só picam os animais (mamíferos e aves) e não invadem as casas; outras são antropófilas, isto é, apresentam tendência para sugar sangue humano, invadindo então as casas, mesmo situadas a centenas de metros de seus criadouros. Ainda existem as espécies ecléticas, que podem picar homens e animais. A preferência alimentar parece ser governada por fatores genéticos, porém a avidez alimentar sobre certos hospedeiros pode variar de lugar para lugar, modificar de dia para dia dependendo de variações meteorológicas ou disponibilidade. Diferenças genéticas há, mas também não há dúvidas de que a disponibilidade do hospedeiro tenha um papel preponderante. Na ausência de um hospedeiro preferencial, o mosquito se alimentará no mais próximo (Rebêlo, 2000).

O ritmo de atividade dos anofelinos é governado por fatores abióticos (temperatura e umidade) e bióticos, tais como acasalamento, alimentação e deposição de ovos. A maioria das espécies tem atividade crepuscular e noturna, durante o dia permanecem em seus abrigos. Algumas são ditas endofágicas ou endofílicas por realizarem o repasto sanguíneo dentro de casa e quando um elevado número de indivíduos repousa dentro dos domicílios. Essas espécies, em geral, são altamente antropofílicas. As espécies silvestres são, por natureza, exofílicas ou exofágicas assim como aquelas que se aproximam das habitações humanas, mas preferem sugar sangue fora das casas (peridomicílio) (Rebêlo, 2000).

2.1.4 – Principais Espécies Transmissoras

No Brasil, as espécies mais importantes na transmissão da doença são: *A. (Nyssorhynchus) darlingi*, *A. (Nyssorhynchus) albitarsis*, *A. (Nyssorhynchus) deaneorum*, *A. (Nyssorhynchus) aquasalis*, *A. (Kerteszia) cruzii* e *A. (Kerteszia) bellator* (Dias, 2003).

Na Amazônia, o *A. (N.) darlingi* Root, 1926, é a espécie de maior importância epidemiológica pela abundância, ampla distribuição, pelo alto grau de antropofilia e endofagia e pela capacidade de transmitir diferentes espécies de *Plasmodium*. Tem como criadouros preferenciais, coleções de água limpa, quente, sombreada e de baixo fluxo, situação muito freqüente na Região Amazônica (Deane, 1989). Além disso, é o anofelino que melhor e mais rapidamente se beneficia das alterações que o homem produz no ambiente silvestre. Assim a colonização da região amazônica, implicando na substituição da floresta por modestas plantações, pastagens ou garimpos, geralmente afasta os anofelinos de hábitos mais silvestres e propicia ambiente muito favorável ao *darlingi*. (Consoli & Oliveira, 1994).

O *A. (N.) aquasalis* Curry, 1932, como seu nome denuncia, prefere os criadouros com água salobra, incluindo pequenos e grandes coleções de águas paradas, transitórias ou semipermanentes, ensolaradas ou parcialmente sombreadas, com ligeiro teor de salinidade (NaCl), daí sua distribuição costeira. Contudo, algumas localidades brasileiras distantes mais do que 100 quilômetros do litoral são atingidas por esta espécie, mas sempre quando solo é rico em cloretos, como o caso de algumas áreas do sertão nordestino, ou quando o terreno sofre invasão das marés, como ocorre na área de Belém (Deane et al., 1948 apud Consoli & Oliveira, 1994). É um transmissor muito menos importante que o *A. darlingi*, pois só é capaz de transmitir a malária em locais e ocasiões em que está em elevada densidade, quando tem oportunidade de atacar o homem em maior número.

A espécie conhecida como *A. (N.) albitarsis* Lynch Arribalzaga, 1878, apresenta consideráveis variações morfológica, bioquímica e comportamentais, o que se reflete numa heterogeneidade no seu papel como vetor da malária (Rosa-Freitas et al. 1990 apud Consoli & Oliveira, 1998). Atualmente é considerado um complexo quatro espécies crípticas: *An. albitarsis s.s.*, *An. deaneorum*, *An. marajoara*, e *An. albitarsis* sp. B (Wilkerson et al. 1995).

O *A (K) cruzii* Dyar e Knab, 1909, e o *A (K) bellator* Dyar e Knab, 1906, distribuem-se pelo litoral, na região da Mata Atlântica. Têm como criadouros preferenciais a água que se acumula na base das folhas de plantas bromeliáceas (Deane 1986). Estas espécies já foram consideradas importantes agentes vetores da malária no sul do país, região atualmente livre desta infecção. (Rebêlo, 2000).

Outras espécies são consideradas vetores secundários ou vetores potenciais, por terem sido achadas naturalmente infectadas em alguma área endêmica de malária, particularmente na Amazônia, como: *An. braziliensis*, *An. nuneztovari*, *An. oswaldoi*,

An. triannulatus, *An. strodei*, *An. evansae* e *An. galvaoi* (Tadei et. al, 1993; Povia et. al, 2001 e Vasconcelos et. al, 2002).

Segundo Tadei et. al (1993) a importância epidemiológica de uma população de anofelinos está na dependência de muitos fatores. Entre os mais importantes estão: o número total de mosquitos; o seu grau de atividade; o grau de contato com o homem; à proporção que sobrevive a uma idade de importância epidemiológica e a sua susceptibilidade à infecção pelo *Plasmodium*.

2.1.5 – Sistema de Notificação

Todo caso de malária deve ser notificado às autoridades de saúde, tanto na área endêmica, quanto na área não endêmica. A notificação deve ser feita através de uma ficha padrão do Ministério da Saúde para este agravo e o paciente suspeito deve ser encaminhando imediatamente para realização do exame de confirmação laboratorial, prossegue-se então uma assistência ambulatorial ao paciente e uma investigação epidemiológica do caso.

Considera-se um caso suspeito de malária, em uma área endêmica, toda pessoa que apresente quadro febril persistente. Em áreas não endêmicas um caso suspeito é aquele que apresenta quadro febril seguido de calafrios, tremores generalizados, cansaço, mialgia e que tenha se deslocado para área onde haja transmissão de malária no período de 8 a 30 dias, anterior à data dos primeiros sintomas (FUNASA, 2002).

Segundo FUNASA (2002), após a notificação de um, ou mais casos de malária, deve-se iniciar a investigação epidemiológica, para permitir que as medidas de controle possam ser adotadas. O instrumento de coleta de dados, a Ficha de Notificação de Caso

de Malária, contém os elementos essenciais a serem coletados em uma investigação de rotina. Todos os campos desta ficha devem ser criteriosamente preenchidos.

Para definir a área de transmissão (local provável da infecção) deve-se:

a) identificar se o local de residência corresponde a uma área de transmissão da malária;

b) Verificar se o paciente esteve em área de transmissão de malária, no período de 8 a 30 dias, anterior à data dos primeiros sintomas;

c) Verificar a principal atividade, exercida pelo paciente, no período de 8 a 30 dias, anterior à data dos primeiros sintomas, e se esta ocorreu em horários de hábitos alimentares dos vetores.

As Fichas de Notificação, positivas e negativas, são encaminhadas para as Secretarias Municipais de Saúde onde são armazenadas em sistema de informação (SISMAL até 2002; atualmente SIVEP-MALARIA). Os municípios alimentam o banco de dados Estadual, no caso do Pará, a Secretaria Executiva de Saúde Pública do Pará (SESPA) que por sua vez encaminha os dados para FUNASA (consolidação final), como exemplificado na Figura 9.

A análise dos dados da notificação deve permitir a avaliação da magnitude da malária. O nível local (município) deverá fazer as primeiras avaliações, de forma que se possa adotar as ações adequadas e oportunas ao controle da malária. Dessa forma, quanto mais rápida for a detecção dos casos melhores serão as chances de evitar que mais pessoas adoeçam.

FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE VIGILÂNCIA DA MALÁRIA

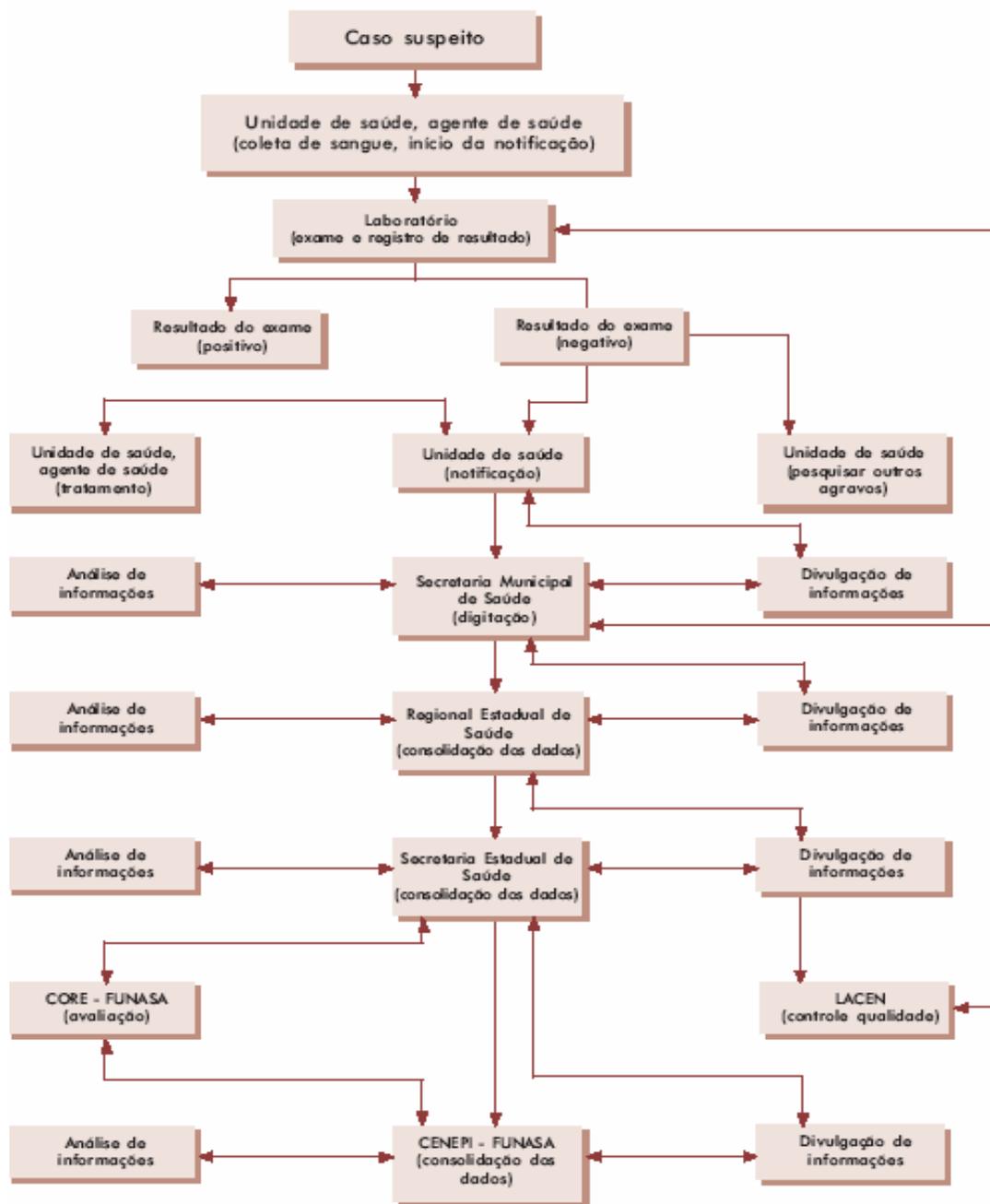


Figura 9 – Fluxograma do Sistema de Vigilância da Malária
Fonte: Guia de Vigilância Epidemiológica – Vol. 2

2.2 – EPIDEMIOLOGIA PAISAGÍSTICA

Há muitas enfermidades que apresentam interações com a paisagem onde ocorrem, principalmente devido à relação entre a manutenção do ciclo de vida dos vetores na natureza e à presença humana (Aparício, 2001). O exemplo mais conhecido é a malária, que é transmitida por mosquitos anofelinos que se reproduzem sob condições ambientais específicas.

Atribui-se a Hipócrates (480 A. C.) os primeiros registros sobre a relação entre a doença e o local/ambiente onde ela ocorre. No seu livro *Ares, Águas e Lugares*, além de enfatizar a importância do modo de vida dos indivíduos, analisou a influência dos ventos, água, solo e localização das cidades em relação ao sol, na ocorrência da doença. Porém este enfoque analítico e ambiental foi logo suplantado pela teoria da causa divina da doença (Trostle, 1986 apud Costa e Teixeira, 1999). Uma aplicação concreta na epidemiologia dos efeitos do ambiente sobre a saúde só ocorre muitos anos depois, com estudos de John Snow em 1855, considerado um marco na constituição do estudo geográfico na epidemiologia. Snow, por meio da distribuição espacial dos casos de cólera de Londres, consegue identificar o veículo de transmissão da doença antes mesmo da descoberta do agente etiológico (Snow, 1990 apud Czeresnia & Ribeiro, 2000).

Os estudos enfatizando o impacto do ambiente, especialmente o clima, sobre as condições de saúde do homem voltaram a ser produzidos e valorizados no início do século XX. Apesar disso, os conceitos utilizados eram quase sempre implícitos e raramente discutidos (Silva, 1997). Possivelmente a primeira apreciação teórica do conceito de espaço aplicado à epidemiologia foi feita por Pavlovsky, parasitologista russo, que, na década de 1930, desenvolveu a teoria dos focos naturais das doenças transmissíveis. O conceito de foco natural é aplicado a ambientes que apresentam

condições favoráveis (de clima, vegetação, solo e etc.) à circulação de agentes, independentemente da presença e da ação humanas. Pode ocorrer em paisagens geográficas variadas, desde que haja uma interação entre biótipos específicos. A definição de foco natural circunscreve-se a doenças transmitidas através de vetores, não se referindo ao estudo de doenças que, mesmo apresentando um agente etiológico definido, propagam-se através do contato direto ou mesmo pela inalação de ar contaminado (Czeresnia & Ribeiro, 2000).

Diante das limitações na teoria do foco natural, o geógrafo francês Max Sorre, na década de 1950, foi além da abordagem de Pavlovsky ao trabalhar a importância da ação humana na formação e dinâmica de complexos patogênicos. O conceito de complexo patogênico ampliou o poder analítico e explicativo de uma concepção antes praticamente restrita à descrição do meio físico. Para Sorre, o clima tinha um papel especial entre os elementos da natureza, no entanto, hábitos, condições de habitação e a ocupação, representam as possibilidades de constituição de complexos patogênicos (Costa & Teixeira, 1999). Na perspectiva ecológica deste autor, as relações entre o homem e o meio compreendem a ação da natureza (meio físico e biológico) sobre o homem e a ação humana, modelando a natureza (Ferreira, 1991).

Os conceitos de Sorre e Pavlovsky, além de causarem uma crise na teoria unicausal com a constatação de que somente a presença do agente não era suficiente para produção da enfermidade, forneceram uma importante base conceitual para epidemiologia paisagística.

A partir dos anos 60, surgem trabalhos em todo mundo, dando ênfase primeiramente a fatores ambientais (principalmente clima) e posteriormente a fatores socioeconômicos sobre a ocorrência das doenças. Conceitos da ecologia são incorporados nos estudos do processo saúde-doença, contribuindo para o

desenvolvimento da história natural das doenças e do modelo da multicausalidade (Costa & Teixeira, 1999).

Por fim, pode-se dizer que atualmente a Epidemiologia Paisagística parte da premissa de que, se conhecendo as exigências ambientais dos transmissores e as condições sociais da população exposta, é possível prever risco epidemiológico através do estudo da dinâmica socioambiental da região. As “paisagens da malária”, segundo Confalonieri (2005), são determinadas pelas diversas interações entre as práticas de uso da terra, o comportamento humano, os elementos físicos e biológicos do meio natural e as transformações nele causadas pela intervenção humana.

2.3 – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ANÁLISE ESPACIAL

2.3.1 – Conceitos e Aplicações

Compreender a distribuição espacial de fenômenos constitui hoje um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, tais como saúde, meio ambiente, geologia, agronomia, e várias entre tantas outras (Dias et al., 2002). Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

Segundo Carvalho et al. (2000), a recente popularização das técnicas de geoprocessamento tem feito surgir algumas confusões na atribuição dos termos geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, que vêm sendo utilizados como sinônimos quando, na verdade, dizem respeito a coisas diferentes.

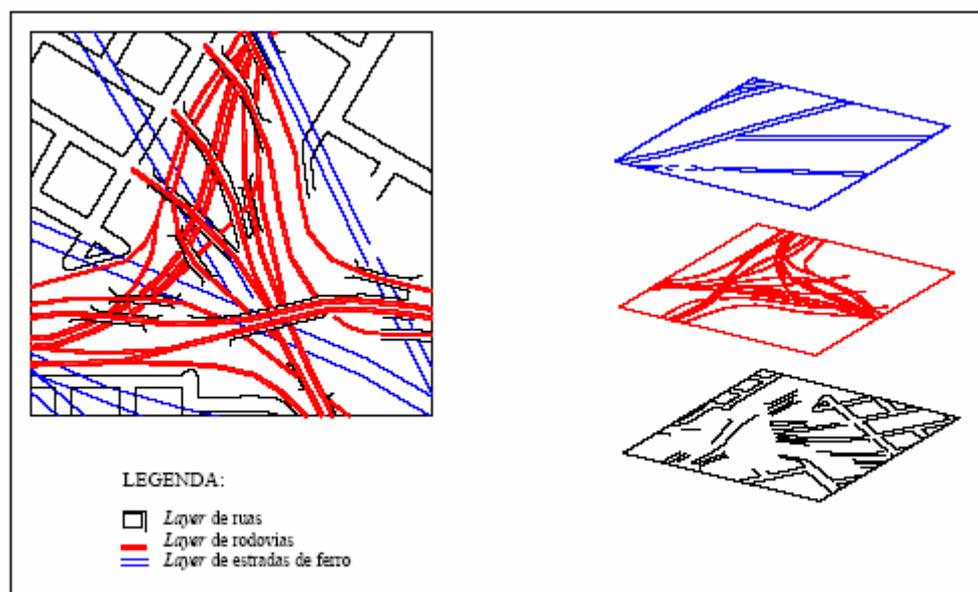
O geoprocessamento é um termo amplo que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias destacam-se: o sensoriamento remoto, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SIG é uma das técnicas de geoprocessamento, a mais ampla delas, mas nem todo geoprocessamento é um SIG (Carvalho et al, 2000).

Um SIG é um conjunto de programas de computador através do quais dados digitais georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Podem ser armazenados, integrados, analisados e ilustrados, de modo a auxiliar na tomada de decisões. Os Sistemas de Informação Geográfica processam dados gráficos e não-gráficos (alfanuméricos), separados ou combinados, com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies (Aparício, 2001).

Os componentes gráficos e não-gráficos dos dados espaciais têm características distintas, por isso exigem técnicas particulares para se otimizar o seu gerenciamento. A organização dos dados não-gráficos é feita segundo as técnicas convencionais de banco de dados. A grande maioria dos SIG utiliza o modelo relacional, em que a estruturação dos dados se dá através de tabelas, onde cada linha corresponde a uma ocorrência e cada coluna corresponde a um atributo da entidade (Carvalho et. al, 2000).

Os dados gráficos são organizados em forma de planos de informação (*layers*), ou seja, como uma série de camadas, cada uma das quais contendo feições gráficas espacialmente relacionadas (Figura 10). Cada camada, que representa um tema ou uma classe de informação, é um conjunto de feições homogêneas que estão posicionalmente relacionadas às outras camadas através de um sistema de coordenadas comum (Carvalho et. al, 2000). Para entender melhor, como exemplo podemos ter em um

mapa: um *layer* de contornos de municípios, outro com as rodovias de acesso e um último com a localização dos postos de saúde de cada município.



Elaboração: Giseli Fernandes da Costa

Figura 10 - Exemplo de sobreposição de *layers* (Costa, 2002)

A importância de separar informações específicas em planos de informação distintos e posteriormente combiná-las entre si é a razão pela qual o SIG oferece grande potencial como ferramenta de apoio à tomada de decisão (Borges & Moraes, 2001).

Apesar do grande potencial do SIG, como ferramenta em estudos espaciais, a maior parte dos usuários limita seu uso a operações de visualização de mapas, tirando conclusões intuitivas. Mas é possível ir muito além. Quando visualizamos um padrão espacial, é muito útil traduzi-lo em considerações objetivas: o padrão que observamos é aleatório ou apresenta uma agregação definida? Esta distribuição pode ser associada a causas mensuráveis? Houve variação no tempo? (Dias et. al., 2002).

Todos esses problemas fazem parte da análise espacial de dados geográficos. A análise espacial pode ser definida como uma técnica que busca descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer, preferencialmente de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas (Carneiro et. al, 2001).

Para Câmara et. al (1999) a taxonomia mais utilizada para caracterize os problemas de análise espacial considera três tipos de dados:

- a) *Eventos ou Padrões Pontuais* – fenômenos expressos através de ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais. São exemplos localização de crimes, ocorrências de doenças e localização de espécies vegetais;
- b) *Superfícies Contínuas* - estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. Usualmente, este tipo de dado é resultante de levantamento de recursos naturais, e que incluem mapas geológicos, topográficos, ecológicos, fitogeográficos e pedológicos;
- c) *Área com Contagens e Taxas Agregadas* – trata-se de dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas de saúde, e que originalmente se referem a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. Por razões de confidencialidade, estes dados são agregados em unidades de análises, usualmente delimitadas por polígonos fechados (setores censitários, distritos, municípios).

Considerando a divisão acima, verifica-se que os problemas de análise espacial utilizam dados ambientais e socioeconômicos. Em ambos os casos, a análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados, cuja finalidade é a escolha de um modelo que considere explicitamente os relacionamentos espaciais presentes no fenômeno. Em geral, o processo de modelagem é precedido de uma fase de análise exploratória, associada à apresentação visual dos dados sob forma de gráficos e mapas e a identificação de padrões de dependência espacial no fenômeno de estudo.

Neste trabalho são desenvolvidas análises espaciais de áreas (Estado e os municípios), que são representados por polígonos fechados no mapa, onde se supõe haver homogeneidade interna.

2.3.2 - Análise Espacial de Área

A análise de dados espaciais cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos, ocorre com muita frequência quando lidamos com eventos agregados por

municípios, bairros ou setores censitários, onde não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área. Alguns desses indicadores são contagens, como é o caso da maior parte das variáveis coletadas no censo: por exemplo, o IBGE fornece, para cada setor censitário, o número de chefes de família em cada uma das faixas de renda consideradas. Diversos indicadores de saúde também são deste tipo: o Ministério e Secretarias de Saúde organizam e disponibilizam dados de óbitos, partos, doenças transmissíveis por município. Utilizando duas contagens – óbitos e população, por ex. – taxas de densidade de ocorrência, como taxas de mortalidade ou incidência são estimadas (Câmara et. al, 1999).

Um dos problemas básicos apresentados em dados agregados por área é que, para uma mesma população estudada, a definição espacial das fronteiras das áreas afeta os resultados obtidos. As estimativas obtidas dentro de um sistema de unidades de área são funções das diversas maneiras segundo as quais essas unidades podem ser agrupadas. Podem-se obter resultados diferentes simplesmente alterando as fronteiras entre essas áreas. Este problema é conhecido como “problema da unidade de área modificável” (Fotheringham et. al, 2000 apud Dia et. al, 2002).

Devido aos efeitos de escala e de agregação de áreas, os coeficientes de correlação podem ser inteiramente diferentes no nível individual do nível de áreas. O efeito de escala é a tendência, dentro de um sistema de unidades de área modificáveis, de prover resultados estatísticos diferentes para o mesmo conjunto de dados quando a informação se agrupa em níveis diferentes de resolução espacial (por exemplo, setores censitários, unidades de planejamento, bairros, distritos e regiões).

Para exemplificar vamos apresentar o exemplo dado por Câmara et. al (1999). Considere um conjunto de indivíduos onde são medidas duas características de cada um dos indivíduos, conforme estimado na Figura 11. Uma regressão considerando todos os

indivíduos (linha negra do quadro à esquerda) resulta em coeficiente positivo de 0,1469. Esses indivíduos pertencem a grupos distintos, separando cada grupo conforme o atributo cor, obtém-se correlação negativa, variando entre $-0,5$ e $-0,8$. Utilizando as médias de cada grupo (linha negra do quadro à direita), o coeficiente vai a 0,99. É importante observar que cada modelo mede um aspecto diferente e que não há modelo correto. No primeiro caso, pode-se dizer que sem informações que permitam separar os indivíduos nos grupos coloridos, as variáveis se relacionam positivamente. No último exemplo, o interesse do estudo é o efeito da variação na média de uma variável sobre a média da outra, nos grupos. São perguntas diferentes, e modelos diferentes.

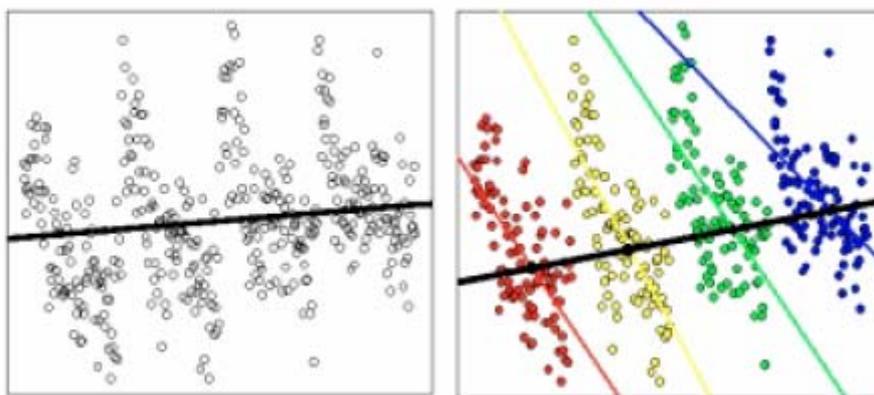


Figura 11 - Modelos de regressão: indivíduos, indivíduos em estratos diferentes e grupos (Câmara et. al, 1999)

Deve-se reconhecer que o problema da escala é um efeito inerente aos dados agregados por áreas. Ele não pode ser removido e não pode ser ignorado. Para minimizar seu impacto com relação a esses estudos, deve-se procurar utilizar a melhor escala de levantamento de dados disponível e utilizar técnicas que permitam tratar a flutuação aleatória, sempre buscando critérios de agregação dos dados que sejam consistentes com os objetivos do estudo (Câmara et. al, 1999).

2.4 - EPIDEMIOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Visando ampliar a capacidade do setor de saúde no controle das doenças transmissíveis, é imprescindível que ocorra o desenvolvimento de novos instrumentos para a vigilância epidemiológica capazes de incorporar aspectos ambientais, identificadores de riscos, e métodos automáticos e semi-automáticos que permitam a detecção de surtos e o acompanhamento destes no espaço e no tempo. Ou seja, é necessário produzir instrumentos tecnológicos capazes de antecipar e, conseqüentemente, ampliar a capacidade preventiva do setor de saúde, para que este possa otimizar suas atividades e recursos visando a prevenção das doenças, a promoção da saúde, e a minimização dos danos à população exposta a estes riscos (Pellegrini , 2002).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) surgem neste contexto como uma ferramenta poderosa no auxílio aos profissionais e estudiosos das áreas de saúde pública e saúde ambiental. Nos SIG's a distribuição espacial está assegurada pela base de dados gráficos, visto que estes sistemas permitem a construção e/ou utilização de bancos de dados onde se pode, finalmente, determinar as associações entre as ocorrências de doenças e o meio ambiente físico e antrópico.

Como já descrevemos, a preocupação com a distribuição geográfica das doenças e de suas causas tem uma longa tradição na epidemiologia. Entretanto, o estabelecimento da epidemiologia espacial como campo específico de análise é recente, e segundo Oliveira (2002) tomou corpo nas duas últimas décadas, viabilizado por: a) crescente disponibilidade de informações populacionais e de saúde geograficamente localizados (até mesmo na internet), b) ganhos na capacidade de processamento informatizado, c) desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica (com interfaces mais amigáveis) e d) avanços da metodologia estatística (geoestatística).

Esses fatores levaram as novas formas de descrever, modelar e compreender a variação espacial do risco de adoecer.

O surgimento de novas tecnologias de representação geográfica e análise espacial de bases de dados oferecem uma nova aproximação para o planejamento e execução de medidas de controle de doenças tropicais. A natureza focal da transmissão aumenta a compreensão da influência dos fatores ambientais na sua distribuição. Os SIG abrem à perspectiva de uma colaboração interdisciplinar para adaptar o uso de novas tecnologias na promoção do controle de diversas doenças. (Connor et al, 1996).

As aplicações do SIG na área da saúde têm se destacado nos seguintes campos (Thomson *et al.*, 1997; Carvalho et al., 2000; Carvalho & Santos, 2005):

Vigilância Epidemiológica - A análise da distribuição espacial de agravos possibilita determinar padrões da situação de saúde de uma área, evidenciar disparidades espaciais que levam à delimitação de áreas de risco para mortalidade ou incidência de eventos mórbidos. É possível mapear indicadores básicos de saúde, mortalidade, doenças de notificação compulsória. Planejar e programar atividades de prevenção e controle de doenças em grupos homogêneos segundo determinados riscos, monitorar e avaliar intervenções direcionadas (campanhas educativas, vacinação, etc.).

Serviços de Saúde – Através da análise da distribuição espacial do fluxo de pacientes é possível definir áreas de onde provém a demanda que busca determinado recurso de saúde. Assim pode-se planejar onde ficarão mais bem localizados os serviços de saúde, assim como reestruturar os serviços já existentes.

Vigilância Ambiental – Uma análise espacial das características epidemiológicas de uma população residente próximas a fontes de contaminação (da água, do ar ou do solo) pode evidenciar grupos populacionais de maior risco de adoecer ou morrer. É possível, também, identificar fatores ambientais adversos em locais onde há concentração de agravos à saúde. Auxiliar na pesquisa entomológica, através da identificação de possíveis criadouros das larvas ou refúgio dos vetores. Além disso, pode-se avaliar a melhoria na qualidade de vida de uma comunidade em função de obras realizadas (saneamento, construção de hospitais, etc.).

3. OBJETIVO GERAL

Identificar áreas de maior risco e possíveis componentes ecológicos e sociais da transmissão da malária por meio da análise de dados epidemiológicos em unidades espaciais que representem a diversidade socioambiental do Pará.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conhecer a tendência temporal e o padrão de distribuição da malária, no Pará, ao longo de uma série histórica de cinco anos (1999-2003);

Analisar o efeito do desmatamento na prevalência de malária no Pará no período de 2000 a 2003;

Correlacionar variáveis climáticas, topográficas e socioeconômicas com a prevalência da malária no Pará.

CAPÍTULO I

ANÁLISE DO PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DA MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ (1999-2003): UMA ABORDAGEM ESPACIAL E TEMPORAL

I.1- INTRODUÇÃO

A distribuição de doenças no espaço e no tempo é tema dos mais explorados em epidemiologia. Nos manuais clássicos da disciplina, por exemplo, a tríade “pessoa-tempo-lugar” é concebida como ferramenta básica para a descrição dos fenômenos epidemiológicos (Werneck & Struchiner, 1997).

Segundo Waldman (1998), ao descrevermos os caracteres epidemiológicos relativos ao *tempo*, focalizamos o padrão do comportamento das doenças, em amplos períodos, pelo levantamento de séries históricas com o objetivo de caracterizar tendências, variações cíclicas, sazonais e/ou epidemias. Por sua vez, a descrição dos caracteres epidemiológicos relativos ao *lugar* preocupa-se com aspectos da distribuição urbano-rural, diferenças do comportamento das doenças em distintas regiões do globo ou mesmo diferenciais existentes no interior de uma mesma comunidade.

Um perfil epidemiológico pode ser definido como um estudo descritivo, onde é possível conhecer a distribuição de frequência das doenças em função do tempo e/ou do espaço. Entretanto segundo Rouquayrol & Almeida Filho (1999), a capacidade de levantar pistas conducentes a estudos complementares dá ao perfil epidemiológico um significado que transcende a simples capacidade de descrever um fenômeno. Além disso, o estudo do perfil epidemiológico de uma doença pode e deve ser usado pelos órgãos públicos (municipais ou estaduais) na fase de planejamento das ações em saúde, garantindo assim o uso racional dos recursos.

Existem vários trabalhos que analisam o perfil epidemiológico da malária em todo Brasil, os mais recentes, são de Marques & Gutierrez (1994), Barata (1995) e do Ministério da Saúde (2005). Em uma escala regional, alguns autores como Wanderley et. al. (1985); Wanderley et. al (1994); Matsumoto et. al. (1998); Bértoli & Moitinho (2001) e Alves et. al. (2000) optaram por estudar a malária em áreas não endêmicas do país.

Na Amazônia Brasileira (área endêmica) os aspectos epidemiológicos da malária são bem conhecidos. No entanto a maioria dos estudos é em escala local, como os trabalhos de Silva et. al (1987), Alecrim et, al (1994), Camargo et. al (1996), Camargo et, al (1999) e Ribeiro et. al (2005). Uma escala regional é adotada em informes governamentais, trabalhos, em geral, meramente descritivos (MS, 2003 e MS, 2005) ou em poucos trabalhos mais elaborados como: Chaves & Rodrigues (2000), e Cordeiro et. al, 2002.

Este capítulo é um estudo epidemiológico da malária no Estado do Pará no período de 1999 a 2003. Fez-se uma análise da tendência temporal e do padrão espacial desta endemia com o objetivo de conhecer o perfil da malária nos anos propostos para o estudo. Possíveis relações com resultados apresentados aqui e fatores socioeconômicos e ambientais presentes no Pará serão abordados nos próximos capítulos.

I. 2- METODOLOGIA

I.2.1 - ÁREA DE ESTUDO

O Pará é um dos estados que compõem a Região Norte do Brasil, é cortado pela linha do Equador em seu extremo norte, está localizado entre os paralelos 2N e 5S e entre os meridianos 56 e 48 W. GR (Figura 1.1). Limita-se ao Norte com o Suriname e Amapá; a Nordeste com o Oceano Atlântico; a Leste com Maranhão; ao Sul com Mato

Grosso; a Oeste com Amazonas; a Noroeste com Roraima e Guiana; no Sudeste com Tocantins; e a Sudoeste com Amazonas e Mato Grosso (citybrazil, 2006).

Possui 1.253.164,5 km² de superfície é, portanto, o segundo maior Estado da Federação; sua área representa 14,66% de todo território brasileiro. Possui uma densidade demográfica de, aproximadamente, 4,94 habitantes p/km². Tem uma vegetação marcada pela variedade de espécies; uma fauna igualmente rica; inúmeros e caudalosos rios, igarapés, lagos e furos. O clima no Estado é quente úmido (equatorial), que varia entre meses de muita chuva e os outros com menor índice pluviométrico (Cordeiro et. al, 2002).

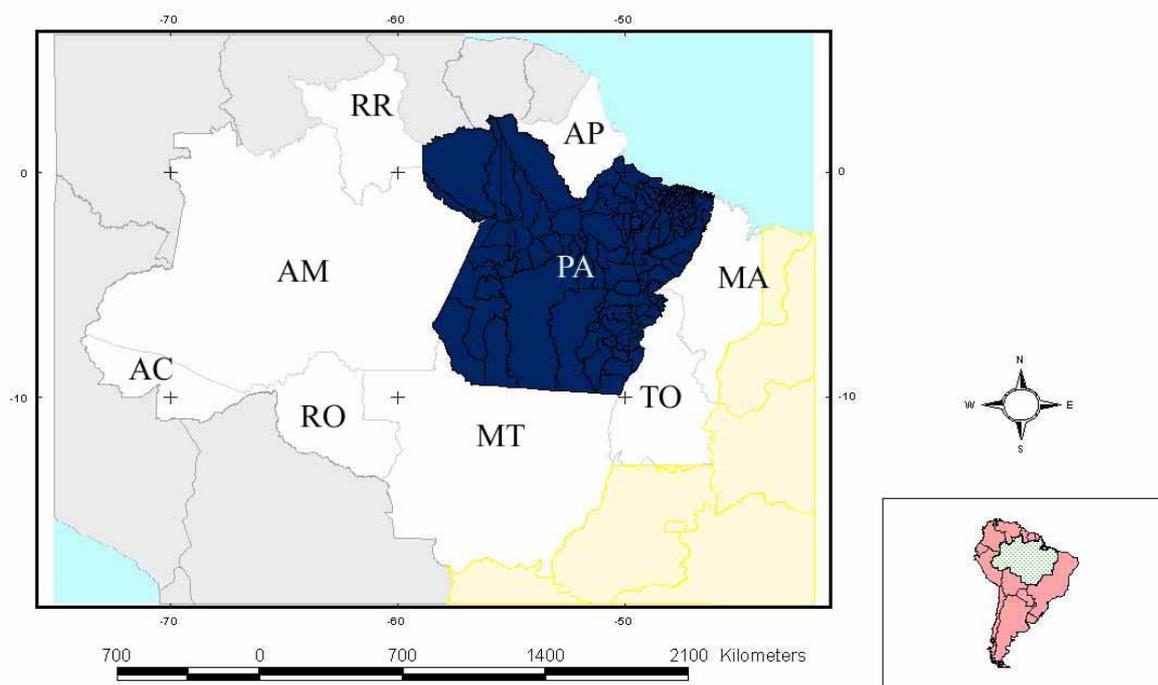


Figura 1.1 – Localização geográfica do Estado do Pará

I. 2.2 – COLETA DE DADOS

As informações referentes aos dados brutos de malária, no período de 1999 a 2003, foram obtidas no Núcleo Estadual de Endemias da Secretaria Executiva de Saúde Pública do Pará (NUEND-SESPA).

Para a medição do risco de se contrair malária, normalmente, se utiliza o Índice Parasitário Anual (IPA) que corresponde ao número de lâminas positivas para a malária, expressa por mil habitantes, em um local e período determinado e calculado como:

$$\text{IPA} = \frac{\text{Número de lâminas positivas em determinado local e período}}{\text{População da área, no mesmo local e período}} \times 1.000$$

O IPA estima o risco de se adoecer por malária e classifica as áreas maláricas de acordo com o grau de risco em:

- a) Área sem risco – IPA indicando menos de 1 exame positivo por mil habitantes.
 - b) Área de baixo risco – IPA de 1 a 9 exames positivos por mil habitantes.
 - c) Área de médio risco – IPA de 10 a 49 exames positivos por mil habitantes.
 - d) Área de alto risco – IPA com mais 49 exames positivos por mil habitantes.
- (FUNASA, 2002)

O uso do IPA e seu status de risco, apesar de algumas limitações, são amplamente difundidos na comunidade científica e pelo Ministério da Saúde para o estudo da malária no Brasil.

I. 2.3 – ANÁLISE DE DADOS

Os dados de IPA de cada município foram calculados através de uma planilha eletrônica e foram exportados para um SIG, onde puderam ser relacionados a um mapa contendo os limites municipais georeferenciados. Para isso, a base cartográfica utilizada foi desenvolvida pelo PROBIO (2001).

No estudo da série temporal foi feito uso tanto análises diretas (gráficos e tabelas) quanto método estatístico. Para verificar se houve grande variação no status de risco do IPA no Estado, durante período da série, procedeu-se uma análise visual através da construção de mapas temáticos por ano. Além disso, foi realizado uma subtração entre os *layers* (mapas) com os valores do IPA de anos sucessivos. O mapa resultante da subtração foi dividido em faixas (por quebra natural), sendo os dados

negativos (IPA menor que o ano anterior) e positivos (IPA maior que o ano anterior) destacados em cores diferentes.

Para o estudo da tendência temporal (crescente, decrescente ou estável) da malária no Estado do Pará utilizou-se modelos de regressão linear (Morettin & Tolo, 1987). Nesse processo de modelagem, o IPA foi considerado como variável dependente (y) e os anos do estudo, como variável independente (x). Utilizou-se o programa SYSTAT 10 na elaboração dos modelos de regressão e considerou-se tendência significativa aquela cujo o $p < 0,05$, sendo sua direção (crescente ou decrescente) determinada pelo coeficiente de regressão (b). Regressões lineares também foram utilizadas para avaliar as tendências municipais de crescimento, estabilidade ou redução do risco.

No estudo espacial foi utilizada a média do valor IPA dos cinco anos de estudo em uma tentativa de minimizar as eventuais flutuações aleatórias dos dados. Para analisar o padrão espacial da malária no Pará foram feitos dois mapas com pontos diferentes de corte para visualização do IPA: Status do IPA e de Valores Atípicos.

O primeiro tipo é um mapa onde cada faixa representa o status de risco do IPA, segue os valores de corte e denominação segundo FUNASA (2002). Este índice tem a vantagem de demonstrar a força com que a malária ocorre em uma dada localidade, levando em consideração o tamanho da sua população sendo, portanto, passível de comparação entre unidades amostrais diferentes (RIPSA, 1997).

O segundo tipo é mapa de valores atípicos de malária, ou seja, determina as faixas de valores de IPA que se encontram próximo da média estadual e aqueles que estão abaixo e acima dos valores mínimo e máximo. Para esta análise utilizou-se o método chamado *BOXMAP*, onde primeiro passo é criar faixas calculando os quartis (25% das observações em cada faixa) dos valores do IPA, para determinar os valores

atípicos aplica-se a regra do 1,5 pela faixa interquartil (quartil 2), ou seja, o valor atípico baixo será dado pela fórmula $Q2-1,5 (Q3-Q1)$. E o valor atípico alto será $Q2+1,5 (Q3-Q1)$. Na prática será criado um mapa temático (com seis faixas criadas) que nos permitirá analisar, de acordo com a cor dada a cada município (SIGEPI, 2002):

- Aqueles que apresentam os valores mais altos, o maior índice parasitário anual e, portanto, um valor um valor superior ao restante dos municípios (4° Quartil e Valor Atípico Alto);

- Aqueles cujo valor do IPA apresenta um comportamento próximo da média (2° Quartil);

- Aqueles cujo comportamento está abaixo e acima da média (1° e 3° Quartil);

- E os municípios que apresentam os menores valores do IPA (Valor Atípico Baixo).

I. 3 – RESULTADOS

I. 3.1 – TENDÊNCIA DA SÉRIE TEMPORAL

No período de 1999 a 2003, de acordo com banco de dados do NUEND/SESPA, foram investigados e confirmados 977.497 casos de malária no Pará (tabela 1.1). Segundo análise da série temporal houve um aumento no número de casos entre 1999 e 2000 seguidos por um declínio entre 2000 e 2003 (Figura 1.2).

Tabela 1.1 - Distribuição dos Casos de Malária no Pará

| ANO | CASOS | VARIAÇÃO |
|--------------|----------------|-----------------|
| 1999 | 248.233 | - |
| 2000 | 278.204 | 29,97 |
| 2001 | 186.367 | -91,84 |
| 2002 | 149.088 | -37,28 |
| 2003 | 115.605 | -33,48 |
| TOTAL | 977.497 | -132.628 |

No estudo estatístico (através do teste de regressão) a série temporal da malária no Pará apresentou uma tendência decrescente (Figura 1.2) estatisticamente significativa ($b=-6,8$; $r^2= 0,89$ e $p= 0,02$). No entanto dos 143 municípios que compõe o estado, apenas 31 apresentaram esta a mesma tendência nos anos de estudo (Tabela 1.2), sendo a maioria (21 municípios) de baixo risco. Entre os demais municípios analisados, não houve tendência crescente estatisticamente significativa nesta série histórica, tendo todos os outros 112 municípios analisados apresentado uma tendência estável.

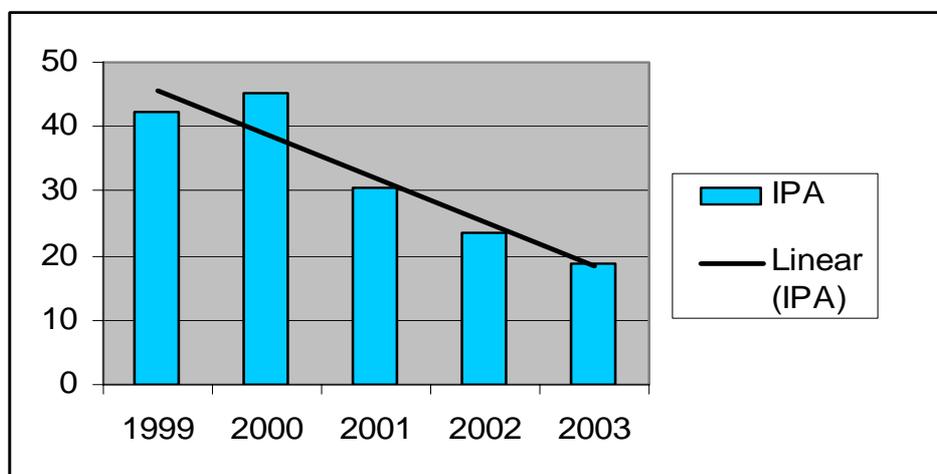


Figura 1.2 – Série Temporal da Malária no Pará com Linha de Tendência

Tabela 1.2 - Resultados da análise de tendência do IPA para os municípios com $p < 0.05$ de 1999 – 2003

| Município | b | r ² | p |
|-------------------------|--------|----------------|-------|
| ABAETETUBA | -1.4 | 0.77 | 0.05 |
| ALMEIRIM | -19.2 | 0.87 | 0.02 |
| AUGUSTO CORREA | -10.3 | 0.82 | 0.03 |
| BAIAO | -14.5 | 0.94 | 0.006 |
| BRAGANCA | -3.3 | 0.98 | 0.01 |
| CACHOEIRA DO PIRIA | -124.2 | 0.88 | 0.02 |
| CAMETA | -1.1 | 0.88 | 0.02 |
| CUMARU DO NORTE | -76.5 | 0.83 | 0.03 |
| CURRALINHO | -41.8 | 0.8 | 0.04 |
| CURUA | -5.2 | 0.86 | 0.02 |
| DOM ELISEU | -9.2 | 0.83 | 0.03 |
| ELDORADO DOS CARAJAS | -22.4 | 0.89 | 0.01 |
| IPIXUNA DO PARA | -137.8 | 0.85 | 0.02 |
| MAE DO RIO | -30 | 0.9 | 0.01 |
| MARABA | -21.2 | 0.97 | 0.007 |
| MARACANA | -14.5 | 0.8 | 0.04 |
| MOCAJUBA | -18.8 | 0.96 | 0.003 |
| MOJU | -21.7 | 0.89 | 0.01 |
| ORIXIMINA | -31.2 | 0.78 | 0.04 |
| OURILANDIA DO NORTE | -12.8 | 0.94 | 0.006 |
| PALESTINA DO PARA | -46.8 | 0.82 | 0.03 |
| PARAUPEBAS | -19 | 0.89 | 0.01 |
| PAU D'ARCO | -4 | 0.82 | 0.03 |
| REDENCAO | -16.20 | 0.95 | 0.005 |
| SAO DOMINGOS DO CAPIM | -10.30 | 0.89 | 0.01 |
| SAO GERALDO DO ARAGUAIA | -7.50 | 0.84 | 0.03 |
| SAO MIGUEL DO GUAMA | -11.00 | 0.92 | 0.01 |
| TAILANDIA | -65.10 | 0.88 | 0.01 |
| TOME-ACU | -5.80 | 0.83 | 0.03 |
| TUCUMA | -1.13 | 0.77 | 0.05 |
| ULIANOPOLIS | -30.30 | 0.87 | 0.02 |

I. 3.2 – DISTRIBUIÇÃO DO STATUS DE RISCO

Na análise do status de risco do IPA, para o Estado, nota-se um predomínio do alto risco em 1999 e 2000 (35.7% e 39.16% dos municípios respectivamente), a partir de 2001 com a diminuição no número de casos, o status de baixo risco começa a predominar, chegando a 60.84% dos municípios em 2003 (Figura 1.3).

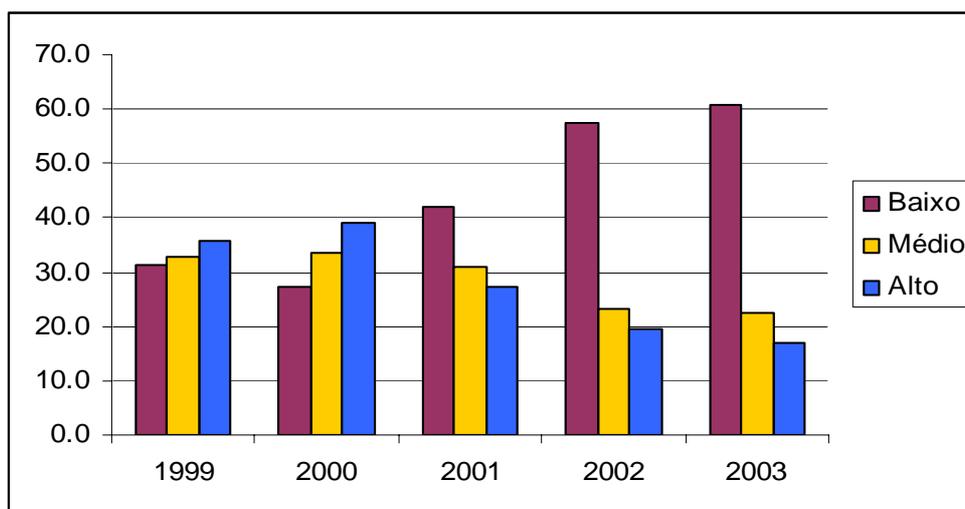


Figura 1.3 – Porcentagem de municípios com cada tipo de status de risco do IPA por ano no Pará

O IPA não apresentou uma distribuição homogênea no estado ao longo dos anos de estudo. Existe uma grande variação nos status de risco (Figura 1.4), as principais mudanças ocorreram nos municípios de Aurora do Pará, Baião, Cumaru do Norte, Currealinho, Eldorado dos Carajás, Mãe do Rio, Magalhães Barata, Mocajuba, Moju, Muaná, Oriximiná, Ourém, Ourilândia do Norte, Palestina do Pará, São Sebastião da Boa Vista, Tracuateua e Vigia que iniciaram a série, em 1999, com status de alto risco e terminaram, em 2003, com IPA de baixo risco para malária.

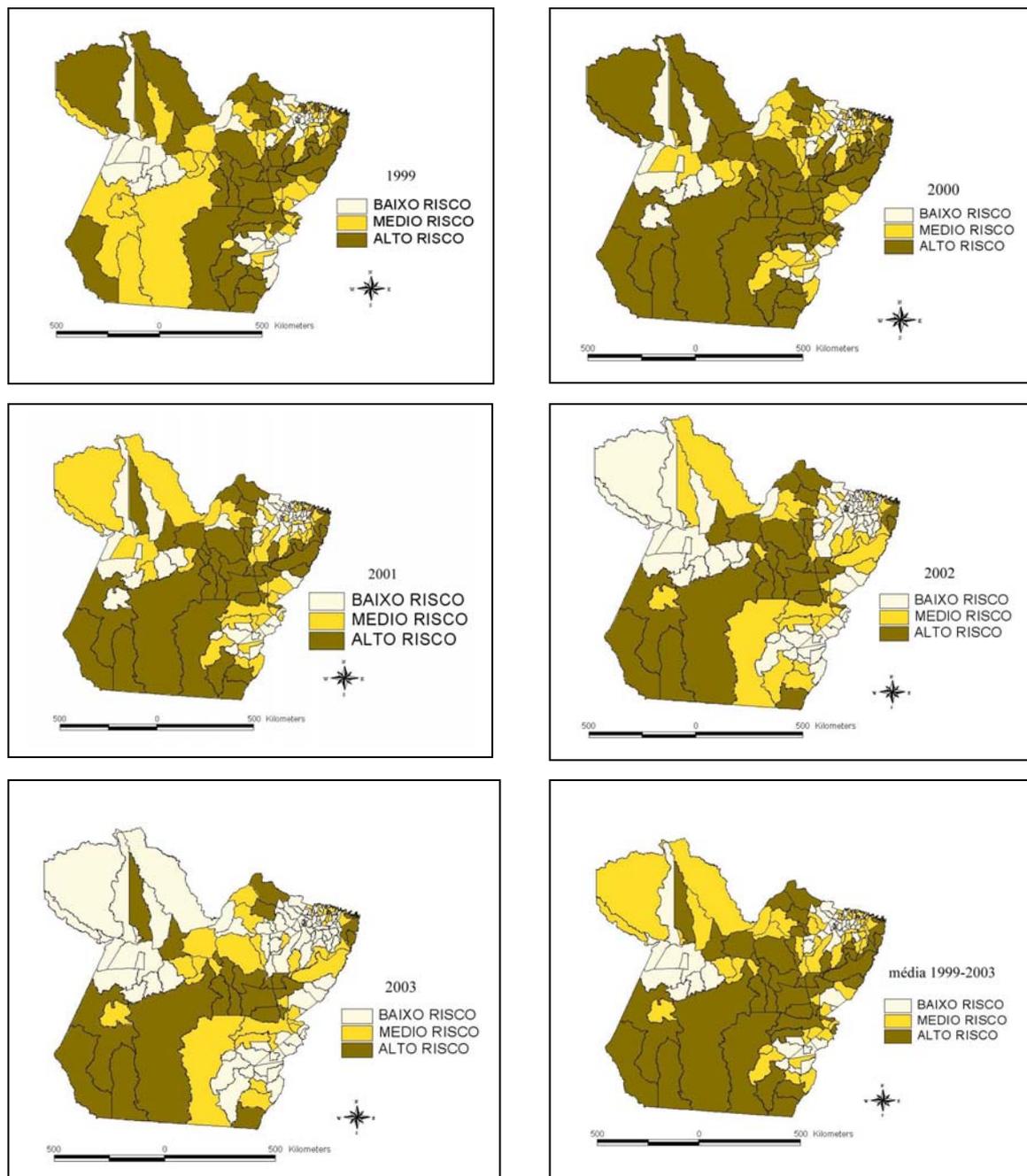


Figura 1.4 – Mapas com a distribuição do status do IPA no Pará de 1999-2003

A subtração entre os *layers* (mapas) mostra que todos os municípios tiveram redução do IPA em pelo menos um ano da série. No entanto, as maiores reduções absolutas (1º faixa) ocorreram apenas em municípios com status de alto risco e de maneira descontínua, ou seja, aumento e diminuição de casos alternaram-se durante a série histórica. Um bom exemplo é o município de Anajás, que no intervalo de 1999 a

2003, alterna entre a 1ª faixa (grande redução do IPA) e a última faixa (grande aumento de IPA) (Figura 1.5 a 1.8).

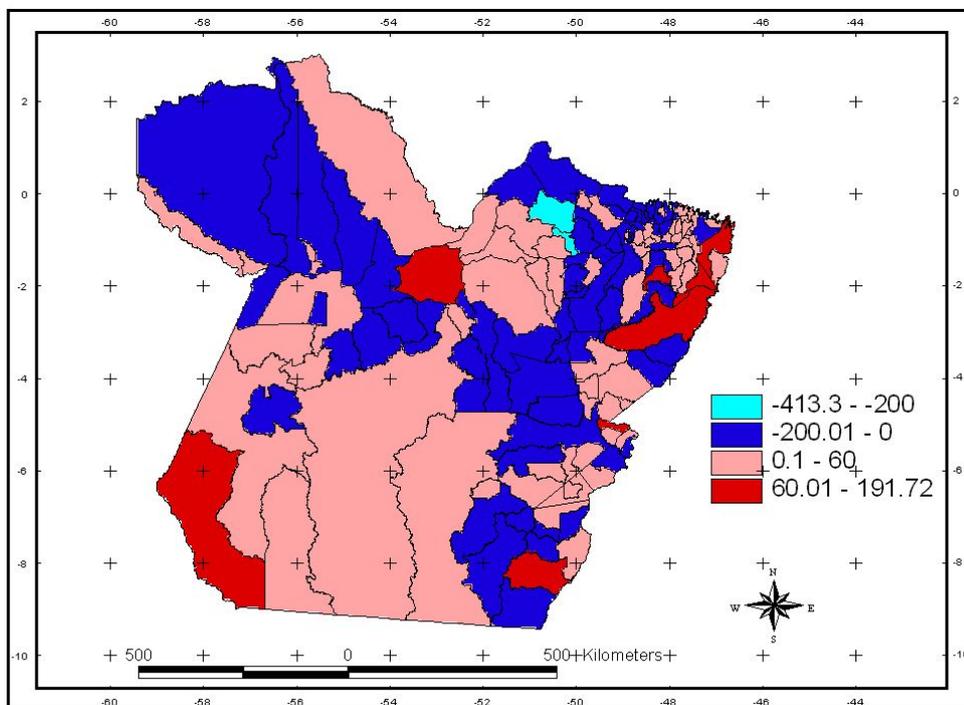


Figura 1.5 – Subtração do IPA de 2000 por 1999 (faixas divididas por quebra natural).

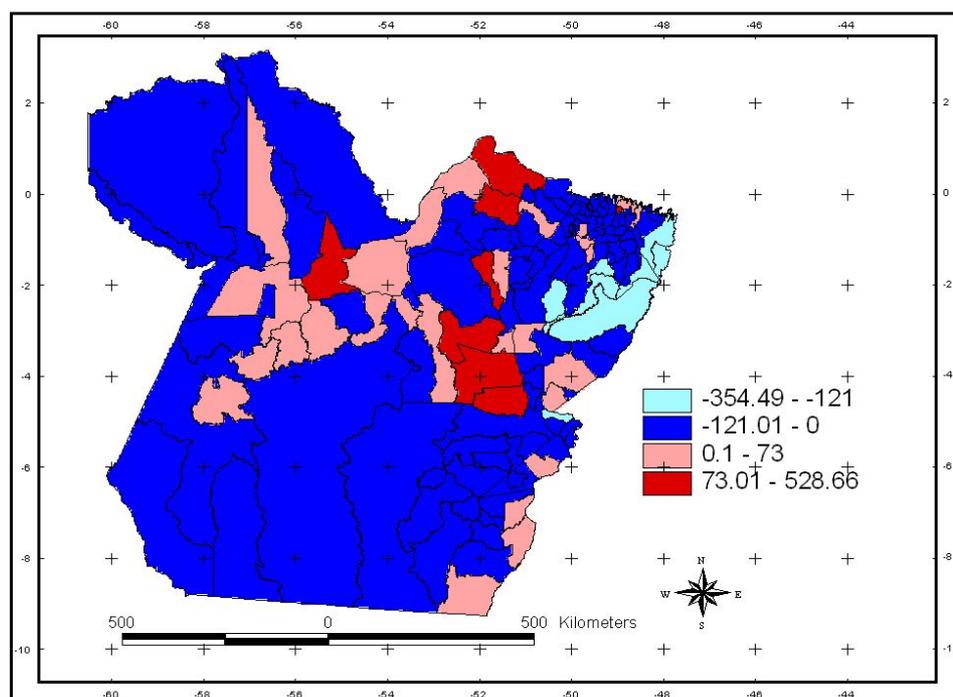


Figura 1.6 – Subtração do IPA de 2001 por 2000 (faixas divididas por quebra natural).

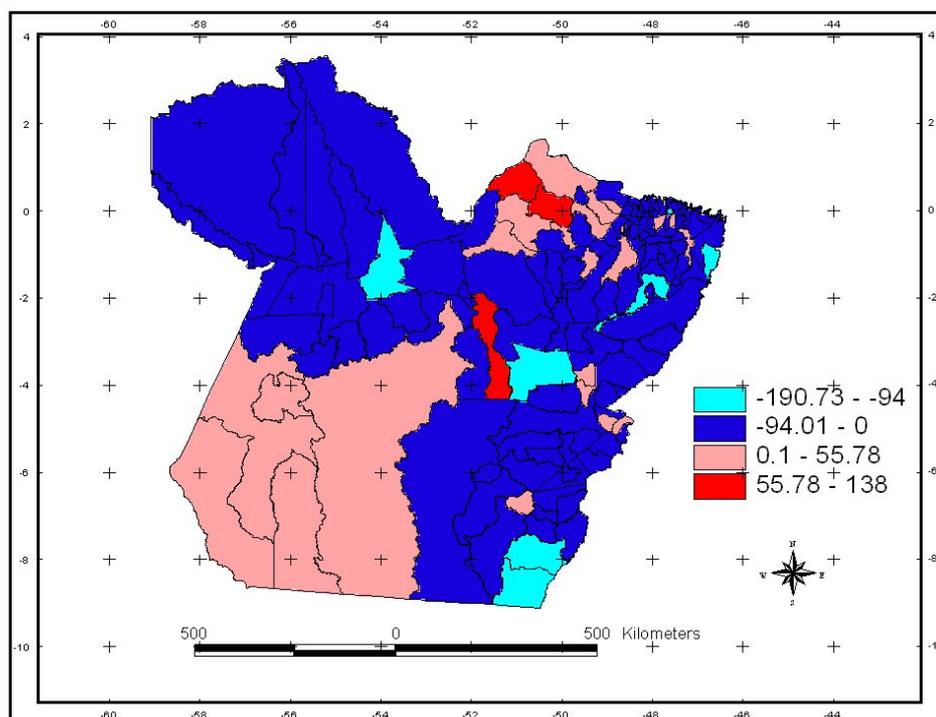


Figura 1.7 – Subtração do IPA de 2002 por 2001 (faixas divididas por quebra natural).

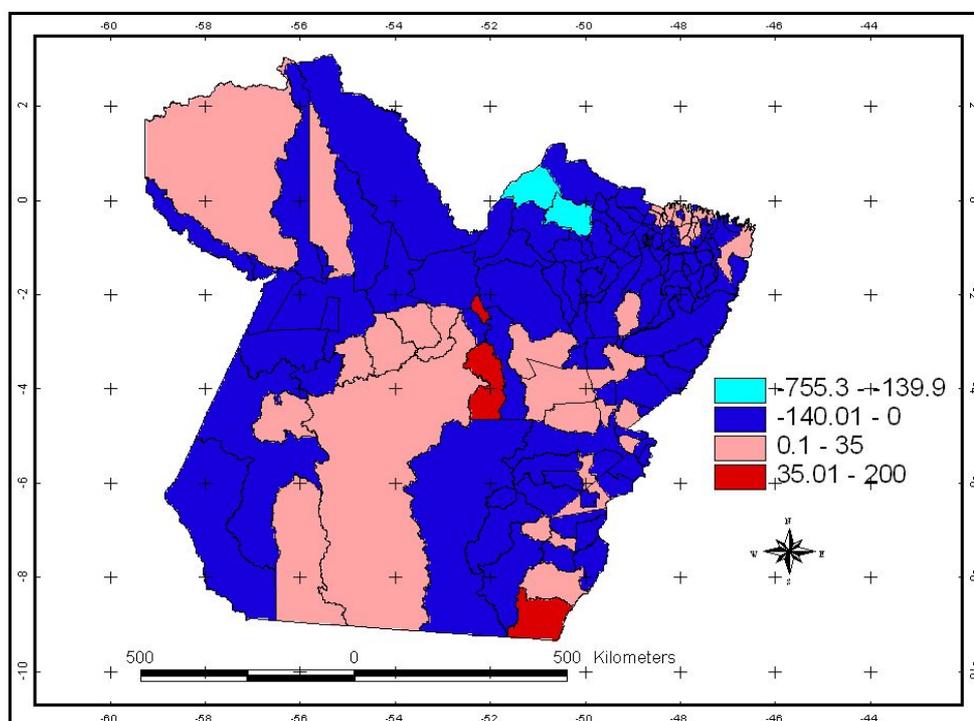


Figura 1.8 – Subtração do IPA de 2003 por 2002 (faixas divididas por quebra natural).

I. 3.3 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

A malária, de forma mais leve ou mais grave, se distribui em todos os municípios do Pará. O mapa onde a divisão das faixas é baseada no status de risco do IPA (Figura 1.9), devido ao valor de corte de cada faixa, acaba agrupando vários municípios (de norte a sul do Estado) na faixa mais alta.

No *BoxMap*, utilizado para analisar a faixa de valores atípicos do IPA no estado, nenhum município foi classificado como valor atípico baixo, indicando que mesmo de forma desigual, a malária é um agravo importante em todo estado. Percebe-se, também, que os valores atípicos altos não seguem uma distribuição homogênea no espaço (Figura 1.10). Havendo aglomerados atípicos na Ilha de Marajó (Chaves, Anajás e Currálinho); no nordeste do estado (Viseu, Cachoeira do Piriá, Nova Esperança do Piriá, Paragominas, Ipixuna do Pará e Tailândia); no centro (Itupiranga, Novo Repartimento, Pacajá e Anapu); no sudeste (Santana do Araguaia, Santa Maria das Barreiras e Cumaru do Norte). Outro resultado interessante foi encontrar municípios com valor atípico alto, mesmo seus vizinhos possuindo valores próximos da média. É o caso de São João do Araguaia (leste, na fronteira com Maranhão) e Prainha (noroeste).

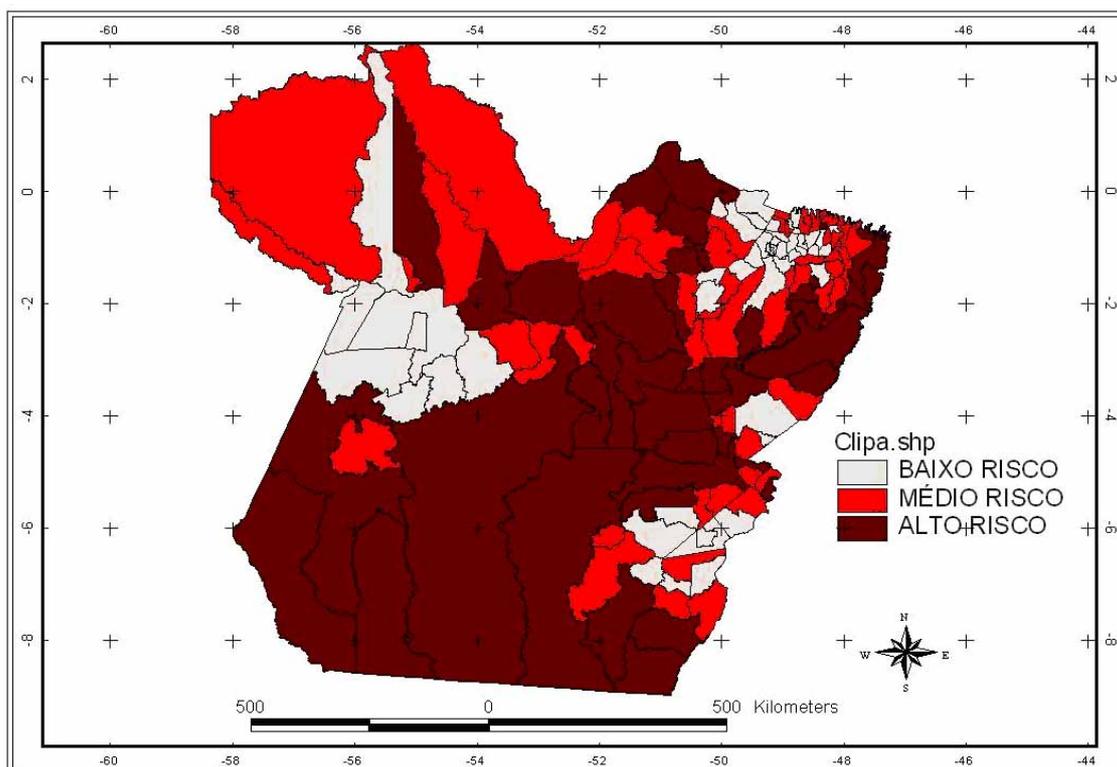


Figura 1.9 – Média do IPA (1999-2003) no Pará dividido por status de risco.

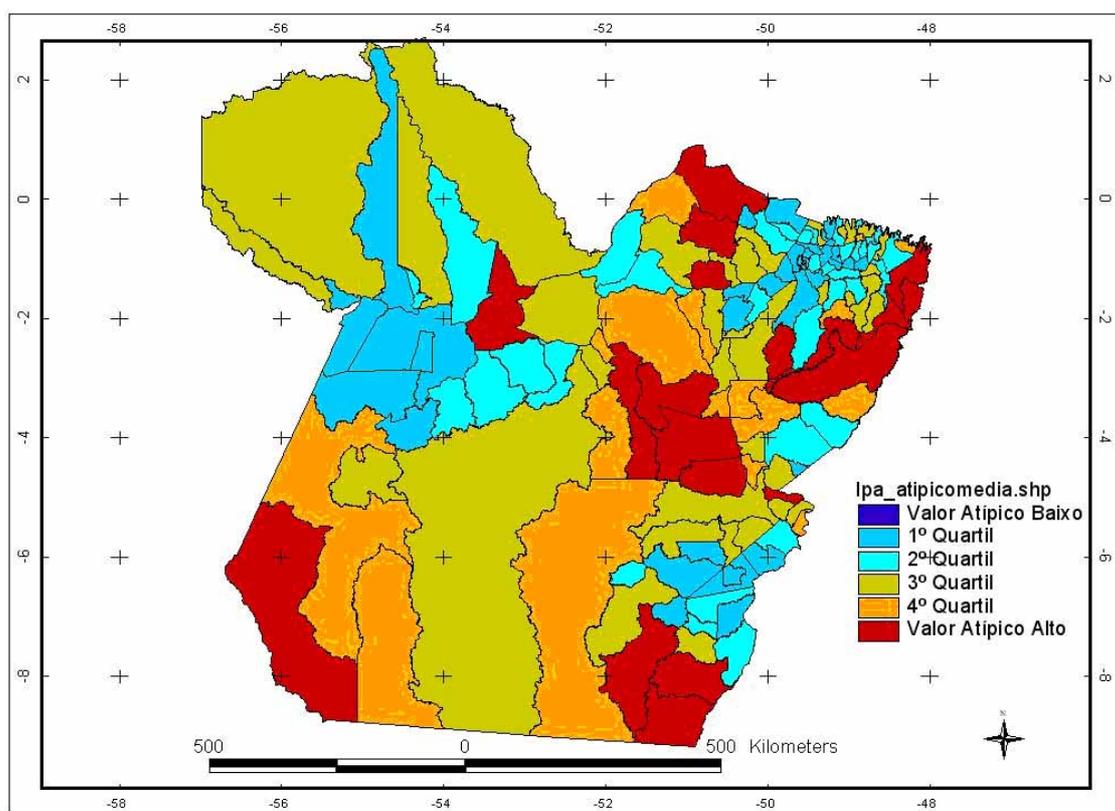


Figura 1.10 – Mapa de Valores Atípicos do IPA no Pará (BoxMap).

I.4 – DISCUSSÃO

A malária não se distribui de forma homogênea no tempo e no espaço durante os anos de estudo, corroborando dados da literatura em relação à malária na Amazônia (Barata, 1995; Tauil, 2002; Confalonieri, 2005). O status de risco do IPA variou bastante entre os municípios de 1999 a 2003, no entanto, ao final da série predominou o status de baixo risco.

O Estado do Pará apresentou uma tendência decrescente estatisticamente significativa no número de casos de malária. Essa mesma tendência, entretanto, foi encontrada em uma minoria de municípios (31 de 143). E desta minoria apenas 10 municípios apresentam status de alto risco na média (dos cinco anos) do IPA. Isto indica que uma redução contínua da malária ocorreu principalmente em municípios que já tinham um número relativamente baixo de casos (status de baixo e médio risco). Recomenda-se uma revisão dos esforços de combate à doença para diminuir a incidência nas áreas de alto risco.

A redução da malária a partir de 2001 pode ser o resultado do Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária na Amazônia Legal (PIACM), iniciado em julho de 2000, promovido pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), do Ministério da Saúde (Taiul, 2002). É evidente que uma redução aleatória de casos positivos pode ter ocorrido em alguns municípios, mas não se pode deixar de considerar que um investimento de 145,8 milhões em ações de controle da malária (total de recursos para toda Amazônia Legal) não tenha influenciado a série.

No Pará o PIACM possibilitou a implantação de 200 laboratórios de campo, capilarizou-se ao máximo a rede de distribuição de medicamentos e tratou de envolver todos os níveis de serviço constituídos no SUS no combate a malária (SESPA, 2004). Apesar deste investimento a análise de subtração dos mapas, mostra vários municípios

alternando diminuição e aumento no número de casos, demonstrando uma ação até certo ponto efetiva no combate à malária (houve de fato diminuições drásticas da incidência em alguns municípios), mas com falhas na continuidade deste trabalho (vigilância epidemiológica) refletindo uma política de ação “curativa” e não preventiva. Outro indicio desta política é o fato de que as grandes reduções absolutas ocorreram em municípios de alto risco (não sendo suficientes para mudá-los de status).

No espaço, para análise de padrões, foram feitos dois tipos de cortes para os dados do IPA: Status do IPA e valores atípicos, o mapa cuja divisão das faixas é baseada no status de risco do IPA acaba agrupando vários municípios na faixa mais alta (corte está 50 ou mais). Isto, até certo ponto, dificulta uma avaliação mais apurada do nível de gravidade da malária entre os municípios desta faixa e conseqüentemente no Estado. Neste aspecto o mapa de valores atípicos (*BoxMap*), produz um resultado mais refinado. Com este método, 19 municípios foram agrupados na faixa mais alta (Anajás, Anapú, Chaves, Cachoeira do Piriá, Currálinho, Cumarú do Norte, Ipixuna do Pará, Itupiranga, Jacareacanga, Nova Esperança do Piriá, Novo Repartimento, Paragominas, Pacajá, Prainha, Santana do Araguaia, Santa Maria das Barreiras, São João do Araguaia, Tailândia e Viseu), em diferentes pontos do Pará. Assim podem-se avaliar os municípios que possuem valores de IPA bem superior ao resto do Estado (valores atípicos altos), onde devem ser concentrados os esforços para redução da incidência.

Os estudos de perfil epidemiológico têm como vantagens a fácil execução e o baixo custo. Os dados são rapidamente disponíveis e é mais fácil generalizar as conclusões. Entretanto, temos uma limitação na qualidade dos dados coletados, pois não são colhidos diretamente pelo pesquisador. No caso da malária, existe uma boa rede de coleta de dados, tendo agentes de endemias exclusivos para trabalhar com este agravo, exame diagnóstico laboratorial e tratamento gratuito, amplamente disponível, a

probabilidade de um caso suspeito não procurar a realização do exame é muito pequena. O que pode levar, ao contrário de muitos agravos que sofrem com sub-registro, a notificação de um paciente recidivo como caso novo. O sistema de informação, contudo, exclui pelo menos, as lâminas positivas classificadas como de verificação de cura (colhidas para avaliar o tratamento).

CAPÍTULO II

MALÁRIA E O DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ

II. 1 - INTRODUÇÃO

Considera-se um ambiente saudável quando são mantidas sua estrutura e função através do tempo, mediante as perturbações externas. Estes ecossistemas oferecem aos seres humanos provisões alimentares, água e ar puro, dentre outros importantes serviços. Vidas humanas saudáveis não podem ser separadas de um ambiente saudável, e quando o ecossistema é alterado, também se alteram as condições de saúde humana. (Kochtcheeva & Singh, 2000 apud Aparício, 2001). Segundo Aparício (2001) os efeitos do desmatamento na saúde dos seres humanos são diversos e tem aumentado nas últimas décadas, pois juntamente com esta transformação profunda da paisagem emerge várias doenças infecciosas como a malária.

Na maioria das populações tropicais a situação da malária é relativamente estável e embora possa haver variações sazonais no número de caso, epidemias normalmente não acontecem exceto quando a estabilidade é rompida por mudanças no hábitat que favorecem um aumento no número de vetores, o estabelecimento de novos vetores e o ingresso de pessoas infectadas ou não imunes na área (Walsh et al., 1993).

Para Barbieri (2000) o estabelecimento de doenças endêmicas, especialmente malária, em regiões de floresta tropical como a Amazônia brasileira tem sido consistentemente avaliada como resultante de processos interativos entre o homem e o meio ambiente que levam à ruptura do equilíbrio ecológico existente. Walsh et al (1993) cita a existência de um sinergismo entre destruição de florestas tropicais, perda de biodiversidade e alterações climáticas, com impactos potenciais na incidência de doenças transmitidas por vetores.

Entretanto, se os mosquitos vetores são “moradores” da floresta é possível que a retirada da mata possa diminuir a taxa de transmissão de malária. Mas, na maioria dos lugares desmatados o resultado foi um aumento de malária (Patz et. al, 2000). Isso se dá por dois motivos: **Primeiro**, a destruição destas florestas pode levar a destruição de patógenos e vetores relacionados ou pode forçar a adaptação destes animais a outros ambientes que não necessariamente as florestas. Melrose (2005) cita que poças de água, parcialmente sombreadas ou iluminadas pelo sol (comuns em áreas desmatadas) substituíram os criadouros florestais dos mosquitos na Tailândia. Algumas espécies se tornaram mais eficientes neste novo hábitat. Rede de irrigação, canais e represas, como também, poças nas estradas em construção, podem ser ótimos habitats para o vetor (Wilson, 2001). Plantações de borracha na Malásia favoreceram o surgimento de bromélias que servem de habitat para o *An. bellator*. Além disso, muitas espécies de mosquitos preferem alimentar-se de animais ao invés de humanos, mas a destruição de habitats (florestas) e conseqüentemente um declínio no número de animais selvagens fazem com que os mosquitos busquem se alimentar de animais domésticos e humanos (Pattanayk et al, 2003).

Segundo, cada espécie de *Anopheles* ocupa um único nicho ecológico e opera a um nível diferente de competência vetorial. Quando um ambiente é alterado, por exemplo, uma área desflorestada, se os anofelinos nativos não se adaptarem a mudança ecológica, serão substituídos por uma espécie diferente, oportunista, que se move para o nicho desocupado. Como o ambiente novo sofre um processo de estabilização, uma sucessão de espécies pode ocupar a área. Desmatamentos seguintes, o tipo de uso da terra, colonização humana e o contexto ecológico criado determinam se as espécies nativas de mosquito são capazes de se adaptar e permanecer ou vão desaparecer, e quais novas espécies chegarão ao hábitat recentemente formado, sua sobrevivência e

proliferação. Por exemplo, depois da construção de uma represa hidroelétrica em Tucuruí no Brasil, *An. argyritarsis* surgiu, apenas para ser substituído por *An. braziliensis* cinco anos depois (Tadei et. al, 1998). No Brasil, subsequente ao desenvolvimento da mineração e desmatamento seguido de migração, entre 1971 e 1986, houve um aumento de 76% na malária transmitida por *An. darlingi* com *P. falciparum* em relação ao *P. vivax* (OPAS, 1988). Na África ocidental, desmatamento e irrigação foram seguidos por um aumento de malária por *P.falciparum* transmitida por *An. gambiae* em aldeias perto de florestas, *An. funestus* na savana, e *An. arabiensis* em áreas urbanas e peri-urbanas (Patz et. al, 2000). Na Venezuela ocidental, *An. nuneztovari* transmite malária por *P. vivax*, mas não por *P. falciparum* (Rubio-Palis et. al, 1994).

Em alguns exemplos o desmatamento e/ou substituição da vegetação pode reduzir a transmissão de malária. Chang et. al (1997) citam que a substituição da floresta por plantações de palma diminuiu a população de mosquitos do gênero *Anopheles* e assim reduziu a ameaça de transmissão da malária em 90% em um período de quatro de anos em Sarawak (Malásia). Infelizmente este sucesso foi acompanhado por um aumento nos casos de dengue, doença que também é transmitida por mosquitos. Os autores denominaram esse fenômeno como “a lei de conseqüências não intencionais”.

O desmatamento também traz mudanças nos fatores climáticos da região, que podem influenciar, indiretamente, na prevalência da malária. Existe uma vasta literatura alertando sobre as alterações climáticas e hidrológicas que podem advir com o desmatamento (Shukla et. al, 1990; Meher-Homji, 1991; Nepstad et. al., 1994; Taylor, 1997; Laurance, 1998; Moutinho & Nepstad, 2000; Fearnside, 2005 e Kirby et. al, 2005). Temperaturas mais altas podem acelerar a taxa de desenvolvimento da larva em

adultos, aumentar frequência de hematofagia das fêmeas, a taxa à qual os parasitas são adquiridos e o período de incubação do parasita dentro do mosquito (Walsh et al., 1993).

O desmatamento traz problemas sociais tão profundo quanto suas mudanças ecológicas, que podem influenciar nas condições de saúde da população e conseqüentemente na prevalência de malária. Segundo Pattanayak et. al (2003) é importante entender o papel do desmatamento unindo malária a desenvolvimento econômico, porque:

a) O desmatamento não é o propósito final, a remoção da cobertura florestal é o começo de uma cadeia inteira de atividades econômicas (agricultura, mineração, exploração de madeira);

b) A maioria da população rural depende dos produtos florestais (extrativismo) como fonte de renda;

c) A malária e o desmatamento são elementos centrais do ciclo vicioso de pobreza em áreas rurais nos países em desenvolvimento.

No Brasil desmatamento, mudanças ecológicas e problemas sociais estão presentes na história da ocupação da região amazônica. Historicamente, este processo começa na década de 50 com a abertura das primeiras rodovias, expandidas em 1970, quando deu-se início a um processo intenso de ocupação com a chegada de imigrantes do nordeste e sul do Brasil. Uma conjunção de fatores, como a política de incentivos fiscais do governo brasileiro para instalação de grandes projetos agropecuários e assentamento de colonos do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e a abertura e pavimentação das estradas, aceleraram o processo de ocupação da área. Como conseqüência seguiu-se a intensa atividade de desmatamento e conversão das áreas de floresta em pastagem e áreas agrícolas (Kampel et. al, 2000). Atualmente, a especulação de terra ao longo das estradas, o crescimento das cidades, aumento da

pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar (mais recentemente a agricultura mecanizada), principalmente ligada ao cultivo da soja e algodão são as atividades econômicas responsáveis pelas altas taxas de desmatamento na Amazônia Legal (Fearnside, 2003; Moutinho & Alencar, 2005 e Laurance et al., 2004).

Contudo, esse desmatamento não é distribuído homogeneamente, mas espacialmente concentrado na região da fronteira da Amazônia Legal, área denominada de "arco do desmatamento", cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre (Nepstad et al, 1999 e Margulis, 2003).

Entre as nações tropicais do mundo, o Brasil é provavelmente a que tem o melhor monitoramento da atividade de desmatamento (Laurance et al, 2001). As principais instituições responsáveis pelo levantamento de dados primários sobre desmatamento por meio de sensoriamento remoto são o INPE, o IBAMA e a FEMA-MT (Margulis 2003). Entretanto, segundo Alves (2001) desde 1988, as estimativas do INPE adquiriram o caráter de estatísticas oficiais sobre os desmatamentos da Amazônia brasileira em nível nacional e estadual.

O Estado do Pará possui uma grande relevância nos dados do desmatamento (está entre os três estados que mais desmataram entre 2001 e 2003) e na prevalência de malária da Amazônia. Sendo assim este capítulo propõe testar as relações existentes entre estas duas variáveis em uma perspectiva temporal.

II. 2 - METODOLOGIA

II. 2.1 - FONTE DE DADOS

Os dados de malária foram obtidos no Núcleo de Endemias da SESPA e transformados em IPA (índice parasitário anual) através de planilha eletrônica.

Os dados de desmatamento, para os anos 2000-2003 (não se obteve dados precisos para o ano de 1999), foram adquiridos do Projeto de Desmatamento - PRODES do INPE (www.obt.inpe.br/prodes) na forma de taxa de desmatamento (km²/ano). O PRODES vem monitorando o processo de desmatamento da Amazônia desde 1984 e considera desmatamento "a conversão de áreas de floresta primária por atividades antropogênicas para o desenvolvimento de atividades agropecuárias detectadas por plataformas orbitais" (INPE, 2000). Deste modo, as áreas em processo de sucessão secundária são excluídas do cálculo dos desmatamentos brutos totais e anuais, implicando que uma área uma vez desflorestada assim será considerada permanentemente (Margulis, 2003).

Além do problema conceitual os dados gerados pelo PRODES também possui algumas limitações metodológicas, em parte porque não incluem clareiras menores que 6,25 ha e também porque não é capaz de detectar mudanças ambientais que não causam perda da cobertura da copa da floresta, como o corte seletivo de madeira, o fogo superficial, os efeitos de borda, a mineração em pequena escala e a sobre-caça (Laurance 1998; Cochrane et al.1999; Alves et. al, 2001). Apesar das restrições os dados de desmatamento do INPE são considerados cientificamente sólidos e possui uma extensa base de dados (desde 1984), constituindo assim, a fonte mais completa de dados sobre a evolução anual do desflorestamento para toda a Amazônia Legal, disponível.

Os mapas digitais de desflorestamento gerados pelo PRODES para cada ano, obedecem ao recorte das cenas do satélite Landsat TM, cuja resolução espacial original

é de 30 x 30 metros. Posteriormente estas cenas são reunidas em um mosaico e convertidas para a resolução espacial de 120 x 120 metros, que são comparadas em anos consecutivos para a detecção e o mapeamento de novas áreas desflorestadas. A estimativa de extensão desflorestada por município baseia-se no cálculo do desflorestamento acumulado e observado até o ano selecionado dentro dos limites administrativos dos municípios que fazem parte da Amazônia Legal. Além da classe com a extensão desflorestada, as áreas de outras classes de cobertura da terra e nuvens, foram calculadas para cada ano de análise como: floresta, nuvem, não floresta, hidrografia e área não observada. A classe “área não observada” se refere às áreas cujas cenas Landsat TM foram descartadas pelo PRODES em um determinado ano, devido ao excesso de nuvens (aprox. 75% da cena coberta de nuvens sobre área de floresta) ou à baixa qualidade radiométrica (INPE, 2005).

II. 2.2 - ANÁLISE DOS DADOS

Os dados sobre o desmatamento nos municípios foram divididos em faixas e plotados em mapas, pretendendo-se assim destacar os municípios com os maiores valores.

Para análise estatística, a falta dos dados de desmatamento em 1999 inviabilizou a utilização dos dados de 2000, pois o site do PRODES apresenta dados acumulados sobre o desmatamento, assim para se obter os dados de apenas um ano, tem-se que subtrair do valor do ano anterior. Sendo assim, as análises finais continham apenas dados de 2001 até 2003. Além disso, para dar precisão aos testes, optou-se por descartar todos os municípios que apresentavam 25% ou mais na soma das classes “área não observada” e “Nuvem”.

Para determinar a relação de dependência entre as variáveis foi utilizado o teste de regressão por permutação ($\alpha=0,05$), através do programa *Randomization Testing* (RT) (Manly, 1997). Este tipo de regressão possui a vantagem de não exigir alguns pressupostos da regressão linear simples (estatística paramétrica), como normalidade e homocedasticidade, que seriam difíceis de ser obtidos com os dados disponíveis sobre o desmatamento. Além disso, é um teste mais robusto, fato importante já que não há 100% dos municípios amostrados, cuja significância estatística é calculada por intermédio do método de Monte Carlo.

No modelo utilizado, o índice parasitário anual (IPA) foi considerado como variável dependente (Y) e a área desmatada (Km²) como variável independente (X).

II.3 - RESULTADOS

Ao contrário da malária (IPA), as taxas de desmatamento vêm aumentando no Pará nos últimos anos (Figura 2.1), principalmente na parte do Estado que pertence ao chamado arco do desmatamento. Entretanto, uma análise completa da distribuição desmatamento foi prejudicada pela falta de dados (municípios não amostrados pelos PRODES ou excluídos do estudo por ter mais de 25% de área não amostrada) principalmente na Ilha de Marajó e no Nordeste do Estado.

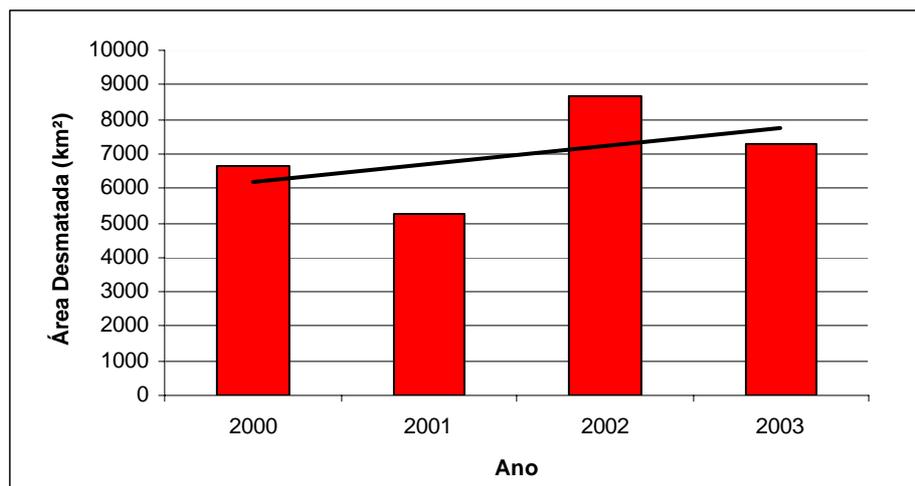


Figura 2.1 – Total de área desmatada no Pará entre 2000-2003.

No ano de 2001, exceto pelo município de Monte Alegre (noroeste), a maior parte do desmatamento parece está concentrado no sul do Pará. Os municípios de São Félix do Xingu e Novo Repartimento encontram-se na última faixa com as maiores áreas desmatadas (Figura 2.2). Em 2002, a taxa do desmatamento no Estado foi bem maior que em 2001. Além do sul do Pará, temos agora alguns municípios do leste aparecendo com altas taxas, continuando o destaque para São Felix do Xingu, seguido agora por Rondon do Pará (Figura 2.3). Em 2003, infelizmente, há um grande número de municípios sem amostragem consistente, as maiores áreas desmatadas aparecem nos municípios de Altamira, São Felix do Xingu, Novo Progresso e Vitória do Xingu (Figura 2.4).

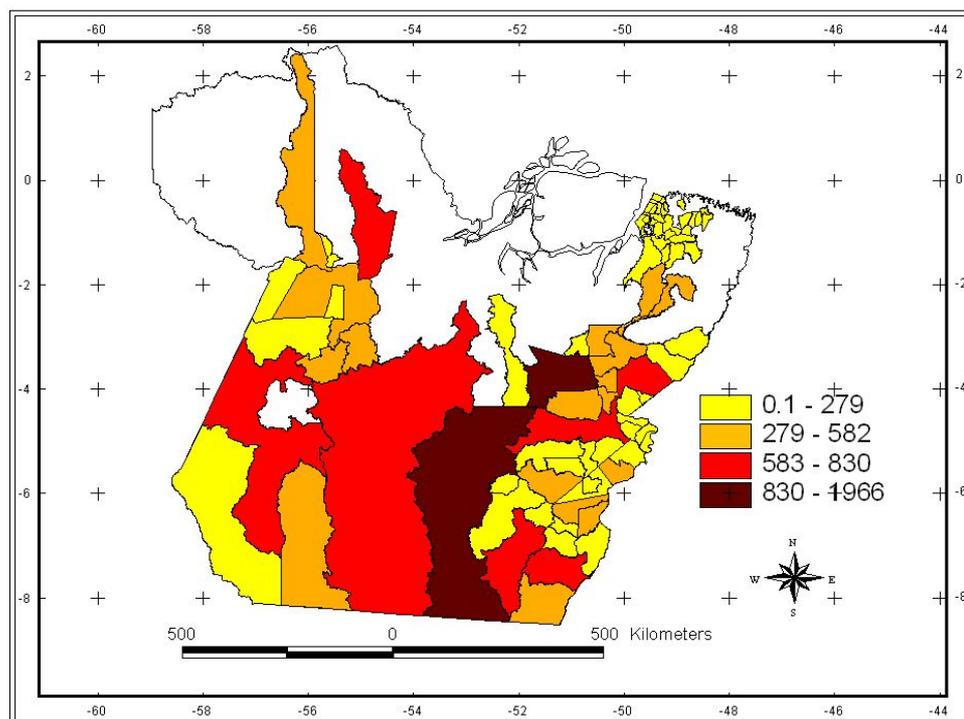


Figura 2.2 – Distribuição municipal do Desmatamento (km²) no Pará em 2001

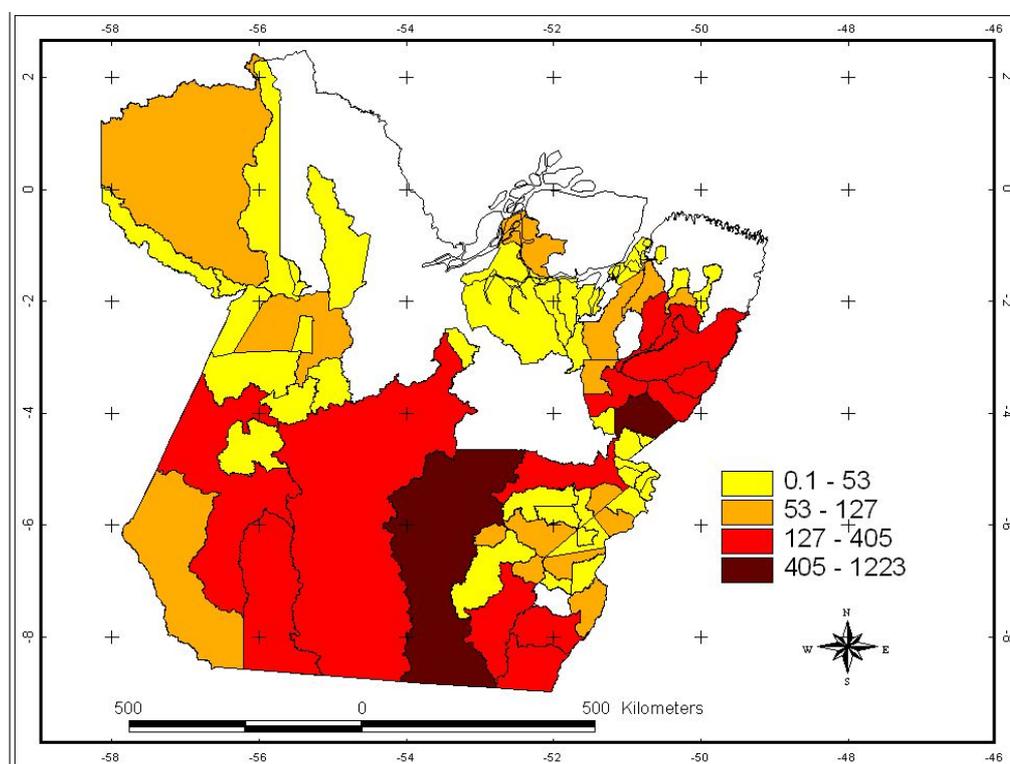


Figura 2.3 – Distribuição do municipal do Desmatamento (km²) no Pará em 2002

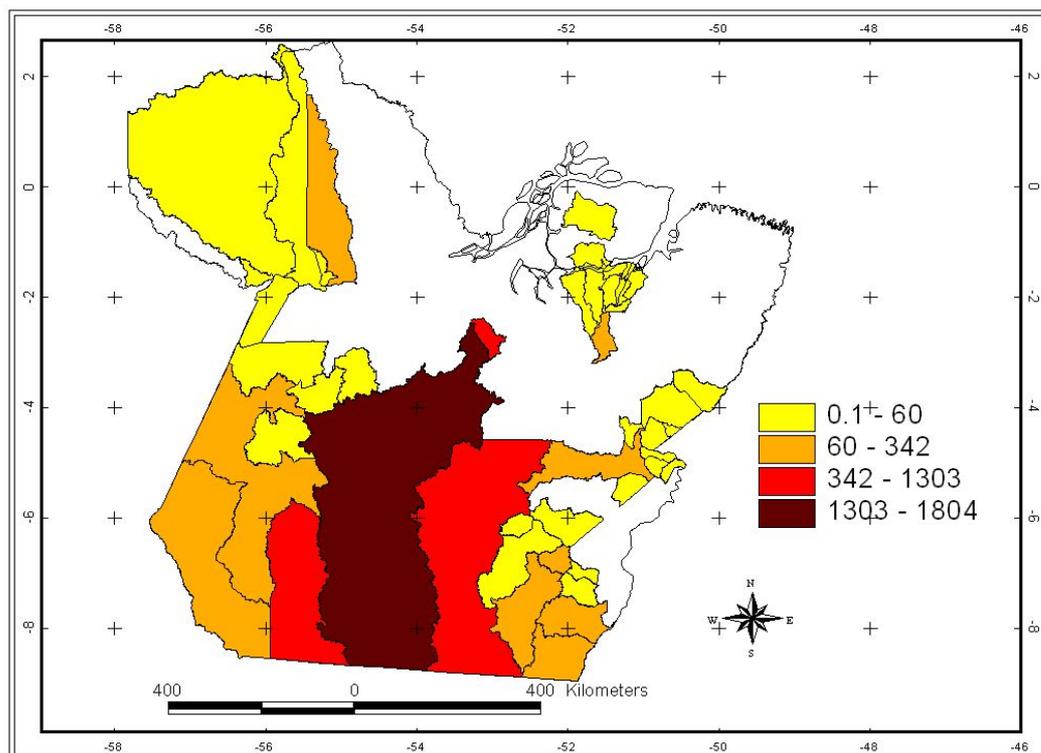


Figura 2.4 – Distribuição municipal do Desmatamento (km²) no Pará em 2003

Apesar da ausência de dados para alguns municípios, os resultados das regressões por permutação mostraram que a área desmatada tem um efeito significativo no IPA em dois (2001 e 2002) dos três anos estudados (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Resultados da Análise de Regressão linear

| ANO | Y | X | N | b | P |
|------|-----|----------------------|----|------|-------------|
| 2001 | IPA | ÁREA_Km ² | 77 | 0.39 | 0.03 |
| 2002 | IPA | ÁREA_Km ² | 70 | 0.48 | 0.04 |
| 2003 | IPA | ÁREA_Km ² | 44 | 0.17 | 0.41 |

II.4 – DISCUSSÃO

Em muitos casos as doenças transmitidas por vetores, como a malária, estão relacionadas à presença de florestas. A destruição destas florestas pode levar a destruição do patógeno e vetores relacionados a certas doenças ou pode forçar a adaptação destes animais a outros ambientes que não necessariamente a floresta. Graças a estudos e disponibilidade de dados sobre desmatamento na Amazônia, promovidos principalmente pelo INPE, se pode analisar de forma temporal a relação entre a taxa de desmatamento e a prevalência da malária, variáveis tão presentes no Estado do Pará.

No período de 2001 a 2003 verificou-se um aumento nas taxas de desmatamento no Pará, este desmatamento concentrou-se principalmente no leste e no sul do Estado. No caso de São Félix do Xingu, os agentes dos desmatamentos são principalmente os grandes pecuaristas. Dada a proximidade com cidades mais ao do Sul do Pará (Xinguara e Redenção) e, assim, com os frigoríficos destas cidades, bem como a extensa rede de estradas, construídas e mantidas por combinações de pecuaristas, madeireiros e a própria prefeitura (Margulis, 2003). Outro fator que contribui para o padrão de distribuição do desmatamento no Pará foi o aumento desta atividade em terras indígenas, principalmente Parakanã e Catete. Esta área constitui o novo corredor do desmatamento no Pará e se estende de Novo Repartimento até Tucumã e São Félix do Xingu. A maior parte deste desmatamento provavelmente é feito por agricultores pequenos (Fearnside, 2004).

Na série histórica, apesar da linha de tendência do desmatamento (crescente) ser contrária ao da prevalência da malária (decrecente), a área desmatada nos anos de 2001 e 2002 foi significativamente relacionada à prevalência da doença, indicando haver um efeito do desmatamento. O ano de 2003, não apresentou resultados significativos, no

entanto é bem provável que o número reduzido de dados de desmatamento ou a redução acentuada do IPA (devido aos investimentos do PIACM) tenha prejudicado a estatística final. Além disso, restrições na metodologia do PRODES (que detecta apenas derrubadas maiores que 6,25 ha, admitindo-se a omissão de áreas menores, como os projetos de agricultura familiar e extração seletiva de madeira) também podem influenciar os resultados.

Outro aspecto importante a ser considerado é citado por Confalonieri (2003):

“O desmatamento muda, de alguma maneira, a dinâmica das doenças tropicais. No entanto, é importante saber como foi feito o desmatamento, qual a quantidade de pessoas envolvidas e quais instrumentos usados, para se ter uma idéia do que vai acontecer”.

Para este autor não existe uma regra geral na relação desmatamento e doenças focais, o que vai acontecer depende da dinâmica do processo de desmatamento. Por fim, apesar da sustentabilidade estatística parcial (em dois dos três anos de estudo) sobre a hipótese inicial de que o desmatamento influenciaria a distribuição da malária, sugere-se sim, uma maior atenção dos grupos de vigilância em saúde nos municípios em que ocorrem desmatamentos freqüentes. Entende-se que estudos em escalas maiores e com uma perda menor no número de dados podem contribuir ainda mais no conhecimento destes dois grandes problemas no Pará, desmatamento e malária.

CAPÍTULO III

MALÁRIA E SUA RELAÇÃO COM FATORES SOCIOAMBIENTAIS

III.1 - INTRODUÇÃO

O surgimento de uma determinada doença não está relacionado apenas à presença do seu agente etiológico. É necessária a presença de vários fatores dentre os quais se destacam os socioeconômicos, os genéticos e os ambientais. Fatores estes que se estruturarão de formas diferentes para o surgimento de doenças diferentes, caracterizando uma realidade multifatorial de cada doença. Assim, o aparecimento de uma doença está vinculado ao surgimento de um desequilíbrio que possui origem em uma constante variação das relações existentes entre os seres vivos e o ambiente que os cercam (Rouquayrol & Almeida Filho, 1999).

Na Amazônia, segundo Gurgel (2003), a malária se destaca como uma das principais enfermidades transmissíveis de ocorrência endêmico-epidêmica. Os processos infecciosos ocasionados pela malária têm ciclos complexos de perpetuação e disseminação. Para uma adequada organização das atividades de controle da malária na região, devem ser considerados todos os elementos que caracterizam as paisagens da doença. Só com uma compreensão das especificidades ambientais e sociais de cada paisagem podem ser adaptadas estratégias específicas de atuação (Confalonieri, 2005).

Embora haja um grande número de estudos sobre a malária realizados na Amazônia, a maioria deles enfoca apenas a ecologia do vetor e em uma escala local. Estes estudos contribuem enormemente para esclarecer o ciclo da doença, mas não ajudam muito a definir as estratégias de combate à endemia, uma vez que a alocação de

verbas, por exemplo, é feita por municípios. Nesta escala espacial mais ampla, os principais estudos realizados incluem a análise de um ou poucos fatores, sendo a pluviosidade o mais estudado (Dias, 2003; Nobre et. al, 2005). O objetivo deste capítulo é analisar simultaneamente o efeito de diversas variáveis ambientais e socioeconômicas sobre a distribuição espacial da malária no Pará, em escala municipal. Espera-se que os resultados contribuam para um melhor direcionamento das estratégias de combate à doença. Antes da análise dos dados propriamente, é feita uma revisão dos fatores que contribuem para a incidência de malária, de forma a contribuir para a compreensão das variáveis selecionadas para o estudo.

III. 1.1 – MALÁRIA E FATORES AMBIENTAIS

A malária é regida por um número grande de fatores ambientais que afetam a distribuição, intensidade de transmissão, variação em pequena escala e sazonalidade. Fatores diferentes causam efeito a escalas diferentes de espaço - algumas à escala continental e outros a uma escala muito pequena, como entre aldeias (MARA/ARMA, 1998).

Onori & Grab (1980), classificam os fatores capazes de precipitar a ocorrência de surtos epidêmicos de malária em tipo indireto e direto. Entre os diretos estão os fatores entomológicos (densidade do vetor em relação ao homem, taxa de sobrevivência diária do vetor, frequência de picadas no homem, duração do ciclo esporogônico e a proporção de anofelinos com esporozoítas que são infectantes); os fatores parasitológicos (taxa parasitária e a proporção de parasitas inoculados com gametócitos) e os fatores imunológicos do homem. Entre os fatores indiretos estão incluídos os fatores meteorológicos (precipitação, a temperatura e a U.R. que são capazes de atuar sobre os "fatores entomológicos diretos", quer seja pela formação de criadouros, ou pelo

aumento da sobrevivência e encurtamento do ciclo dos mosquitos adultos, bem como sobre os fatores parasitológicos), os fatores ambientais (aumento do anofelismo devido a atividades humanas como construção de estradas; mudanças nos hábitos de alimentação do mosquito de zoofílicos para antropofílicos quando se vêem privados de sua fonte natural de alimentação; migração de pessoas não imunes como o fluxo migratório de garimpeiros, dos projetos de colonização agrícola e construções de estradas).

Existem vários trabalhos no mundo que utilizam técnicas de análise espacial para estudar a relação da malária com fatores ambientais. Na África o projeto MARA/ARMA (Mapping Malaria Risk in África) de 1998 utiliza técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para correlacionar a malária com fatores ambientais. Estes estudos utilizam dados de incidência de malária (coletados em diversos pontos no continente) além de informações entomológicas e parasitárias para compreender a distribuição temporal e espacial da malária na África. Os fatores ambientais testados dependem da escala de cada estudo do projeto (continental, subcontinental e regional).

Em Belize, América Central, Hakre et. al (2004) fazem uso do SIG para correlacionar a incidência de malária com dados de vegetação e topografia. Para este estudo os autores analisam uma área de influência de 2 km (*buffers*) ao redor das cidades.

Na América do Sul, Delgado et. al (2001) utilizam sensores remotos para estudar a relação entre precipitação e a temperatura sobre a incidência da malária no estado de Sucre na Venezuela.

Para Craig et al. (1999), que utilizam sensoriamento remoto para estudar a malária na África, um dos fatores principais na transmissão da malária é temperatura,

pois afeta o ciclo de transmissão de muitos modos diferentes, mas os efeitos na duração dos ciclos de esporogônicos do parasita e a sobrevivência do vetor são particularmente importantes. O desenvolvimento do parasita cessa a 16°C, mas transmissão debaixo de 18°C é improvável porque poucos mosquitos adultos sobrevivem os 56 dias requeridos para o completar o ciclo nesta temperatura. A 22°C o ciclo no mosquito é completado em menos de três semanas e a sobrevivência do vetor é bastante grande (15%). Assim temperaturas abaixo de 18°C foram consideradas inadequadas, e superiores a 22°C satisfatória, para transmissão estável. O limite superior de temperatura é determinado pela sobrevivência do vetor, pois se verifica que, para temperaturas superiores a 32°C existe um aumento significativo da taxa de mortalidade bem como o enfraquecimento da população, ocorrendo mortalidade térmica à temperatura de 40°C.

Para Small et al (2003), a temperatura influencia intervalos alimentação, densidade de população, e longevidade de mosquito de anofelinos e também o potencial reprodutivo do parasita *Plasmodium*. Mas a transmissão da malária é uma interação complexa de muitos fatores, não só incluindo comportamento do vetor e densidades de parasitas, mas também mudança no uso da terra, medidas de controle na saúde pública, migração humana e resistência de droga. Lieshout et. al (2004) que relaciona mudança climática, prevalência da malária e cenários socioeconômicos mundial, concluiu que o aquecimento global causaria impactos no número de casos na África e na Ásia. Lopes et. al (2004) usando técnicas de sensoriamento remoto, também prevêem possíveis zonas de risco para malária em Portugal no caso de uma mudança climática,.

A relação entre chuva e abundância de mosquitos vetores é complexa e deve ser estudada em regiões onde temperatura não é um fator limitante (Craig et. al, 1999), como na Amazônia. A chuva provê ao mosquito criadouros e umidade que aumentam suas taxas de sobrevivência. Infelizmente a relação não é direta: uma quantidade

específica de chuva não conduz a uma densidade de mosquito específica. Examinando padrões de chuva em áreas endêmicas de malária e em áreas livres da doença, concluiu-se que uma média de 80 mm por mês, durante pelo menos três a cinco meses, era uma exigência razoável para transmissão da malária (MARA/ARMA, 1998).

Rozendaal (1992) estudou a incidência da malária por *P. falciparum* no Suriname, e observou que um mínimo de intensidade de precipitação de 250mm/mês, no período dezembro–janeiro, era necessário para a formação de criadouros de *An. Darlingi*.

Dias (2003) estudou a relação entre precipitação e malária no estado de Roraima. Neste trabalho utilizou-se a análise de variância entre as variáveis, índice parasitário anual e mensal (IPA e IPM); e dados de precipitação obtidos através da técnica de *krigagem*. A autora concluiu que uma defasagem de dois meses é ideal para observar possíveis períodos de transmissão associados à precipitação. No entanto, enfatiza que a precipitação não é o único fator determinante do adoecer por malária em Roraima. Nobre et. al (2005) elaboram, através de inferência Bayesiana, um modelo espaço-temporal para estudar a influência da precipitação sobre a malária no Pará. Segundo as autoras o risco relativo da malária em relação à chuva, varia ao longo dos meses. Além disso, há indicações de que a chuva deve entrar no modelo com defasagem.

Historicamente, áreas elevadas (>1500m) eram consideradas zonas livres de malária (Lindblade et. al, 2000), no entanto, este quadro mudou e a partir dos anos 90 alguns trabalhos tem relacionado a incidência de malária com a altitude (Lindsay & Martens, 1998; Bodker et. al, 2003; Balls et. al, 2004). Brown (1998) apud Sattenspiel (2000) afirma que grande parte da distribuição espacial da malária na ilha de Sardenha (Itália) pode ser explicada pela variável altitude. No Brasil Bitencourt & Mucci (1999) utilizam o sensoriamento remoto para identificar áreas com potencial de se tornarem

criadouros, devido à altitude, em uma área de influência do lago da hidrelétrica de Primavera.

III.1.2 – MALÁRIA E FATORES SOCIOECONÔMICOS

A relação entre desenvolvimento econômico e malária é uma mão dupla. O baixo desenvolvimento econômico é um efeito da malária, assim como, uma causa. Há muitos canais pelos quais a malária impede desenvolvimento, incluindo efeitos em fertilidade, crescimento da população, economia e investimento, produtividade do trabalhador, mortalidade prematura e custos médicos (Sachs & Malaney 2002).

Segundo Worrall et al. (2003) a malária, frequentemente, é chamada de “doença do pobre” ou uma doença da pobreza. E até mesmo um exame superficial da distribuição global de malária é suficiente para aceitar esta denominação, em uma escala macro, dado a concentração da malária nos países mais pobres do mundo. Porém, em uma escala micro, a evidência é menos consistente e mais difícil de analisar e compreender. Para estes autores “a vulnerabilidade de uma população (para malária) está mais relacionada com a injustiça no acesso à prevenção e tratamento do que com fatores ambientais característicos”. No Brasil este fato pode ser observado na região amazônica, onde as medidas tradicionais de controle da malária adotadas pelo Governo Federal, não alcançaram os mesmos resultados observados em áreas de alta densidade populacional e elevados indicadores de desenvolvimento social e econômico, tal como ocorreu no Sudeste e Sul do país (Tadei et al, 1993).

Segundo Sachs & Malaney (2002) onde a malária prospera mais, a sociedade humana prospera menos. Para estes autores a distribuição global do produto doméstico bruto per-capita (GDP), poder aquisitivo, em 1995 mostrou uma surpreendente correlação entre malária e pobreza. A significância desta correlação

sugere que malária e pobreza estão intimamente relacionadas. Na realidade, uma comparação de renda em países endêmicos de malária e países livres da doença indica que a média do GDP per-capita em países com malária, em 1995, era US\$ 1,526 enquanto que em países sem malária era de US\$ 8,268 – mais de um quinto de diferença. Países endêmicos de malária não são apenas mais pobres que os países não endêmicos, mas eles também têm taxas mais baixas de crescimento econômico. Entre 1965 e 1990, países onde uma grande proporção da população viveu em regiões com *Plasmodium falciparum* (malária grave) experimentaram um crescimento médio de GDP per-capita de 0.4% por ano, considerando que crescimento médio comum em outros países foi de 2.3% por ano.

No Brasil, Castilla & Sawyer (1993) estudam a relação da malária com fatores socioeconômicos em uma escala local, o assentamento Machadinho em Rondônia. Os pesquisadores usam vários modelos de estatística multivariada utilizando como variáveis a prevalência da malária (o número de casos brutos é obtido através de entrevista com moradores) e fatores como: tipo de material com que são construídas as casas, tipo de atividade econômica (serviço rural ou urbano), anos de estudo e poder de compra. E concluem que as condições de moradia e o conhecimento sobre a transmissão da malária podem determinar o risco de adoecer.

Apesar de este assunto ser tratado por vários autores, para Lieshout et al. (2004), uma correlação quantitativa entre desenvolvimento socioeconômico e incidência de malária, ainda não foi testada seriamente, por várias razões: (a) Nenhum indicador satisfatório está disponível para executar uma análise estatística global sobre desenvolvimento socioeconômico (os autores não concordam com o uso do GDP per-capita, amplamente usado); (b) Desenvolvimento econômico pode aumentar transmissão temporariamente (isto foi observado em relação a desmatamento,

movimento de população, projetos de desenvolvimento de água); (c) Muitos programas de controle dependem de cooperação externa e doação de fundos.

Outro problema, frequentemente encontrado, refere-se ao método. Alguns estudos usam categorias arbitrárias como baixo, médio e alto sem descrever como elas são desenvolvidas. Além disso, às vezes é difícil interpretar a gama de pobreza, por exemplo, de “pobre” para “menos pobre” (Worral et al., 2003).

III. 2 - METODOLOGIA

III.2.1 - FONTE DE DADOS

Como já foi relatado, uma série de fatores ambientais podem influenciar a prevalência da malária, no entanto, baseado na pesquisa bibliográfica, na escala do estudo e na disponibilidade de dados optou-se por trabalhar com as seguintes variáveis: temperatura mínima (TEMPMIN), variância da temperatura (VARTEMP), número de meses em que a temperatura pode chegar a 18°C (NM_TEMP), pluviosidade anual (PLUVTOTAL), variância da pluviosidade (VARPLUV), número de meses com menos de 100 mm de chuva (NM_CHUVA) e Altitude (ALT). Os dados de temperatura mínima e pluviosidade foram obtidos no site WorldClim (<http://www.worldclim.org>), que compila uma série temporal de 30 anos (1960-1990) de monitoramento climático. Os mapas estão na forma de Grid com dados globais com 1x1Km de resolução. Os dados de altitude também foram obtidos neste site, no entanto o WorldClim utiliza a base de dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Este sistema obtém dados mundiais de altitude com alta precisão, através de radares. Após obtenção das bases de dados mundial procederam-se operações em SIG para separar em um Grid apenas o Estado do Pará. Para isso, utilizou-se a extensão “clipgrid”, que funciona

associada ao Arc-View, e pode ser obtida na página da ESRI na Internet (www.esri.com).

Pressupondo-se que a maior parte das notificações é feita em áreas no entorno da sede, e para minimizar problemas de variação ambiental por um lado e autocorrelação espacial por outro, optou-se por derivar os dados ambientais em uma área de 30 km (*buffer*) ao redor das sedes municipais (Figura 3.1).

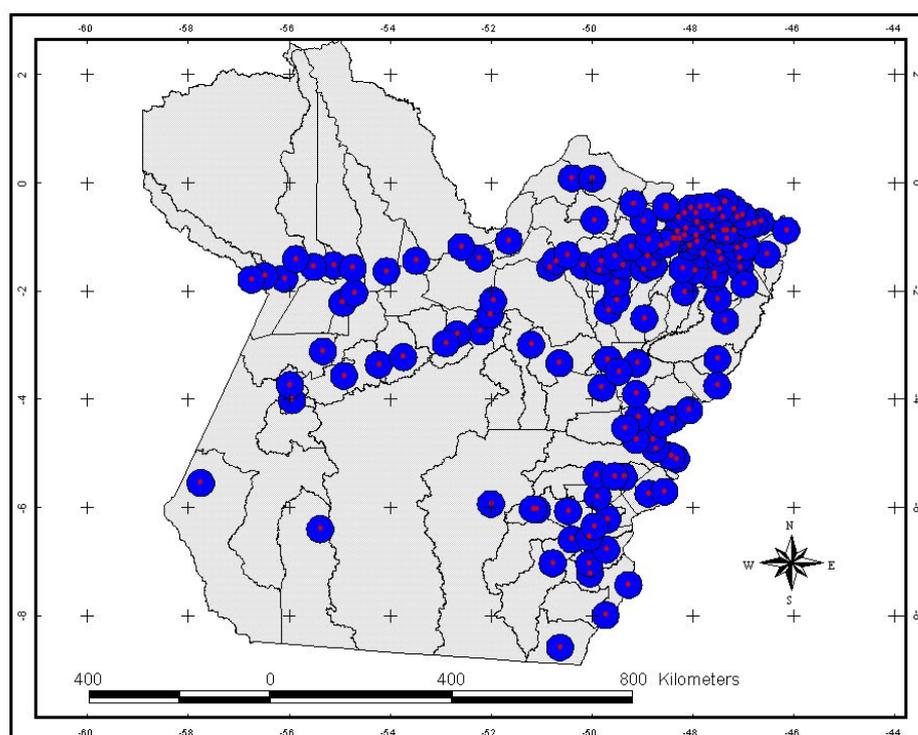


Figura 3.1 – Sedes municipais e a área de influência (*buffer* 30 km) utilizada para cálculo das variáveis ambientais

Com as variáveis socioeconômicas, utilizou-se como referência o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) publicados no “Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil – 2000” do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2000). Este índice, criado originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países, envolve o cálculo de três outros indicadores: a educação (alfabetização e taxa de matrícula), a longevidade (esperança de vida ao nascer) e a renda (PIB per capita). Como a composição do índice pode mascarar o efeito de cada componente

individual, optou-se, nas análises estatísticas, por testar cada um destes componentes separadamente.

Cada um dos componentes tem um valor que varia de 0 (nenhum desenvolvimento) a 1 (Desenvolvimento total), sendo o IDH de cada município o resultado da média aritmética simples entre estes dados $(IDH-E + IDH-L + IDH-R / 3)$.

Para a avaliação da dimensão **educação**, o cálculo do IDH municipal considera dois indicadores, com pesos diferentes: taxas de alfabetização de pessoas acima de 15 anos de idade (peso dois) e a taxa bruta de frequência à escola (peso um). Para a avaliação da dimensão **longevidade**, o IDH municipal considera a esperança de vida ao nascer, sendo este, portanto, um índice indireto da saúde local. Esse indicador mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida naquela localidade no ano de referência deve viver. Para avaliação da dimensão **renda**, o critério usado é a renda municipal per capita, ou seja, a renda média de cada residente no município. Para se chegar a esse valor soma-se a renda de todos os residentes e divide-se o resultado pelo número de pessoas que moram no município (inclusive crianças ou pessoas com renda igual a zero).

III. 2.2 - ANÁLISE DOS DADOS

Em primeiro lugar procedeu-se uma inspeção gráfica para testar a relação entre cada variável e a prevalência da malária. Posteriormente optou-se pelo teste de regressão múltipla (comum em estudos ecológicos) para testar a relação entre a malária (Y) e as variáveis socioambientais escolhidas (X). Uma análise de vários modelos de regressões múltiplas foi empregada para testar se a prevalência poderia ser explicada por algum subconjunto das variáveis selecionadas. A escolha do melhor modelo dependeu da análise do diagrama de dispersão, do valor do coeficiente de determinação

(R^2 quanto mais próximo de 1, mais ajustado encontra-se o modelo) e da análise dos resíduos (suposição de homocedasticidade verdadeira). Para minimizar as eventuais flutuações aleatórias dos dados, considerou-se a média do índice parasitário anual (IPA) durante os cinco anos de estudo (1999-2003) como variável dependente. Entretanto para atender a pressupostos estatístico da regressão linear múltipla os dados do IPA (média dos 5 anos) foram normalizados por transformação logarítmica de seus valores. Para as análises utilizou-se o programa SYSTAT 10 e adotado um nível de significância de 0,05.

III. 3 - RESULTADOS

III. 3.1 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS DADOS

A temperatura mínima no Pará tem um padrão de distribuição bem definido (Figura 3.2) apresentando valores maiores ao norte e as menores ao sudeste do estado. A variância da temperatura mínima, com algumas exceções no noroeste do estado, parece seguir o mesmo padrão, com menor variância ao norte e menor ao sul (Figura 3.3). Quando se analisou o número de meses em que a temperatura mínima pode chegar a 18°C (fator limitante para o vetor) nos *buffers*, verificou-se que apenas municípios do sudeste paraense possuíam valores diferentes de zero (Figura 3.4).

No mapa com dados de altitude, também foi encontrado um padrão similar ao da temperatura mínima, onde as terras mais baixas estão localizadas ao norte e as mais altas ao sul (Figura 3.5), indicando que estas variáveis estariam correlacionadas.

A pluviosidade total e a variância da pluviosidade não apresentam um padrão bem definido no espaço, aparentemente temos uma concentração de municípios com alta pluviosidade no litoral do estado (Figura 3.6 e 3.7). O mapa com dados do número

de meses com menos de 100 mm de chuva (meses secos), apresenta um padrão mais definido, estando os municípios com secas mais prolongadas situados na região leste do Estado, ou no entorno de Santarém, no chamado corredor seco (Figura 3.8). Percebeu-se que a maioria dos municípios possui de 4 a 5 meses com menos de 100mm de chuvas.

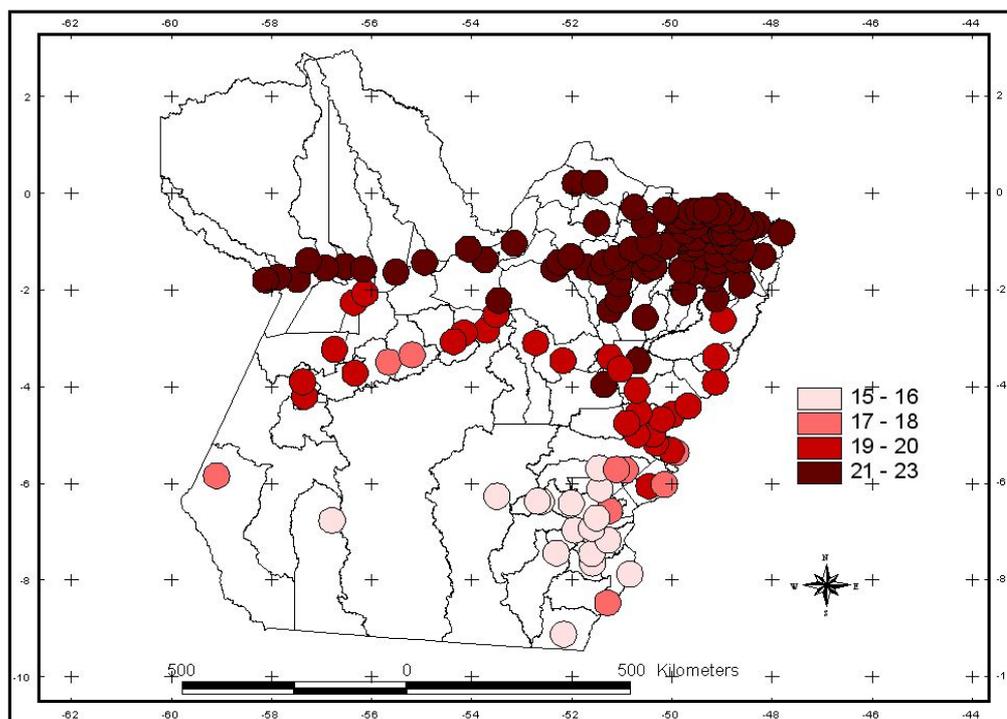


Figura 3.2 – Temperatura mínima (°C) nos municípios, representados por uma área de 30 km ao redor da sede.

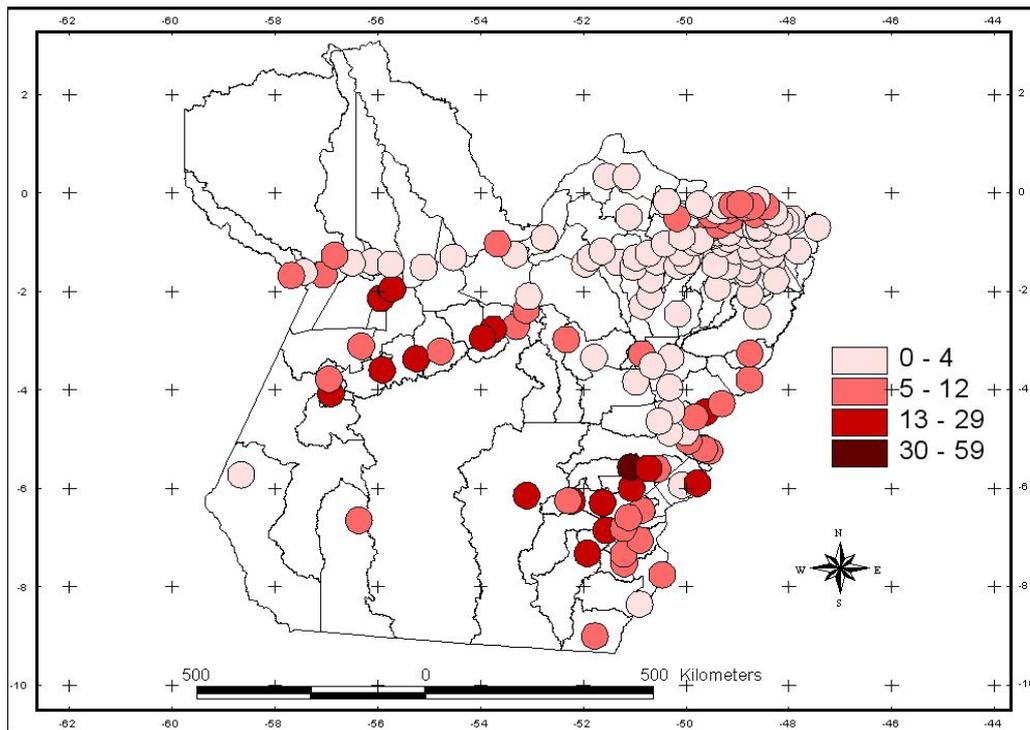


Figura 3.3 – Variância da Temperatura mínima nos municípios, representados por uma área de 30 Km ao redor da sede.

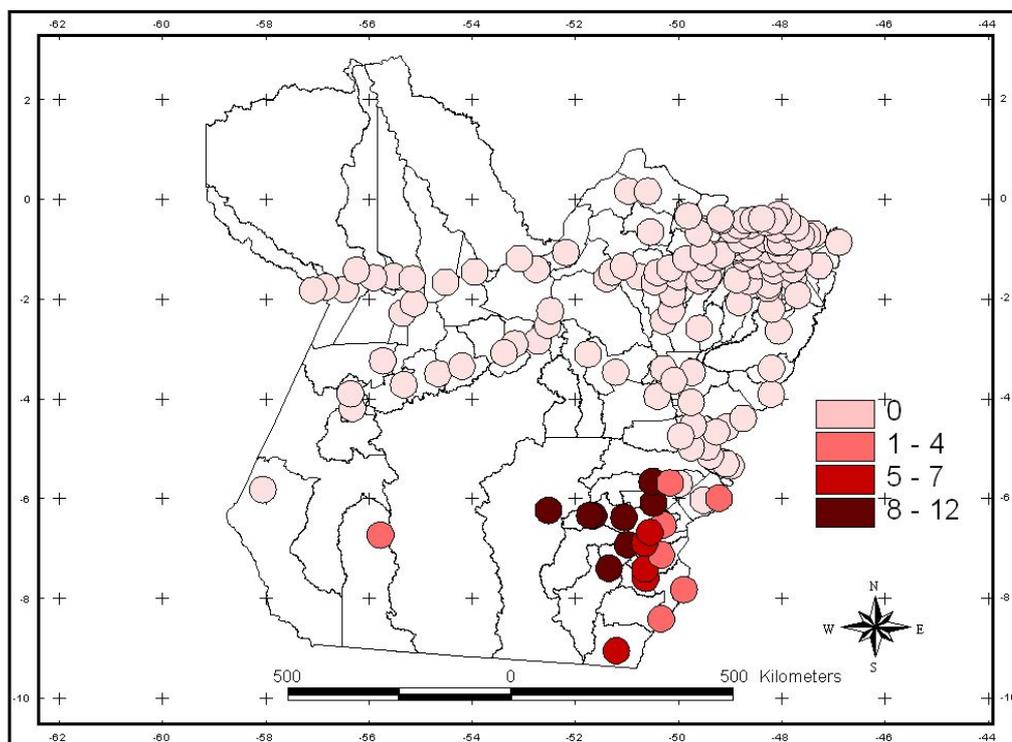


Figura 3.4 – Número de meses em que a temperatura pode chegar aos 18°C nos municípios, representados por uma área de 30km ao redor da sede.

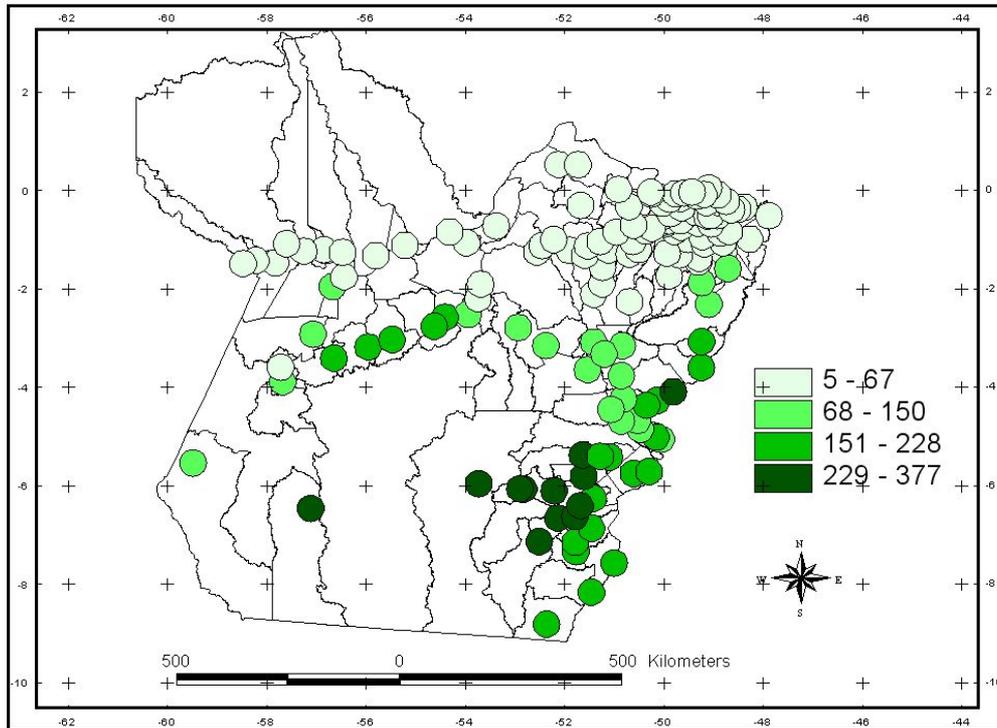


Figura 3.5 – Altitude nos municípios (metros), representada por uma área de 30km ao redor da sede.

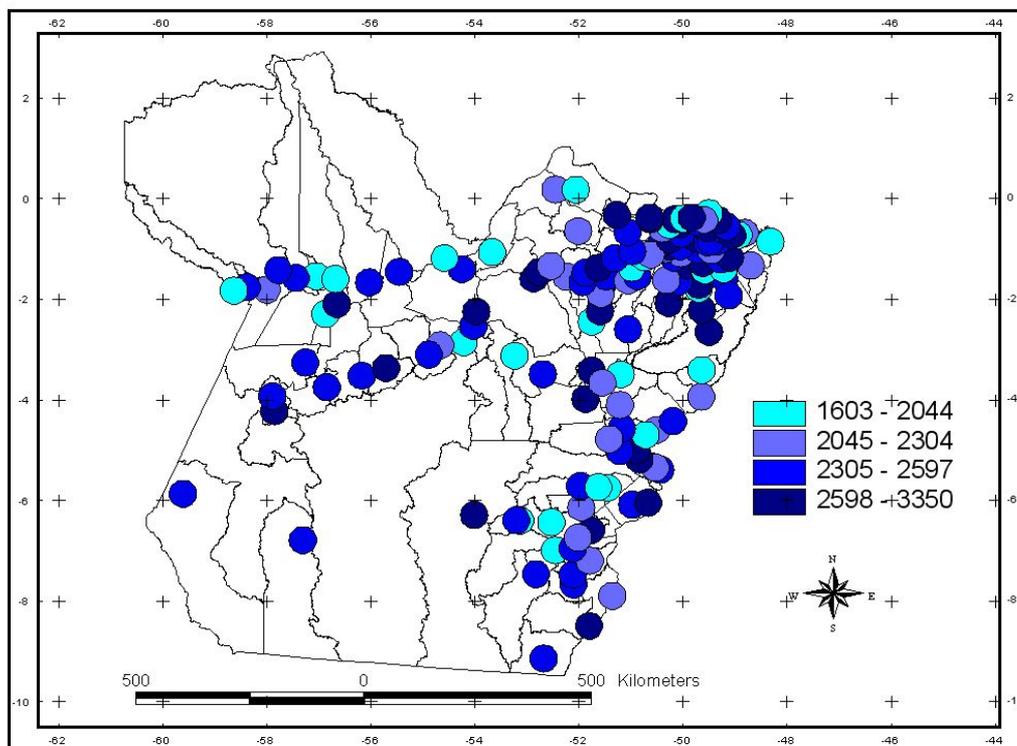


Figura 3.6 – Pluviosidade Total (mm) nos municípios, representada por uma área de 30 km ao redor da sede

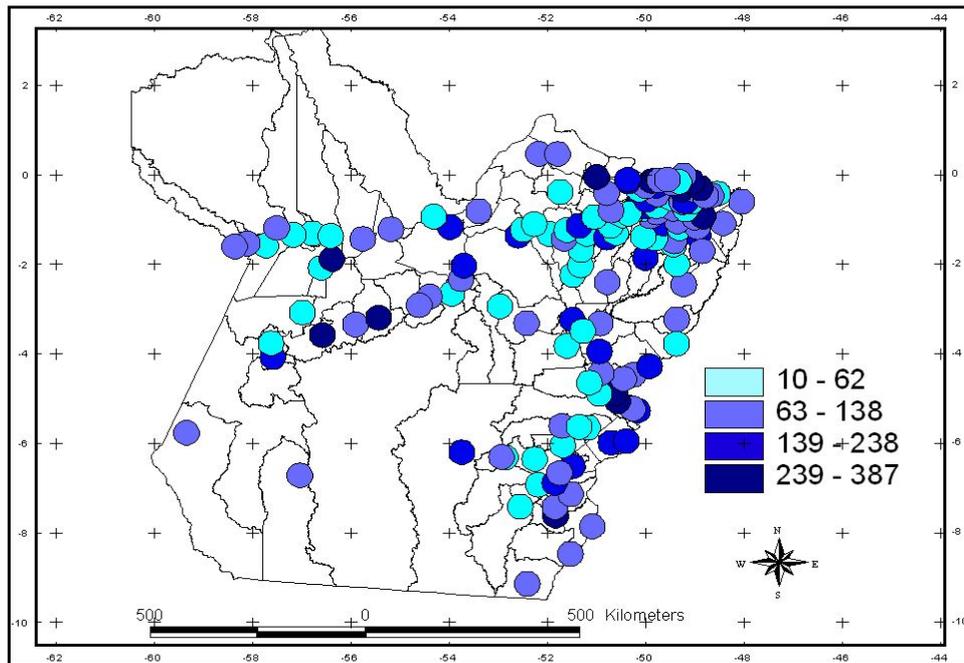


Figura 3.7 – Variância da pluviosidade nos municípios representada por uma área de 30 km ao redor da sede

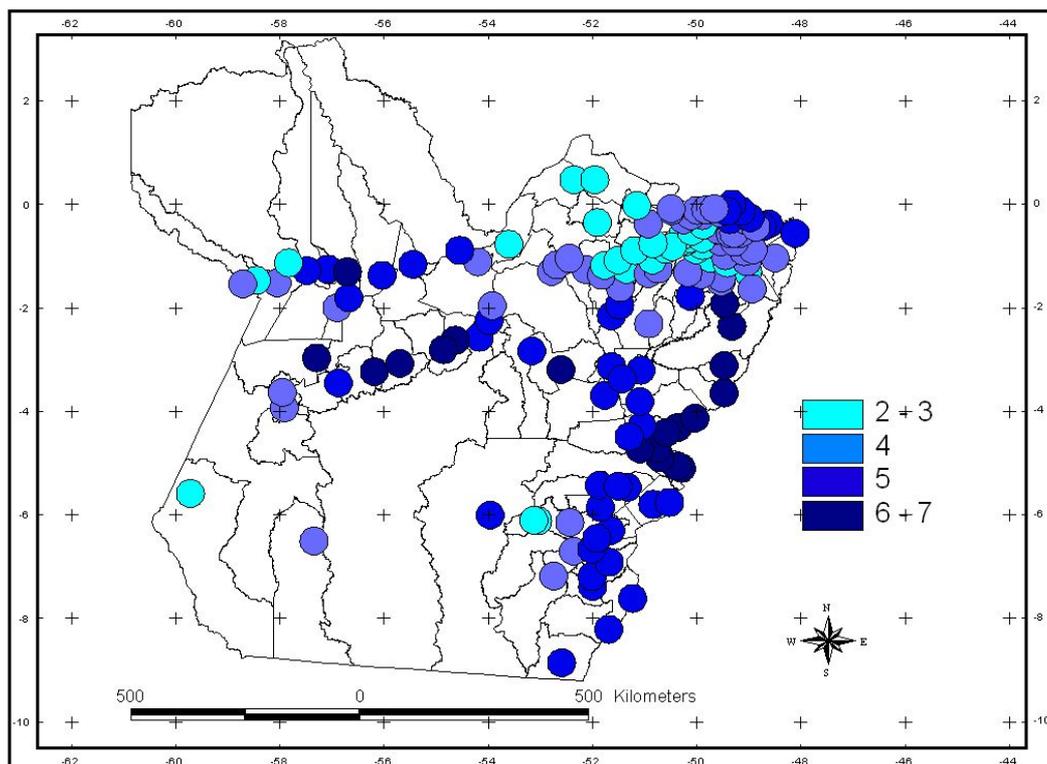


Figura 3.8 – Número de meses com menos de 100 mm de chuva nos municípios, representado por uma área de 30 km ao redor da sede

No índice da educação, notou-se um aglomerado de índices elevados em vários municípios próximos a capital, além disso, municípios que possuem projetos de mineração também aparecem com bons índices (Oriximiná, Marabá e Parauapebas), talvez pela infra-estrutura que acompanha esta atividade. Os índices mais baixos encontram-se na ilha de Marajó e municípios adjacentes (Figura 3.9).

No mapa de renda, o aglomerado de índices altos próximos a capital diminui, incluindo apenas (além de Belém) os municípios de Barcarena e Ananindeua. Neste índice destaca-se o leste e o sul do Pará, provavelmente, associado às atividades agropecuárias e mineradoras, comuns nesta região. Os índices mais baixos são verificados em parte do Marajó, no nordeste do Pará e em municípios próximos a fronteira com Estado do Amazonas (Figura 3.10).

No estudo da longevidade encontrou-se um padrão bem definido de distribuição. Existem municípios com bons índices próximos a capital e no oeste do Pará. Valores mais baixos são encontrados no nordeste do estado, em um pequeno aglomerado no sudeste (Novo Repartimento, Marabá e Itupiranga) e nos municípios de Faro e Juruti, que fazem fronteira o Amazonas (Figura 3.11).

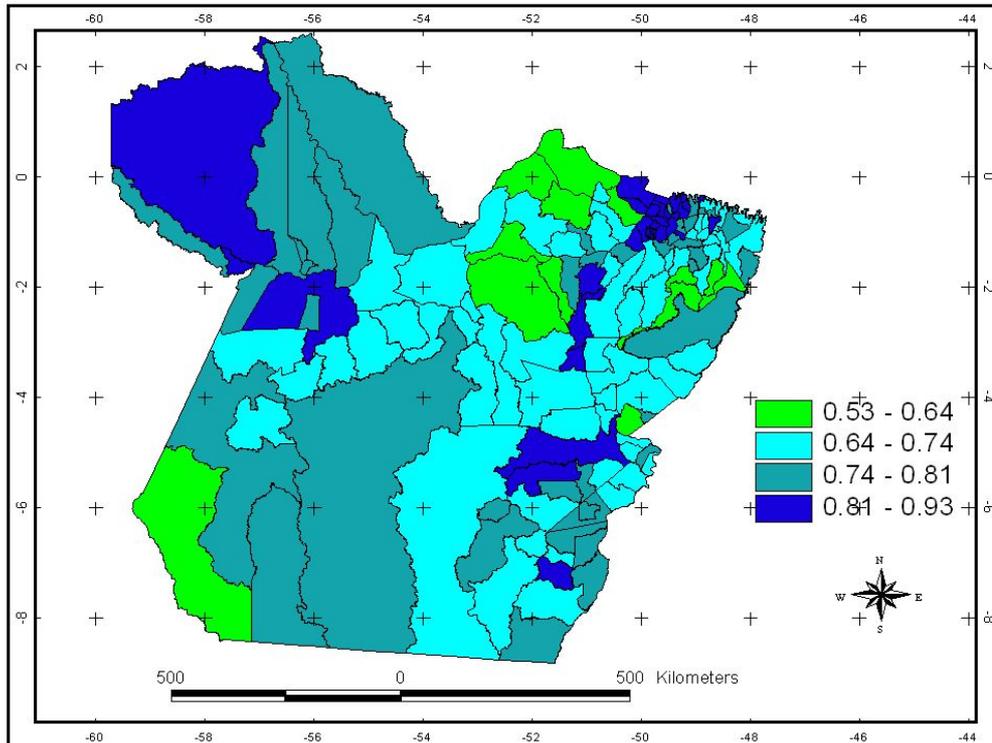


Figura 3.9 – Índice de educação por município no Pará segundo PNUD (2000).

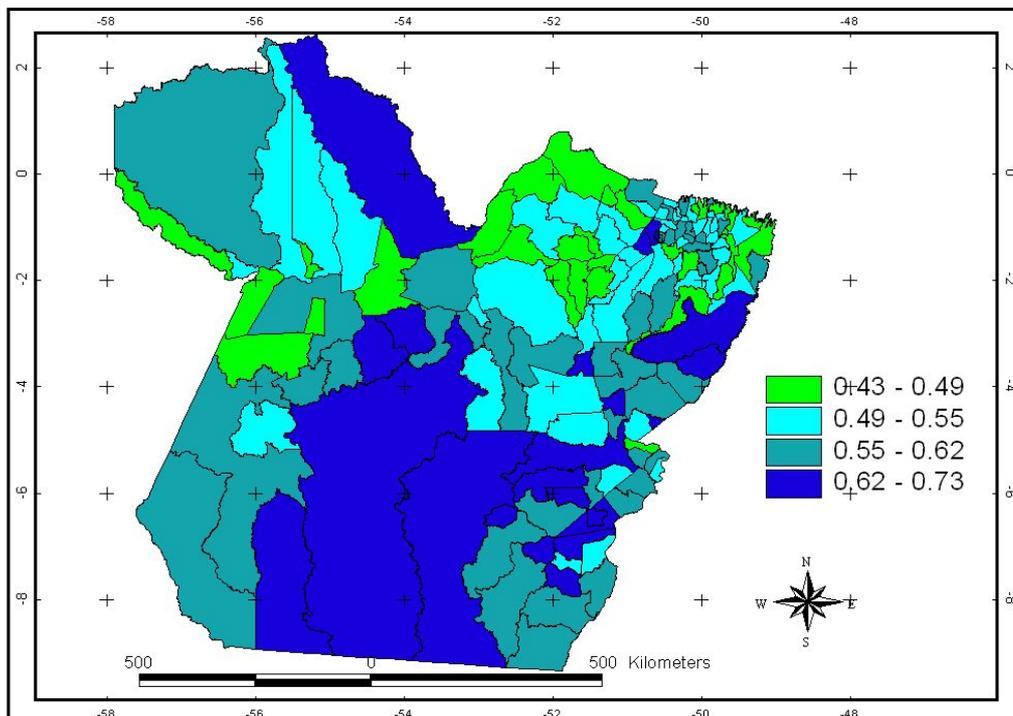


Figura 3.10 - Índice de renda, por município, no Pará segundo PNUD (2000).

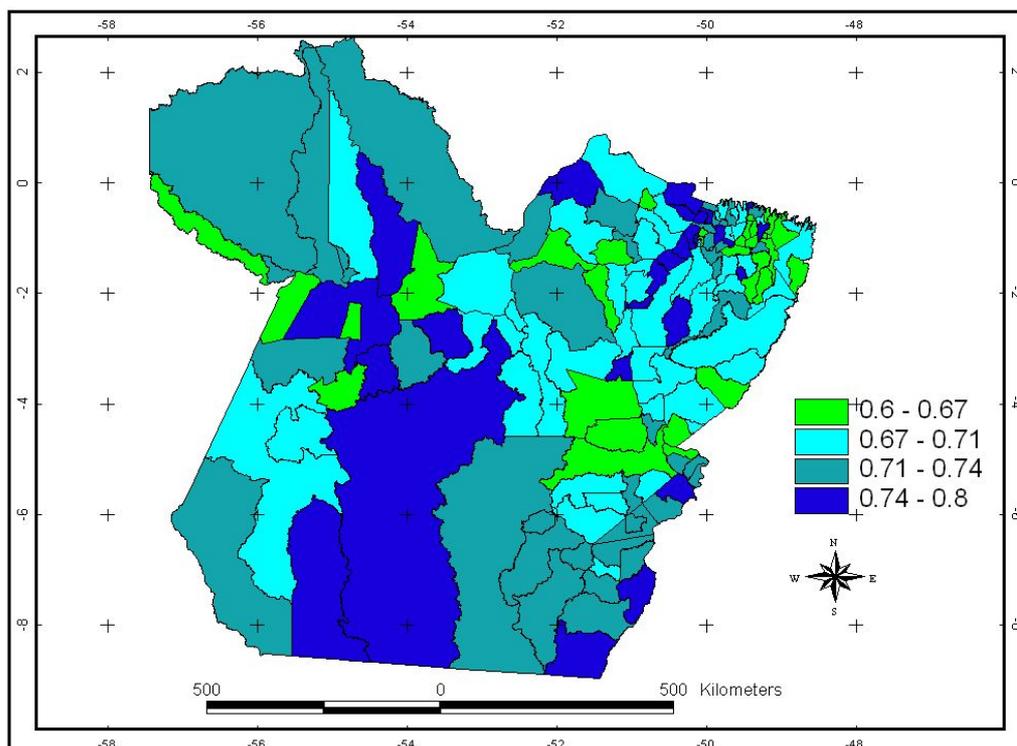


Figura 3.11 – Índice de longevidade, por município, no Pará segundo PNUD (2000).

III.3.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

O modelo final obtido, escolhido após várias simulações, contém as variáveis: altitude, pluviosidade total, variância da pluviosidade, número de meses com menos de 100 mm de chuva, índice de educação e renda. Consegue explicar 31% da variação do IPA, tem boa distribuição dos resíduos (Figura 3.12) e três variáveis significativas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Melhor modelo obtido através da Regressão Múltipla ($R^2=0.316$)

| Y (LOG) | X | b | p |
|---------|-----------|--------|--------------|
| LOG_IPA | ALT | -0.003 | 0.057 |
| LOG_IPA | NM_CHUVA | 0.43 | 0.001 |
| LOG_IPA | PLUVTOTAL | 0.001 | 0.091 |
| LOG_IPA | VAR_PLUV | -0.003 | 0.073 |
| LOG_IPA | INDEDUC | -10.8 | 0.000 |
| LOG_IPA | INDRENDA | 5.16 | 0.034 |

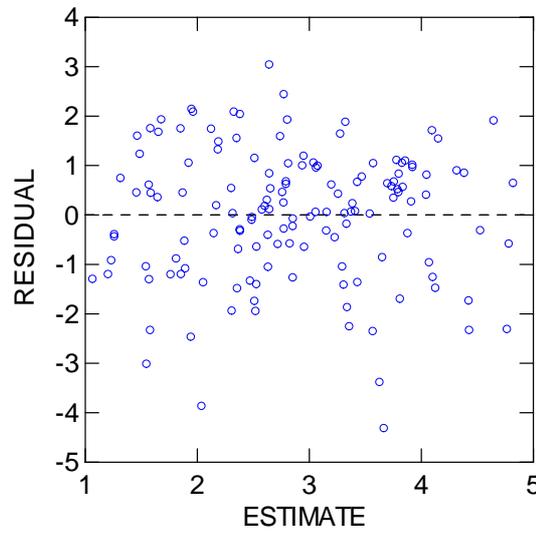
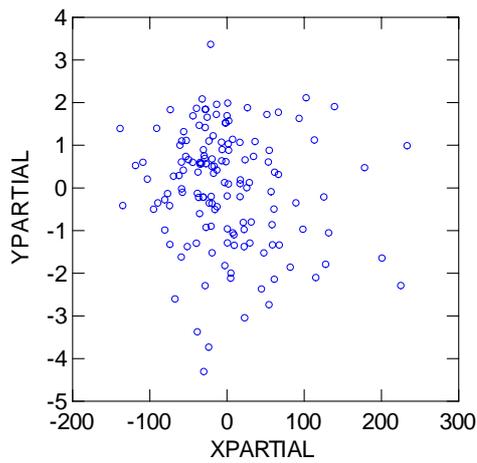
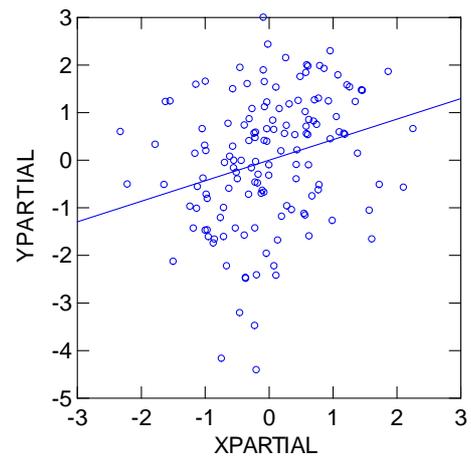


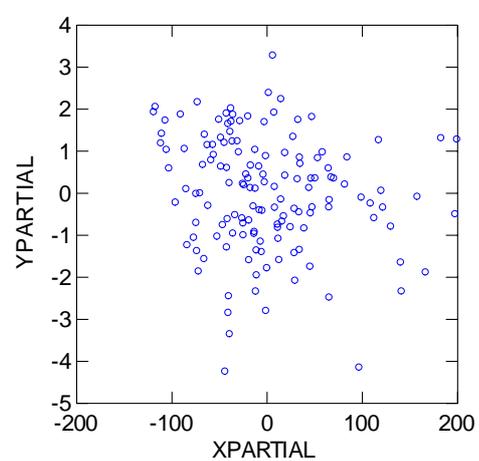
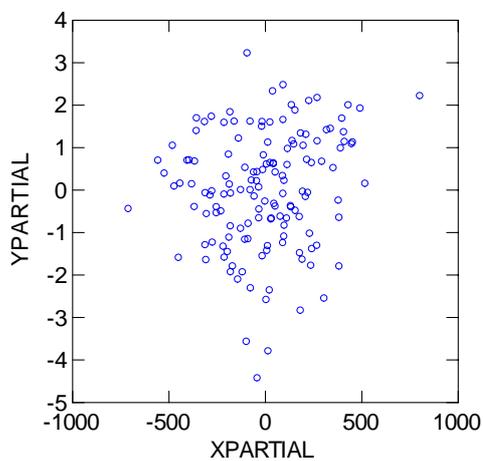
Figura 3.12 – Gráfico dos Resíduos da Regressão Múltipla



Altitude



NM_100Chuva



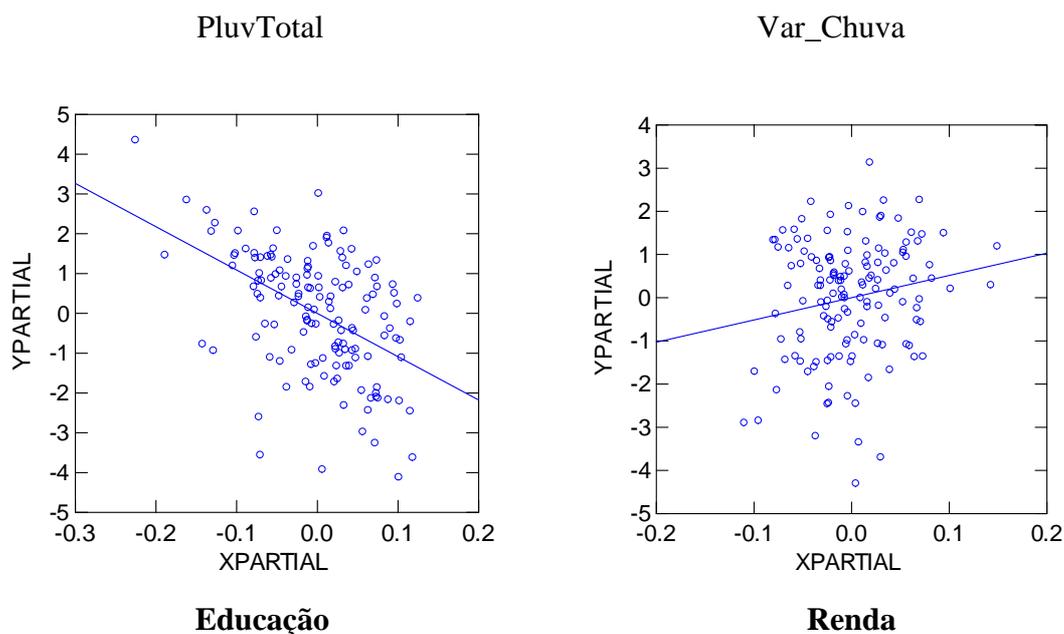


Figura 3.13 – Gráficos das parciais da Regressão Múltipla.

III.4 - DISCUSSÃO

O processo saúde-doença não está vinculado apenas à presença de um agente etiológico. Cada doença possui uma configuração de mínima probabilidade de risco que lhe é particular e para compreendê-la, portanto, não basta conhecer os seus mecanismos fisiológicos de atuação, é preciso saber quais são e como se relacionam os outros fatores determinantes do seu surgimento. O melhor modelo para o estudo da relação entre a malária e fatores socioambientais, acabou não incluindo as variáveis ligadas à temperatura. Um fato que não representa surpresa, pois embora tenham sido incluídas no modelo inicial, como fator limitante, era de se esperar sua fraca interação com dados do IPA, visto que na Amazônia as temperaturas são elevadas e com pouca variabilidade durante o ano (Quadro et. al, 2005). O índice de longevidade (expectativa de vida) também não foi incluído no modelo final, talvez pelo fato de que a malária, apesar da alta incidência, tenha uma baixa letalidade na maioria dos municípios (MS, 2005).

Analisando as variáveis significativas, tem-se o número de meses secos (com menos de 100 mm de chuva) com coeficiente de regressão positivo, o que não era esperado. Segundo Dias (2003) o melhor período para a proliferação dos mosquitos são o início e o fim da estação chuvosa quando se forma um grande número de poças estagnadas e temporárias. No pico tanto da estação chuvosa como da seca os níveis de umidade ambiental não são ideais para a proliferação do vetor. Para Tauil (2002) a diminuição da pluviosidade está relacionada à menor probabilidade de formação de criadouros de mosquitos anofelinos transmissores da doença. A diminuição do número dos criadouros leva a uma menor proliferação de mosquitos, contribuindo para reduzir a densidade de transmissores. A densidade de vetores da malária é uma variável que influencia diretamente na transmissão da doença.

Este resultado obtido pode estar representando tanto um efeito indireto do desmatamento como o da maior dinâmica socioeconômica nas áreas com sazonalidade mais marcada. Isso porque, uma análise na Figura 3.7 revela que a maioria dos municípios com mais de cinco meses secos, encontram-se em uma área conhecida como “arco do desmatamento”, cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre (Nepstad et al, 1999 e Ferreira et al., 2005). No mais, esta região mais seca do Pará tem tradição na atividade agropecuária e na mineração. Atividades, que na maioria das vezes, produzem um ambiente alterado com alta densidade de vetores e grande mobilidade populacional com baixa imunidade para malária. Assim, o uso da terra pode estar alterando o resultado climático.

Houve na escala do estudo uma forte relação entre o IPA e o índice de educação. Como este índice reúne dados de analfabetismo e frequência escolar, acredita-se que este resultado acaba refletindo no conhecimento da população sobre a malária (medidas

de prevenção e os fatores de risco), o que corrobora outros estudos. Castilla & Saywer (1993), em um estudo de escala local (Machadinho-RO), concluíram que um dos fatores de risco para malária é a falta de conhecimento sobre a doença. Em uma escala maior, Ndawala et al., (2000) apud Worrall et, al. (2003) afirma que nas zonas rurais de Malawi (África oriental), crianças cuja mãe tem baixa escolaridade têm mais chances de contrair doenças infecciosas (incluindo malária).

A dimensão da renda também teve um efeito significativo, no entanto, ao contrário da educação e do que se espera de uma variável (socioeconômica), seu coeficiente de regressão foi positivo. A hipótese é de este indicador possui algumas limitações, afinal ele é formado pela renda média da população. Segundo Carvalho (1997), em análises espaciais por áreas, em países com grandes contrastes sociais como o Brasil, é freqüente que estejam agregados em uma mesma região de coleta grupos sociais distintos (favelas e áreas nobres). Assim, o indicador calculado representa uma média entre estratos econômicos diferentes e provavelmente está refletindo o fato de que os municípios com maiores investimentos econômicos têm seu ambiente natural mais degradado.

No caso do Pará, municípios onde estão localizados os grandes projetos de desenvolvimento (mineração, agropecuários e madeireiros), em geral altamente lucrativo, podem apresentar uma dimensão de renda que não condiz com a realidade da maioria da população. Assim, como estas atividades também estão intimamente ligadas a situações de risco para malária (migrações, perturbações ambientais, etc), teríamos uma relação direta entre renda e IPA. Sugerindo maior atenção no combate a malária, aos municípios com maior renda global.

Embora aparentemente todos estes fatores (desmatamento, duração da estação seca e renda) estejam correlacionados, cabe mencionar que o modelo de regressão

múltipla, por meio da partição de variâncias, retorna um resultado para cada uma das variáveis independentes. Assim, se cada um destes fatores não tivesse individualmente um efeito, dificilmente eles apresentariam um resultado significativo porque estaria compartilhando a mesma variação. Desta forma, é possível que a renda ou a duração da seca estejam refletindo o efeito do desmatamento, que foi analisado separadamente. Por isso, no futuro talvez seja interessante incluir o desmatamento em um mesmo modelo que as outras variáveis.

Infelizmente neste estudo não se pôde usar outros métodos de análise espacial, como análise de pontos, já que os dados sobre o IPA correspondem ao município, ou seja, são agregados nesta escala. Esta é a forma de coleta oficial de dados da malária pela FUNASA (consequentemente da SESPA e secretarias municipais) e só assim está disponível.

A malária, como outras doenças que sofrem a influência de condições ambientais, possui múltiplos níveis de determinação. O estudo da sua distribuição espacial na escala estadual permite a captação de fatores ambientais que atuam nesse nível, como as condições de sobrevivência dos vetores e de formação de criadouros. Apesar de ter sido encontrada uma relação significativa entre alguns dos fatores ambientais e socioeconômicos investigados, o modelo final e cada uma das variáveis testadas teve pouco valor explicativo ($R^2=0.31$). Uma parte desta dificuldade reside na grande quantidade de fatores que podem atuar simultaneamente sobre a malária e no fato de que a importância relativa de cada um pode mudar de um município para outro. Há também uma dificuldade com relação à escala (municipal), que pode não ser a mais adequada para avaliar a variação da situação de risco em diferentes localidades, já que dentro da área de um município pode haver grandes variações em fatores ambientais e socioeconômicos, principalmente devido à grande área de alguns municípios no Pará.

Para Barcellos & Ramalho (2002), as unidades básicas de referência geográfica dos dados epidemiológicos do SUS têm sido, por imposição dos sistemas de informação, os diversos níveis da administração pública, como o município ou o estado. Entretanto, os processos, tanto ambientais quanto sociais, que promovem ou restringem situações de risco à saúde não estão limitados a essas fronteiras administrativas.

Cada escala evidencia um conteúdo próprio do território focado. Uma mudança de escala “implica uma alteração de fenômenos, alteração esta não apenas nas proporções destes fenômenos como também em sua natureza”. Isto se dá exatamente porque de uma para outra escala mudam as unidades geográficas. Bairros, cidades e países possuem organizações internas diferentes, o que conduz a análise para campos do conhecimento que melhor as expliquem. Desta maneira, as respostas a questões acerca dos padrões de distribuição espacial de agravos à saúde podem variar de acordo com a escala adotada (Dollfus, 1975 apud Barcellos & Bastos, 1996).

Segundo Câmara et. al, (1999), deve-se reconhecer que o problema da escala é um efeito inerente aos dados agregados por áreas (modo pelo qual os dados do SUS referentes a malária são disponibilizados). Ele não pode ser removido e não pode ser ignorado. Sendo assim, um resultado mais apurado poderia ser obtido se a SESPA disponibilizasse os dados de malária por localidades dentro dos municípios. Na prática os casos de malária são cadastrados desta forma no sistema de informação da saúde pública (no caso o SIVEP-MALARIA). No entanto estas localidades não são georreferenciadas pelas Prefeituras e muitas vezes não têm nome e nem limites bem definidos. Vasconcelos (2004) cita que a maior dificuldade encontrada em seu trabalho (uso do SIG para estudo da distribuição da malária em Jacundá) foi conseguir identificar as localidades, pelos nomes a elas atribuídos, pelos guardas de endemias. Além disso, das 60 localidades visitadas (indicadas pela FUNASA), apenas 26 estavam dentro dos

limites de Jacundá. A autora concluiu que seria imprescindível que os guardas de endemias possuíssem GPS e tivessem um treinamento básico de manipulação de dados em SIG para evitar estes problemas.

Diversos órgãos públicos federais no Brasil vêm construindo bases de dados que poderiam ser utilizadas em ambiente SIG. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e outros (Barcellos & Ramalho, 2002). Infelizmente as Secretarias municipais e estaduais de saúde, principalmente na Região Norte, não vêm desenvolvendo o mesmo interesse pelo geoprocessamento.

O controle da malária requer a identificação e o tratamento precoce dos indivíduos, para extinção da fonte de infecção, representada pelo hospedeiro humano. E o controle dos mosquitos vetores, através do conhecimento de sua ecologia, comportamento e reprodução. Medidas tradicionais de controle dos vetores, baseadas apenas na borrifação intradomiciliar que tiveram efetividade na região Sul e Sudeste do Brasil na década de 70, não apresentam bons resultados na Amazônia. O espaço Amazônico, formado pelas interações sociedade - ecossistema apresenta, sob o ponto de vista epidemiológico, características diferenciadas em relação ao restante do país. Essa diferenciação é dada tanto pela base ecológica natural como pelas formas de sua ocupação e exploração.

A escala deste estudo é compatível com a tomada de decisões sobre políticas públicas, trabalha com a agregação de dados disponível nas Secretarias de Saúde (municipal ou estadual) e utiliza o mesmo índice (o IPA) adotado pelo Ministério da Saúde para analisar os dados de malária. Neste sentido, o estudo revela que (1) os recursos poderiam ser mais bem direcionados no Pará (para áreas com maior

incidência); (2) o desmatamento tem um efeito na série temporal da malária; (3) tanto variáveis ambientais como socioeconômicas estão afetando a prevalência de malária.

4. CONCLUSÃO

Houve uma redução na prevalência da malária no Pará, no entanto, uma tendência temporal decrescente só foi verificada em poucos municípios, sendo a maioria com status de baixo e médio risco.

O controle da malária no Pará deve se reforçado em municípios de alto e médio risco onde a transmissão da doença é mais intensa.

O desmatamento tem uma influência sobre a prevalência da malária no Pará, assim municípios com altas taxas de perda florestal devem ter uma atenção especial das equipes de vigilância à saúde.

A temperatura e a longevidade da população, na escala de estudo, não se constituíram um fator limitante para malária no Pará.

A falta de significância da altitude, da variância e totalidade da chuva, podem está relacionadas a escala ou a forma de agregação dos dados.

Municípios de áreas mais secas do Estado, não só pelo fator climático, mas também pelas atividades econômicas existentes (agropecuária, mineração e etc.), tem uma maior prevalência de malária.

Melhorias na educação, conseqüentemente um aumento no grau de instrução da população, levariam a um conhecimento mais apurado sobre a malária, evitando assim comportamento de risco e/ou a busca imediata de atendimento em caso de sintomas suspeitos.

O índice de renda, apesar de significativo, pode está refletindo o uso da terra, gerando ambientes de risco para malária e não especificamente a pobreza da população.

A grande quantidade de fatores atuando simultaneamente sobre a malária dificulta uma compreensão mais precisa do papel de cada um na prevalência da doença.

O modelo adotado tem baixo poder explicativo, no entanto, mostra que a intensificação da atividade econômica não tem contribuído para a redução da malária no estado.

Trabalhos em escalas maiores (adotando variáveis explicativas adequadas para cada localidade) podem ajudar no combate desta doença em áreas mais específicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARÍCIO, C. 2001. **Utilização de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Orbital para análise espacial de paisagem com incidência de Leishmaniose Tegumentar Americana**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. USP. São Paulo. 104 p.

ALECRIM M.G.C; ALBUQUERQUE B.C; SANDOVAL J.F; TERRAZAS W; CHAGAS J.A & ALECRIM W. D. 1994. Malária no município de Manaus, Amazonas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 27 (1): 267.

ALVES, M. J. C. P.; RANGEL, O.; SOUZA, S. S. A. L. 2000. Malária na região de Campinas, São Paulo, Brasil, 1980 a 1994. **Revista da Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, 33(1).

ALVES, D. S. 2001. O processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias Estratégicas**. 12: 59-75.

BALLS, M.J.; R. BODKER; THOMAS C.J.; KISINZAC W.; MSANGENIC H.A; LINDSAY, S.W. 2004. Effect of topography on the risk of malaria infection in the Usambara Mountains, Tanzania. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene** 98: 400—408.

BARATA, R.C.B. 1995. Malária no Brasil: Panorama epidemiológico na última década. **Cadernos de Saúde Pública**, 11(1): 128-136.

BARBIERI, A. F. 2000. Uso antrópico da terra e malária no Norte de Mato Grosso. **Dissertação de Mestrado**. Cedeplar/UFMG. Belo Horizonte. 120 p.

- BARCELLOS, C. & BASTOS, I. 1996. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. 12(3):389-397
- BARCELLOS, C. & RAMALHO, W. 2002. Situação atual do Geoprocessamento e da Análise de Dados Espaciais em Saúde no Brasil. **Informática Pública** 4(2): 221-230.
- BARCELLOS, C.; LAMMERHIRT, C. B; ALMEIDA M. A. & SANTOS, E. 2003. Distribuição espacial da leptospirose no Rio Grande do Sul, Brasil: recuperando a ecologia dos estudos ecológicos. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 19(5):1283-1292
- BÉRTOLI, M. & MOITINHO, M.L.R. 2001. Malária no Estado do Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 34(1):43-47.
- BITENCOURT, M.D.; MUCCI, L.F.; GOMES, A.C.; NATAL, D.; BARATA, J. M .S. & PAULA, M. B., 1999. Imagens de satélite / SIG e risco de transmissão de malária na U.H.E. de Porto Primavera-SP. <http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n3a3.html>. Consultada em 25 de novembro 2004.
- BODKER, R.; AKIDA, J.A.; SHAYO, D.; KISINZA, W.; MSANGENI, H. & LINDSAY, S.W. 2003. Relationship between altitude and intensity of malaria transmission in the Usambara Mountains, Tanzania. **J. Med. Entomol.** 40: 706—717.
- BORGES, M.P.C. & MORAES, R.M. 2001 Análise Espacial de Dados de Saúde Pública. **Memórias II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica**, Havana – Cuba.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; CRUZ, O.G. & CORREA V., 1999. Análise espacial de áreas. www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf. In: **Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INEP. Consultado em novembro de 2004.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; DRUCK, S. & CARVALHO, M.S., 1999. Análise espacial e geoprocessamento. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>. In: **Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INEP. Consultado em novembro de 2004.
- CAMARGO L.M.A; NORONHA E, SALCEDO J.M.V; DUTRA A.P, KRIEGER H, Silva L.H.P & CAMARGO E. P. 1999. The epidemiology of malaria in Rondônia (Western Amazon Region, Brazil) study of a riverine population. **Acta Tropica** 72: 1-11.
- CAMERA. 2000. Focus on Local Eco-epidemiological Malaria Risk Assessment. <http://www.unimaas.nl/icis>. Consultado em dezembro de 2004.
- CARVALHO, M. S. 1997. Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco à saúde. Tese de Doutorado. Engenharia Biomédica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 138 p.

CARVALHO, M. S.; SANTOS, S. M. & PINA, M. F. 2000. Os Sistemas de Informações Geográficas In: **Conceitos Básicos de Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia Aplicados À Saúde**. 1º ed. Brasília: OPS/Ministérios da Saúde, vol.1, p. 13-39.

CARVALHO, M. S. & SANTOS, R. S. 2005. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, 21(2).

CASTILLA, R. & SAWYER, D. 1993. "Malaria rates and fate: a socio-economic study of malaria and Brazil." **Social Science and Medicine** 37(9): 1137-45.

CHANG M.S, H.I.J, BUTTNER P., MANSOOR F. 1997 Changes in abundance and behaviour of vector mosquitoes induced by land use during the development of an oil palm plantation in Sarawak. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, 91:382-386.

CHAVES, S.S. & RODRIGUES, L.C. 2000. - An initial examination of the epidemiology of malaria in the State of Roraima, in the Brazilian Amazon Basin. **Revista Instituto Medicina Tropical de São Paulo**, 42(5):269-275.

CITYBRAZIL. <http://www.citybrazil.com.br/pa/regioes>. Consultado em dezembro de 2005.

COCHRANE, M. A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M.; SOUZA, C.; NEPSTAD, D.; LEFEBVRE, P. & DAVIDSON, E. 1999. Positive feedbacks in the fire dynamics of closed canopy tropical forests. **Science**. 284: 1832-1835.

CONFALONIERI, U.E.C. 2003. Ecosistemas, desmatamento e saúde humana. **Idéias e Debates**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 35 p.

CONFALONIERI, U.E.C. 2005. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **Estudos Avançados**, 19 (53): 221-236.

CONNOR, S. J.; THOMSON, M. C.; FLASSE, S. & WILLIAMS, J. B., 1996. The use of low-cost remote sensing and GIS for identifying and monitoring the environmental factors associated with vector borne disease transmission. <http://www.idrc.ca/books/focus/766/connor.html>. Consultado em abril de 2005.

CONSOLI, R.G.B. & OLIVEIRA, R.L. 1994. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro. Editora FIOCRUZ.

CORDEIRO, C. E. S.; FILOMENO, C. R. M.; COSTA, C. M. & COUTO, A. A. R. 2002. Perfil Epidemiológico da Malária no Estado do Pará em 1999 com Base numa Série Histórica de Dez Anos (1989-1999). **Informe Epidemiológico do SUS**, 11(2): 69 - 77.

- COSTA, M. C. N. & TEIXEIRA, M. G. L. C., 1999. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. **Cadernos de Saúde Pública**, 15: 271-279.
- COSTA, G.F., 2002. Geoprocessamento: Uso e Aplicação na Saúde Pública e na Saúde Ambiental. I Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Indaiatuba - SP.
- CRAIG, M.H.; SNOW, R.W.; SUEUR, D. 1999. A climate based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. **Parasitology Today** 15(3): 105–110.
- CZERESNIA, D. & RIBEIRO, A. M. 2000. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. **Cadernos de Saúde Pública**, 16(3):595-617.
- DEANE L.M. 1986. Malaria vectors in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 81(1): 5-14.
- DEANE L. M. 1989. A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 84: 149-56
- DELGADO, L; RAMOS, S.; RODRIGUEZ, R.; LIBERAL, L. M. 2001. Modelo Espacial de Riesgo Malárico para el Estado Sucre, Venezuela. **Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V.** 16(2): 15-26.
- DIAS, R. C. 2003. Uma contribuição o estudo da malária no estado de Roraima e sua associação com a precipitação pluviométrica no período de 1985 a 1996. **Tese de Doutorado**. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 104 p.
- DIAS, T. L. ; OLIVEIRA, M. P. G. ; CAMARA, G. ; CARVALHO, M. S. 2002. Problemas de escala e a relação área-indivíduo em análise espacial de dados censitários. **Informática Pública**, Belo Horizonte, 04(01):89-104.
- DUTRA, A. P. 2005. Malária – Informação para Profissionais da Saúde. http://www.sucen.sp.gov.br/doencas/malaria/texto_malaria_pro.htm. Consultado em abril de 2005.
- FEARNSIDE, P. M. 2003. **A floresta Amazônia nas mudanças globais**. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) 134 p.
- FEARNSIDE, P. M. 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, Índices e Conseqüências. **Megadiversidade** 1(1): 113-123.
- FERREIRA, M. U. 1991. Epidemiologia, conceitos e usos: O complexo patogênico de Max Sorre. **Cadernos de Saúde Pública**, 7(3):301-309.

FERREIRA, P. 2006. Glossário de Doenças – Malária. <http://www.fiocruz.br/ccs/index>. Consultado em fevereiro de 2006.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E. & ALMEIDA, S. 2005. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, 19 (53).

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). 2002. Guia de Vigilância Epidemiológica. 5º ed. Brasília. 842p.

GICOM. Grupo Interinstitucional de Controle da Malária no Pará. 1996. **Diretrizes Técnicas do Programa de Controle da Malária no Estado do Pará**. 1º Ed. 45 p.

GURGEL, H.C. 2003. A utilização das geotecnologias em estudos epidemiológicos: O exemplo da relação entre a malária e o NDVI em Roraima. **Anais XI Seminário Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Belo Horizonte, Brasil. p. 1303 – 1310.

HAKRE, S.; MASUOKA, P.; VANZIE, E. & ROBERTS, D. 2004. Spatial correlations of mapped malaria rates with environmental factors in Belize, Central America. **International Journal of Health Geographics**. <http://www.ij-healthgeographics.com/content/3/1/6>. Consultado em setembro de 2005

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2000. Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite 1998-1999, **Separata**. <http://www.inpe.br>.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2005. Desflorestamento nos Municípios da Amazônia Legal. <http://www.dpi.inpe.br/prodes> . Consultado em março de 2005.

KAMPEL, S. A.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A. 2000. Análise exploratória das relações espaciais do Desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira. www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/silvana_gisbrasil2000.pdf. Consultado em novembro de 2005

KIRBY, K.R; LAURENCE, W. F; ALBERNAZ, A.K.; SCHROTHD, G.; FEARNSIDE, P. M.; BERGENF, S.; VENTICINQUE, E. M & COSTA C. 2005. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**. 1:1-22.

KLEINSCHMIDT, I.; BAGAYOKO, M.; CLARKE, G.P.Y.; CRAIG, M.; LE SUEUR, D. 2000. A spatial statistical approach to malaria mapping. **International Journal of Epidemiology**. 29: 355-361.

LAURANCE, W. F. 1998. A crisis in the making: responses of Amazonian forests to landuse and climate change. **Trends in Ecology and Evolution** 13: 411-415.

LAURENCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M & COSTA, C. 2001. O desmatamento está se acelerando na Amazônia Brasileira? **Biota Neotropica** 2(1):1-9.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSTIDE, P. M.; VASCONCELOS, H & FERREIRA, L. V. 2004. Deforestation in Amazonia. **Science**. 304: 1109-1111.

LIESHOUT, M. van; KOVATS, R.S.; LIVERMORE, M.T.J. & MARTENS P. 2004. Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios. **Global Environmental Change**. 14: 87-99.

LINDBLADE, K.; WALKER, E. D.; ONAPA, A. W.; KATUNGA, J.; & WILSON, M. L. 2000. LandUse change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a Highland area of Uganda. *Tropical Medicine and International Health*. 5(4):263-274.

LINDSAY, S.W. & MARTENS, P. 1998. Malaria in the African Highlands: past, present and future. **Bull. World Health Organ**. 76: 33—45.

LOPES, J.; LOURENÇO, P. & ALVES E. 2004. Utilização de Detecção Remota para a Determinação de Zonas de Risco de Contaminação por Malária e a Influência das Alterações Climáticas Globais na sua Expansão – Região do Algarve como Caso de Estudo. Universidade Nova de Lisboa. **Laboratório de Investigação de Sistemas de Informação Geográfica**. <http://air.dcea.fct.unl.pt/omeusite/papers%5CRSMalaria.pdf> . Consultado em novembro de 2004.

MANLY, B. F. J. 1997. **Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology**. Chapman & Hall, London.

MARA/ARMA, 1998. **Towards an Atlas of malaria risk in Africa**. Durban, South Africa.

MARGULIS, S. 2003. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. 1º Ed. Brasília. Banco Mundial. 100 p.

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

MATSUMOTO, W. K.; VICENTE, M. G.; SILVA, M. A. & CASTRO, L. C. 1998. Comportamento epidemiológico da malária nos municípios que compõem a Bacia do Alto Paraguai, Mato Grosso do Sul, no período de 1990 a 1996. **Cadernos de Saúde Pública**. 14 (4):797-802.

MEHER-HOMJI, V. M. 1991. Probable impact of deforestation on hydrological processes. **Climatic Change** 19: 163-73.

MELROSE, W. 2005. Deforestation in Papua New Guinea: Potential Impact on Health Care. http://www.tropmed.org/rreh/vol1_11.htm. Consultado em novembro de 2005.

MORETTIN P.A, TOLOI C.M.C. 1987. **Previsão de séries temporais**. 2ª ed. São Paulo. 65p.

MOUTINHO P. & NEPSTAD D.C. 2000. As funções ecológicas dos ecossistemas florestais: implicações para a conservação e uso da biodiversidade amazônica. Editora do ISA. **Seminário Biodiversidade Amazônica**, Programa Nacional da Diversidade Biológica, Macapá, AP., Brasil.

MOUTINHO, P. & ALENCAR, A. 2005. A distribuição do desmatamento na Amazônia: vetores, áreas críticas e mapeamento de fronteiras – IPAM. **III Seminário Técnico-científico de análise dos dados de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos.

MS (Ministério da Saúde). 2005. Situação Epidemiológica da Malária no Brasil. http://www.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/be_malaria_01_2005.pdf . Consultado em outubro de 2005.

NEPSTAD, D.C; CARVALHO, C.R.; DAVIDSON, E.A; JIPP, P.H; LEFEBVRE, P.A; NEGREIROS, G.H; SILVA, E.D; STONE, T.A; TRUMBORE, S.E. & VIEIRA, S. 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures, **Nature** 372: 666-669.

NEPSTAD, D.C.; VERISSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire, **Nature** 398:505–508.

NOBRE, A. A.; SCHMIDT, A. M. & LOPES, H. F. 2005. Spatio-temporal models for mapping the incidence of malaria in Pará. **Environmetrics**, 16: 291–304

OLIVEIRA, E., 2002. RESENHAS REVIEWS. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 18(6):1819-1825.

OPAS (Organização Pan-americana de Saúde). 1988. Status of malaria programs in the Americas. **Report**. Washington, DC.

OPAS (Organização Pan-americana de Saúde). 2001. **Informe de la situación de los programas de malaria en las Américas** (Baseado em dados de 2000). Washington DC

ONORI, E.; GRAB, B. 1980. Indicators for the forecasting of malaria epidemics. **Bulletin of the WHO** 58: 91–98.

PATTANAYAK, S.K.; COREY, C.G.; KRAMER, R.A.; SILLS, E.O.& MURRAY B.C. 2003. Which came first – Deforestation, Malaria or Poverty? A Call for

Interdisciplinary Policy Science. **RTI Working Paper**. www.rti.org/enrepaper/. Consultado em setembro de 2005.

PATZ, J.A.; GRACZYK, T.K.; GELLER, N. & VITTOR, A.Y. 2000. "Effects of environmental change on emerging parasitic diseases." **International Journal for Parasitology** 30(12-13): 1395-1405.

PELLEGRINI, D.C.P., 2002. **Análise Espaço-Temporal da Leptospirose no Município do Rio De Janeiro (1995-1999)**. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 49 p.

PINHEIRO AS. 2000. Malária: situação no Pará, no período de 1994 a 1999. **Informativo Epidemiológico do SUS – Pará**;1(2):7-8.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). 2003. Atlas do Desenvolvimento Humano <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Consultado em março de 2005.

POVOA, M.M.; WIRTZ, R.A.; LACERDA, R.N.L.; MILES, M.A.; WARHUST, D. 2001. Malaria Vectors in the Municipality of Serra do Navio, State of Amapá, Amazon Region, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, Vol. 96(2): 179-184

PRODES (Projeto Amazônica Brasileira por Satélite) <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital>. Consultado em março de 2005.

QUADRO, M.F.L.; MACHADO, L.H.R. & OLIVEIRA, G.S. 2005. Climatologia de Precipitação e Temperatura. CPTEC/INPE.

REBÊLO, J. M. M. 2000. **Manual de Bioecologia dos Vetores da Malária**. 1º ed: Lithograf. São Luis - MA. 56 p.

RIBEIRO, M. C. T.; GONÇALVES, E. G. R.; TAUIL, P. L.; SILVA, A. R. 2005. Aspectos epidemiológicos de um foco de malária no município de São Luis, MA. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 38(3):272-274.

RIPSA (Rede Interagencial de Informações para a Saúde) 1997. Qualificação de indicadores do IDB – Malária: Incidência Parasitária Anual (Índice de Positividade de Malária).

ROUQUAYROL, M. Z. & ALMEIDA FILHO, N. 1999. **Epidemiologia e Saúde**. 5 ed. Rio de Janeiro: Medsi. 600p.

ROZENDAAL, J. A., 1992. Relations between Anopheles darlingi breeding habitats, rainfall, river level and malaria transmission rates in the rain forest of Suriname. **Medical Veterinary Entomology**, 6:16–22.

RUBIO-PALIS Y. 1994. Variation of the vectorial capacity of some anophelines in western Venezuela. **American Journal Tropical Medicine Hygiene**. 50(4):420-424.

SACHS, J. & MALANEY, P. 2002. The Economic and Social Burden of Malaria. **Nature**, 415: 680-685.

SATTENSPIEL, L. 2000. Tropical Environments, Human Activities, and the Transmission of Infectious Diseases. **Yearbook of Physical Anthropology** 43:3-31

SAWYER, D. 1993. Economic and social consequences of malaria in new colonization projects in Brazil. *Social Science and Medicine* 37 (9): 1131-1136.

SESPA (Secretaria Executiva de Saúde Pública do Pará). 2004. A Saúde Acontece no Pará - Malária <http://www.sespa.pa.gov.br/Not%C3%ADcias/NOT2005/noticia252.htm> Consultado em fevereiro de 2006.

SHUKLA, J.; NOBRE, C.A & SELLERS, P. 1990. Amazon deforestation and climate change. **Science** 247: 1322-1325.

SIGEPI (Sistema de Informação Geográfica em Epidemiologia e Saúde Pública). 2002. Manual do Usuário. SHA/OPAS.

SILVA, M.S; MILÉO M.F & CALVOSA V.S. 1987. Avaliação epidemiológica da Malária no sul do Pará nos últimos anos. **Hiléia Médica**. 8(2):83-87.

SILVA, L. J. 1997. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. **Cadernos de Saúde Pública**, 13(4):585-593.

SMALL, J.; GOETZ, S. & HAY, S. 2003. Climatic suitability for malaria transmission in Africa, *PNAS* 100(26): 1911-1995 www.pnas.org/cgi. Consultado em setembro 2005.

TADEI, W. P.; SANTOS, J. M.; SCARPASSA, V. M. & RODRIGUES, I. B. 1993. Incidência, Distribuição e Aspectos Ecológicos de Espécies de *Anopheles* (Díptera: Culicidae), em Regiões Naturais e Sob Impacto Ambiental da Amazônia Brasileira. In: **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia**. vol 2. INPA. Manaus. p. 167-196.

TADEI, W.P; DUTARY ,T. B & SANTOS J.M.M. 1998. Ecological observations on Anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. **American Journal Tropical Medicine Hygiene**. 59(2):325-335.

TAUIL, Pedro Luiz, 2002. **Avaliação de uma nova estratégia de controle da malária na Amazônia brasileira**. Tese de Doutorado. Medicina Tropical. Universidade de Brasília.

TAYLOR, D. 1997. Seeing the Forests for more than the Trees. **Environmental Health Perspectives**. 105:1186-1191.

THOMSON, M.C., CONNOR, S.J., MILLIGAN, P.J.W., & FLASSE, S. 1997. Mapping malaria risk in Africa - what can satellite data contribute? **Parasitology Today**. 13(8):313-318.

THOMSON, M.C. 1997. Mapping Malaria Risk in África: What can Satellite Data Contribute? **Parasitology Today**, 13(8):313-318.

VASCONCELOS A. S.; KATO, M.Y.N; MOURÃO E.M; SOUZA, R.T.L; LACERDA R.N.L; SIBAJEV A; TSOURIS P; POVOA, MM; MOMEM H & ROSA-FREITAS M.G. 2002. Biting índices, host-seeking activity and natural infection rates of Anopheline species in Boa Vista, Roraima, Brazil, from 1996 to 1998. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 97:151-61

VASCONCELOS, C. H. 2004. Aplicação de sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e técnicas de análise espacial para analisar a distribuição de malária na região do reservatório de Tucuruí - PA. 2004. **Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental**. Universidade de São Paulo. 145 p.

WALDMAN, E. A. 1998. **Vigilância em Saúde Pública** (Série Saúde & Cidadania). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Vol 7 . 253p.

WALSH, J.F.; MOLYNNEUX, D.H. & BIRLEY M.H. 1993. "Deforestation: effects on vector-borne disease." **Parasitology**. 106: 55-75.

WANDERLEY, D.M.V; ANDRADE, J.C.R; MENEGUETTI, L.C; CHINELATTO, M.J & DUTRA, A.P. 1985. Malária no Estado de São Paulo, Brasil, 1980 a 1983. **Revista de Saúde Pública**. 19(1):28-36.

WANDERLEY, D.M.V; SILVA, R.A & ANDRADE, J.C.R. 1994. Aspectos epidemiológicos da malária no Estado de São Paulo, Brasil - 1983 a 1992. **Revista de Saúde Pública**. 28(1):192-197.

WERNECK, G. L. & STRUCHINER, C. J. 1997. Estudos de agregados de doença no espaço-tempo: Conceitos, Técnicas e Desafios. **Cadernos de Saúde Pública** 13(4):611-624.

WILKERSON R.C; GAFFIGAN T.V & BENTO L. J., 1995. Identification of species related to *Anopheles (Nyssorhyncus) albitarsis* by random amplified polymorphic DNA-

polymerase chain reaction (Diptera: Culicidae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 90:721-32.

WILSON, M.L. 2001. "Ecology and Infectious Disease." In: **Ecosystem Change and Public Health**. J.Aron, and J.A. Patz. (eds.) The Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD: 285-291.

WHO (World Health Organization). 2000. **Technical Report 892**.

WORLDCLIMATE DATA SOURCES. <http://www.worldclimate.com/index.htm>. Consultado em março de 2005.

WORRALL, Eve; BASU, Suprotik & HANSON, Kara. 2003. The relationship between socio-economic status and malaria: a review of the literature. [http://siteresources.worldbank.org/INTMALARIA/Resources/SESMalariaBackground Paper.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTMALARIA/Resources/SESMalariaBackgroundPaper.pdf). Consultado em fevereiro de 2005.

“Se não puder fazer tudo, faça tudo que puder!”