



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

ANDRESSA TAVARES PARENTE

# INCIDÊNCIA DE MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ E SUAS RELAÇÕES COM A VARIABILIDADE CLIMÁTICA REGIONAL

BELÉM-PA  
2007

ANDRESSA TAVARES PARENTE

## INCIDÊNCIA DE MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ E SUAS RELAÇÕES COM A VARIABILIDADE CLIMÁTICA REGIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociência da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais. Área de Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Sócio-Ambientais.

Área de concentração: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Sócio-Ambientais

Orientador: do Prof.º Dr. Everaldo Barreiros de Souza.

BELÉM-PA  
2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)

Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Parente, Andressa Tavares

P228i Incidência de malária no Estado do Pará e suas relações com a variabilidade climática regional / Andressa Tavares Parente – 2008  
99 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

Orientador; Everaldo Barreiros de Souza.

1. Malária - precipitação. 2. Percentis. 3. El Niño. 4. La Niña. 5. Fases do dipolo no Atlântico. 6. Amazônia Oriental. I. Universidade Federal do Pará. II. Souza, Everaldo Barreiros de, Orient. III. Título.

CDD 20. ed.: 614.532098115

---

ANDRESSA TAVARES PARENTE

## INCIDÊNCIA DE MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ E SUAS RELAÇÕES COM A VARIABILIDADE CLIMÁTICA REGIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociência da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

**Data de Aprovação:** 23 /11 / 2007

### **Banca Examinadora**

Examinadora:

---

Profª. Dra. Rosa Carmina de Sena Couto – Membro Externo  
Doutora em Saúde Pública  
Universidade Federal do Pará

---

Profª. Dra. Maria Aurora Santos da Mota – Membro Interno  
Doutora em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Dr. João Batista Miranda Ribeiro - Membro Interno  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho aos profissionais que trabalham com malária, seja na pesquisa, na assistência, nas secretarias de saúde ou nas comunidades. Mesmo tão antiga e tão estudada, os dados da endemia continuam alarmantes com o passar dos anos e os impactos sobre a vida da população continuam imensuráveis...

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Everaldo (o homem do Atlântico), por aceitar a orientação e ter conduzido, pacientemente e dedicadamente, a construção desse trabalho científico interdisciplinar, compreendendo as minhas disponibilidades de tempo. Concluo essa etapa de vida levando uma lição de orientação e compromisso. Valeu!

A banca avaliadora, representada pelos professores Rosa Couto, Maria Aurora Mota e João Batista Ribeiro, pelas contribuições importantes para finalização deste trabalho.

A Professora Rosa Couto que acompanhou (e avaliou) o projeto desde o início até sua finalização, sendo o elemento norteador da área da saúde no grupo.

A Deus, que mesmo com todas as dificuldades no decorrer da vida (e do mestrado), deu-me a opção de poder escolher caminhos...

A educação dada pelos pais inicialmente, que me permitiu chegar até aqui. A Ane e Angeline, pelo apoio e carinho no início da caminhada.

Ao Hardiney (vulgo Queijo e família) por todo apoio, torcida, carinho, compreensão e dedicação dispensados a mim do início ao fim dessa jornada (eu sei que “eu” não fui fácil e fui ausente...).

Ao Paulo Vieira e a Flérida (tia Fle), que no momento mais difícil dessa caminhada, pude contar com total apoio, mesmo sem saber a dimensão dos problemas.

Ao Prof. Edson Rocha pelo apoio, carinho e atenção nas situações discentes no início do curso.

Ao Prof. Leonardo pela diplomacia, compromisso em fazer o melhor, mais justo e democrático, compreendendo as situações “fatídicas” da vida.

Aos amigos de vida e de mestrado: Homero e Joelma, pelas vivências cotidianas.

Aos companheiros de disciplinas e noites mal dormidas: Homero, Joelma, Flérida, Élida, Silvana, Saulo, Williams, Cléo, Josivan e Capela.

Ao Douglas (tradutor meteorológico) e Ronaldo (ô cara) pelos momentos de descontração, discussão científica e compreensão com meus horários de laboratório.

Aos amigos de vida e de jornada de trabalho, que seguraram a rédea na minha ausência e compreenderam meus atrasos, trocas de plantão, noites mal dormidas e mesmo assim tão na torcida por mim: Virna, Cristiane, Pádua, Verena, os “filhos” do noturno III (Clóvis, Conceição, Eliane, Edilene, Jackson, Valmir e Varela).

Aos amigos, irmãos de vida que compreendem (eu acho) a minha ausência e lembram de mim quando eu mesma esqueço de lembrar, no decorrer desta caminhada: Andrey, Dede, Flérida, Homero (e família), Mauro, Nágila, Pedro (e família) e Wandinha (e família), organizados na ordem alfabética para não haver desavenças.... É um punhado de amigos que sei que terei por longos anos...

A Márcia, por todo profissionalismo, disponibilidade e atenção com os discentes do curso.

A Sandra Tapajós-SESPA, sempre disponível para ajudar, ser amiga e ainda fornecer dados!

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram com esta jornada de mestrado: obrigada! Ufa!

“Podemos pensar que não há esperança,  
mas devemos dar um passo para trás a fim de  
olhar para a situação a partir de um novo ângulo.”

*Iomar Silva*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho consiste em realizar um estudo diagnóstico sobre a incidência de malária em quatro diferentes regiões do Pará (Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu) na Amazônia oriental, buscando suas relações com a variabilidade climática regional, com o crescimento populacional e taxas de desmatamento. Utilizou-se uma série de 35 anos de dados anuais (1970-2005) e 14 anos de dados mensais (1992-2005). Aplicou-se a técnica dos percentis para se estabelecer cinco categorias ou classes da taxa de incidência da malária e precipitação para cada município. Os resultados das análises com os dados anuais mostraram que os municípios apresentam fatores diferenciados que contribuem para o perfil da endemia. O crescimento da população tem relação direta com o aumento da incidência de malária em Anajás, Itaituba e Santana do Araguaia. Em Anajás, o fator precipitação não é determinante na ocorrência da parasitose. Em Santana do Araguaia e Viseu os maiores índices de incidência de malária ocorreram em anos de déficit hídrico. Para Viseu o padrão normal de precipitação também categorizou altas incidências de malária. Em relação ao desmatamento, de 1988 até 1995, as curvas de incidência de malária acompanham as taxas de desmatamento. A partir de 1995, evidenciaram-se anos consecutivos com altos índices de incidência logo após os anos de altas taxas de desmatamento, como registrado em 1995, 2000 e 2004. Análises de composições observacionais montadas com base na seleção objetiva dos índices de ocorrência da malária categorizados pelos percentis, permitiram definir a caracterização anual da variabilidade climática regional em cada um dos quatro municípios. Em geral, anos com altos índices de malária relacionam-se com a presença de El Niño no Pacífico e Atlântico norte mais quente do que o normal, enquanto que anos com baixos índices de malária associa-se com a ocorrência de La Nina sobre o Pacífico e nenhum sinal significativo no Oceano Atlântico. Os resultados das análises com os dados mensais, usando a técnica de composições de canários montados com base nos eventos climáticos observados nos Oceanos Pacífico e Atlântico, possibilitaram a investigação da resposta destes mecanismos na evolução mensal da incidência de malária no Pará. A composição dos eventos El Niño demonstrou a ocorrência de impactos “negativos” (aumento significativo e sistemático dos casos de malária) ocorrendo numa seqüência de meses nas regiões de Itaituba e Santana do Araguaia. Para as regiões de Anajás e Viseu, o cenário de El Niño associa-se com impactos “positivos” (incidência de malária nas categorias média e baixa). Para o cenário La Niña, a resposta ocorreu de forma mais generalizada ao longo do Pará, com o predomínio de alta incidência de malária nos quatro municípios e se processando persistentemente durante os meses consecutivos de

dezembro a maio. Nas composições para os eventos de dipolo positivo no Atlântico intertropical, o comportamento dos índices de malária no Pará ocorreu de forma diferenciada intra-regionalmente, com Anajás e Itaituba apresentando o predomínio de aumento nos casos da doença, enquanto que em Santana do Araguaia e Viseu verificaram-se vários meses com índices médios e abaixo do normal. Com exceção de Itaituba, as composições para os eventos de dipolo negativo sobre o Atlântico intertropical, mostraram um sinal dominante na incidência de malária nas categorias média e baixa, evoluindo em praticamente todos os meses de novembro a maio.

Palavras-Chaves: Malária-Precipitação. Percentis. El Niño. La Niña, Fases do Dipolo no Atlântico. Amazônia Oriental.

## ABSTRACT

The objective of the present work is to approach a diagnostic study on the malaria incidence in four different regions over the Pará state in the eastern Amazon, seeking its relationships with the regional climate variability, with the population growth and rates of deforestation. Time series containing 35 years of annual data (1970-2005) and 14 years of monthly data are used. The percentiles technique was employed in order to establish five categories or classes of the malaria incidence rates and precipitation for each municipal district. Results based on the analyses using annual data showed that the cities present different factors that contribute to the endemic profile. The growth of the population has direct relationship with the increased malaria incidence in Anajás, Itaituba and Santana do Araguaia. In Anajás, the precipitation was not a decisive factor in the occurrence of the parasitosis. In Santana do Araguaia and Viseu the highest rates of the malaria incidence occurred in years with rainfall deficit. For Viseu, the normal precipitation pattern also categorized high malaria incidence. Concerning the deforestation rates from 1988 until 1995, the curves of malaria incidence follow the deforestation rates. From 1995 onwards, it was evidenced consecutive years of high rates of malaria incidence just after the years characterized with higher deforestation rates, as observed during 1995, 2000 and 2004. Composites analyses based on objective selection of the indices of malaria occurrence categorized by the percentiles, allowed to define annual features of the regional climate variability in each city. In general, years with higher malaria indices are associated with the Pacific El Niño and warmer than normal oceanic conditions over the north Atlantic basin, while the years with lower malaria indices are related to the Pacific La Niña and no significant signal in the tropical Atlantic Ocean. Results obtained from monthly data base, using composites based on objective selection of climate events observed over Pacific and Atlantic Oceans, it was investigated the response of such mechanisms on the monthly evolution of the malaria incidence over the Pará state. The El Niño composites revealed "negative" impacts, i.e., systematic and significant increase in cases of malaria occurring in a sequence of months in Itaituba and Santana do Araguaia. For Anajás and Viseu, the El Niño scenario is associated with "positive" impacts i.e., malaria incidence in the medium and low categories. Concerning La Niña composites, a widespread response over most of Pará state is verified, with predominance of higher malaria incidence in the four cities and persisting persistently during the consecutive months from December to May. The composites for the positive dipole events in the intertropical Atlantic showed intra-regionally differentiated

malaria indices over the state, with Anajás and Itaituba presenting predominance of increased cases, while in Santana do Araguaia and Viseu presented several months with normal rates and below than average. Except for Itaituba, composites for the negative dipole events in the intertropical Atlantic evidenced malaria incidence in the medium and low categories, evolving from November to May.

**Key Words:** Malaria. Precipitation. Eastern Amazon. Percentiles. El Niño. La Niña. Phases of the Atlantic Dipole.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Ilustração do mosquito fêmea do gênero <i>Anopheles sp.</i> ....  | 23 |
| Figura 2 - Distribuição da malária (áreas sombreadas) nas áreas continentais do globo terrestre. ....  | 27 |
| Figura 3 – Composições das anomalias de TSM sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico e precipitação sobre o Brasil tropical. Painel esquerdo: cenários de El Niño sobre o Pacífico e Dipolo positivo no Atlântico intertropical; Painel direito: cenários de La Niña sobre o Pacífico e Dipolo negativo no Atlântico intertropical..... | 31 |
| Figura 4 – Localização das áreas de estudo sobre o Estado do Pará com os municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu (painel acima) e da hidrografia da região destacando os rios principais.....  | 33 |
| Figura 5 – Variação anual da precipitação sobre o Estado do Pará destacando a localização dos municípios estudados. ....   | 34 |
| Figura 6 – Localização das estações (pontos vermelhos) sobre a Amazônia, usadas na interpolação dos dados de precipitação do CPC-NCEP. A região sombreada é a topografia.....  | 39 |
| Figura 7 – Localização das regiões representativas dos índices de monitoramento climático sobre o Pacífico (bacia equatorial) e Atlântico (bacias norte e sul). ....   | 40 |
| Figura 8 – Média climatológica anual do IPA e precipitação para as cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. ....  | 46 |
| Figura 9 Média climatológica mensal do IPM para as cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.....   | 51 |
| Figura 10 – Média climatológica mensal de precipitação nas estações meteorológicas de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.....   | 52 |
| FIGURA 11 – Dados anuais para a cidade de Anajás. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: população e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).....  | 58 |
| Figura 12 – Dados anuais para a cidade de Itaituba. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).....  | 60 |
| Figura 13 – Dados anuais para a cidade de Santana do Araguaia. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).....   | 62 |

- Figura 14 – Dados anuais para a cidade de Viseu. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior). ..... 64
- Figura 15 – Taxa de desmatamento anual (barras verticais em azul; unidade: Km<sup>2</sup>/ano) estimada pelo PRODES–INPE ([www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)) e índices categorizados do IPA (linhas em marrom), ambos representativos do Estado do Pará com base nos dados conjuntos referente aos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. .... 66
- Figura 16 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Anajás. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. .... 69
- Figura 17 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Itaituba. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. .... 71
- Figura 18 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Santana do Araguaia. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. .... 73
- Figura 19 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Viseu. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. .... 75
- Figura 20 – Anomalias mensais de TSM (unidade: °C) observada na região do Niño3 sobre o Oceano Pacífico equatorial durante os anos de 1991 a 2005. As áreas vermelhas (azuis) correspondem aos índices +0,5°C ( $\leq$  -0,5°C). .... 77
- Figura 21 – Anomalias mensais de TSM (unidade: °C) do índice GRAD observado na bacia intertropical do Oceano Atlântico durante os anos de 1992 a 2005. As áreas vermelhas (azuis) correspondem aos índices +0,25°C ( $\leq$  -0,25°C). .... 78
- FIGURA 22 – Composições do cenário climático associado aos eventos El Niño sobre o Oceano Pacífico. Painel à esquerda: anomalias de TSM (°C) sobre o Pacífico; Painel central: anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará e Amapá; Painel à direita: índices de incidência de malária categorizados pelos Quantis. As

composições referem-se à evolução mensal desde novembro (Ano0) até junho (ano+1). A legenda contendo a intensidade das anomalias de TSM e precipitação encontra-se na barra de cores abaixo da Figura. A legenda dos índices de malária encontra-se na parte superior direita da Figura. .... 80

FIGURA 23 – Idem a Figura 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos La Niña sobre o Oceano Pacífico. .... 82

FIGURA 24 – Idem a FIGURA 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos da fase do Dipolo positivo sobre o Oceano Atlântico intertropical..... 84

FIGURA 25 – Idem a FIGURA 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos da fase do Dipolo negativo sobre o Oceano Atlântico intertropical..... 86

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - Estratificação epidemiológica da área malárica de acordo com o IPA .....  | 37 |
| TABELA 2 – Coordenadas geográficas em graus das estações meteorológicas nas quatro municípios. ....  | 38 |
| TABELA 3 – Séries históricas dos dados anuais do IPA, precipitação e população nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. ....                                  | 45 |
| TABELA 4– Séries históricas dos dados mensais do IPM nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.....   | 47 |
| TABELA 5 – Séries históricas dos dados mensais de precipitação observada nas estações meteorológicas de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.....                         | 49 |
| TABELA 6 – Valores anuais do IPA para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. ....               | 53 |
| TABELA 7 – Valores anuais da precipitação (mm) para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. .... | 53 |
| TABELA 8 – Valores mensais do IPM para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. ....              | 54 |
| TABELA 9 – Valores mensais da precipitação para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu. ....     | 55 |
| TABELA 10 – Relação dos anos usados na montagem das composições de cenários anuais.....  | 67 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |  |
|--------|--|
| ANA    | Agência Nacional de Águas  |
| CPC    | Climate Prediction Center  |
| CPTEC  | Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos                           |
| ENOS   | El Niño/Oscilação Sul  |
| GTS    | Global Telecommunication System  |
| INMET  | Instituto Nacional de Meteorologia   |
| INPE   | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais                                  |
| IPA    | Índice Parasitário Anual   |
| IPM    | Índice Parasitário Mensal  |
| NCEP   | National Centers for Environmental Prediction                              |
| OMS    | Organização Mundial da Saúde   |
| PIACM  | Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária da Amazônia Legal |
| PRODES | Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia                        |
| SISMAL | Sistema de Informação Sobre Malária  |
| SIVEP  | Sistema de Informação Epidemiológica/Malária                               |
| TSM    | Temperatura da Superfície do Mar   |
| ZCAS   | Zona de Convergência do Atlântico Sul                                      |
| ZCIT   | Zona de Convergência Intertropical   |

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | <b>INTRODUÇÃO</b>   | 18 |
| 1.1     | ASPECTOS GERAIS DA MALÁRIA  | 18 |
| 1.2     | CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA                                      | 19 |
| 1.3     | OBJETIVOS   | 20 |
| 2       | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                                      | 22 |
| 2.1     | A MALÁRIA   | 22 |
| 2.1.1   | <b>Agente etiológico</b>  | 22 |
| 2.1.2   | <b>Agente transmissor</b>   | 23 |
| 2.1.3   | <b>Ciclo reprodutivo</b>  | 23 |
| 2.1.4   | <b>Diagnóstico</b>  | 25 |
| 2.1.5   | <b>Tratamento</b>   | 25 |
| 2.2     | ESTUDOS SOBRE MALÁRIA, CLIMA E MEIO AMBIENTE                      | 25 |
| 2.3     | MECANISMOS REGULADORES DA VARIABILIDADE                           | 28 |
| 3       | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>  | 32 |
| 3.1     | CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO                                | 32 |
| 3.2     | BASE DE DADOS   | 37 |
| 3.2.1   | <b>Índices de malária</b>   | 37 |
| 3.2.2   | <b>Precipitação</b>   | 38 |
| 3.2.3   | <b>Índices de TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico</b>            | 40 |
| 3.2.3   | <b>Taxas de desmatamento no estado do Pará</b>                    | 40 |
| 3.2.4   | <b>Dados de população</b>   | 40 |
| 3.3     | METODOLOGIA   | 41 |
| 3.3.1   | <b>Método dos quantis</b>   | 41 |
| 3.3.2   | <b>Composições</b>  | 42 |
| 3.3.3   | <b>Seleção de eventos climáticos sobre o Pacífico e Atlântico</b> | 42 |
| 4       | <b>RESULTADOS</b>   | 44 |
| 4.1     | DADOS ORIGINAIS E ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS                         | 44 |
| 4.1.1   | <b>Dados anuais</b>   | 44 |
| 4.1.2   | <b>Dados mensais</b>  | 46 |
| 4.1.3   | <b>Climatologia por categorias dos quantis</b>                    | 52 |
| 4.2     | DIAGNÓSTICO DOS DADOS ANUAIS                                      | 56 |
| 4.2.1   | <b>Índices de malária, precipitação, população e desmatamento</b> | 65 |
| 4.2.2   | <b>Cenários climáticos associados à incidência de malária</b>     | 67 |
| 4.3     | VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS ÍNDICES DE MALÁRIA                   | 76 |
| 4.3.1   | <b>Seleção dos Eventos</b>  | 76 |
| 4.3.2   | <b>Composições de cenários climáticos</b>                         | 78 |
| 4.3.2.1 | Cenário: El Niño no Pacífico                                      | 78 |
| 4.3.2.2 | Cenário: La Niña no Pacífico                                      | 81 |
| 4.3.2.3 | Cenário: dipolo positivo no Atlântico                             | 83 |
| 4.3.2.4 | Cenário: dipolo negativo no Atlântico                             | 85 |
| 5       | <b>DISCUSSÕES E CONCLUSÕES</b>                                    | 88 |
|         | <b>REFERÊNCIAS</b>  | 95 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ASPECTOS GERAIS DA MALÁRIA

A malária é um problema de saúde pública mundial que afeta a população de diferenciadas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre, sendo, portanto, uma das doenças parasitárias mais importantes do mundo. Na Amazônia, é uma endemia regional, sendo que na região norte, o Estado do Pará contribui significativamente com registros de altas taxas de incidência da doença. Das parasitoses humanas, a malária é uma das mais conhecidas e mais antigas. Também é chamada como impaludismo, febre intermitente ou febre palustre. É uma doença infecciosa com manifestações episódicas de caráter agudo. Nos últimos anos, a malária adquiriu particular importância, devido à extensa distribuição geográfica, com ocorrência em mais de 100 países e mais da metade da população mundial encontra-se exposta ao risco de aquisição da infecção e contágio, por encontrar-se em regiões com condições ambientais propícias à transmissão da doença (VERONESI; FOCACCIA, 1996).

A malária acomete mais de 500 milhões de pessoas por ano no mundo inteiro, com 120 milhões de casos clínicos e de 1,5 a 2,7 milhões de óbitos. Dentre os mais de 100 países, 45 são na África, 21 nas Américas, 14 no Mediterrâneo, 8 no Sudeste Asiático, 9 no oeste do Pacífico e 4 na Europa. Considerando o total do número de casos registrados na América, somente os países como Brasil, Peru e Colômbia contribuíram com 70,1% dos registros (TAVARES; MARINHO, 2005). Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que a malária é a doença infecto-contagiosa tropical que mais causa problemas sociais e econômicos no mundo, somente superada em número de mortes pela AIDS.

No Brasil, no início da década de 1970 registraram-se em torno de 66.689 casos de malária durante o ano de 1974. Porém, a partir de 1975, inicia-se um crescimento sistemático e progressivo alcançando 632.686 casos em 1999, o que obrigou os órgãos governamentais a implantar e instalar o Plano de Intensificação de Controle da Malária em 2000, reduzindo a transmissão para 388.658 casos em 2001, 349.896 casos em 2002 e 206.718 casos até agosto de 2003 (TAVARES; MARINHO, 2005).

Em relação à Amazônia, que apresenta característica climatológica propícia à malária, a ocupação desordenada através dos grandes projetos e o aumento dos fluxos

migratórios decorrentes dessa política, mudou o perfil epidemiológico da parasitose na região. Cordeiro et al. (2002) aborda que:

Na região amazônica brasileira, a malária não se apresenta com uma distribuição homogênea, ocorrendo situações epidemiológicas diferentes, em função das características das formas de ocupação da região, nas diversas modalidades de exploração dos recursos naturais disponíveis.

O Estado do Pará reflete essa realidade regional e nos últimos anos tem apresentando altos valores de incidência da doença. Associado a esse comportamento tem-se um acelerado processo de devastação da floresta movido por processos econômicos (interesses madeireiros) ou de avanços de grandes núcleos urbanos sobre vegetação.

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A epidemiologia da malária envolve fatores determinantes ligado ao hospedeiro, ao parasito, a presença do vetor e das condições ambientais e sanitárias da região, bem como das características sócio-econômicas e culturais da população (ROCHA et al., 2005).

Na Amazônia, o fator ambiental é um elemento relevante na análise dessa questão, pois alterações no meio ambiente expõem a população ao risco de adquirir a parasitose, pelo fato da floresta ser o habitat natural do vetor, sendo que a derrubada da mesma altera toda a dinâmica do processo, em particular de doenças vetoriais como a malária.

Dentre as características da sociedade amazônica que estão relacionadas à prevalência de endemias regionais, destacam-se o alto índice de desenvolvimento por migração nas últimas três décadas, o crescimento urbano desordenado sem o acompanhamento de infra-estrutura sanitária e o desmatamento, sendo estes os fatores primordiais das transformações ambientais responsáveis por altos riscos à saúde humana (CONFALONIERI, 2005c). O avanço das atividades econômicas e moradias nas localidades situadas próximo a regiões de floresta resultam também em dinâmicas populacionais e econômicas que ocorrem nos municípios amazônicos. Essa dinâmica da mobilidade populacional revela que os municípios que concentram a maioria dos casos de malária, que em geral são áreas onde as pessoas recém-chegadas, as habitações e as condições de trabalho são precárias em termos de infra-estrutura, ficam próximos às regiões florestadas ou desmatadas e coleções de água disponível em superfície (VERONESI; FOCACCIA, 1996).

Portanto, as condições do meio ambiente são fatores determinantes para a malária, pela evidente relação entre a abundância da distribuição de chuva com a incidência da doença (REY, 2002). Considerando-se o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) como um mecanismo climático que interfere no comportamento atmosférico em escala global e regional, as mudanças ocasionadas nos anos de sua ocorrência são relevantes, por provocarem alterações na relação clima x dinâmica das doenças infecciosas regionais. Eventos extremos de tempo ou mudanças climáticas podem ter influência na economia e saúde pública. Estudos realizados sobre a relação de eventos ENOS e a epidemia de malária na Ilha de Cotijuba (distrito de Belém-PA) revelaram sensíveis alterações na incidência da doença na ilha, devido o fenômeno alterar o volume da precipitação, podendo influenciar conseqüentemente no ciclo biológico do inseto (RIBEIRO, 2003).

Assim sendo, o desenvolvimento de estudos observacionais, com o intuito de investigar a existência de possíveis relações entre a incidência de malária e a variabilidade pluviométrica regional na Amazônia, tornam-se extremamente relevantes, pelo fato da variável climática ser um dos fatores que interferem sensivelmente na presença e densidade da população de anofelinos, já que na região em estudo, outras variáveis como temperatura e umidade apresentam-se em regimes e amplitudes de variação relativamente estáveis. Não há dúvidas de que a abordagem desse tipo de estudo, com a obtenção de resultados e interpretações aplicadas, pode servir como base científica potencialmente útil ao planejamento e formulação de políticas públicas preventivas de saúde, através de trabalhos interdisciplinares, com vistas à redução das epidemias de doenças tropicais (NOGUEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2003).

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo diagnóstico sobre o comportamento da incidência de malária em quatro diferentes regiões do Estado do Pará, buscando suas possíveis relações com a variabilidade climática regional, bem como com o crescimento populacional e taxas de desmatamento.

Os objetivos específicos deste trabalho foram ordenados da seguinte maneira:

- i) Estabelecer os aspectos climatológicos de precipitação anual e mensal das características médias dos índices de malária registrados nos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu;
- ii) Diagnosticar as relações entre os índices anuais de malária e a precipitação observada na estação meteorológica, bem como os dados de população para cada um dos quatro municípios;
- iii) Analisar o comportamento anual dos índices de malária diante das taxas de desmatamento estimados para o Estado do Pará;
- iv) Com base nos dados anuais, estabelecer os cenários da variabilidade climática tropical (padrões climáticos observados nos Oceanos Pacífico e Atlântico) e regional (padrões observados de precipitação sobre o Pará) associados aos anos com incidência de malária nas categorias acima e abaixo do normal em cada município;
- v) Com base nos dados mensais, estabelecer quais os impactos dos mecanismos de variabilidade climática do Pacífico e Atlântico que regulam o clima regional sobre o Pará e conseqüentemente a incidência de malária ao longo do Estado como um todo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A MALÁRIA

#### 2.1.1 Agente Etiológico

O agente da malária humana (assim como de mamíferos e aves) pertence à família *Plasmodiidae* e ao gênero *Plasmodium*. As espécies que habitualmente parasitam o homem são quatro: *Plasmodium falciparum* (responsável pela maioria dos casos fatais), *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale* e *Plasmodium malariae* (REY, 2002). É caracterizado pela tríade sintomática: febre, calafrio e cefaléia (TAVARES;MARINHO, 2005). No Brasil, não existe a infecção pelo *P. ovale* e a infecção pelo *P. malariae* é muito rara. As formas que mais prevalecem no país são *P. vivax*, responsável pelo maior número de pacientes infectados, e o *P. falciparum*, responsável pelas formas de maior gravidade. Supõe-se (em uma das hipóteses que explicam a malária nas Américas) que já existiam no continente os parasitos *P. vivax* e *P. malariae*, antes da descoberta do continente, e o *P. falciparum* foi trazido pelos espanhóis e portugueses com os escravos negros (VERONESI; FOCACCIA, 1996).

De acordo com Neves (2003), as espécies que parasitam o homem possuem as seguintes características:

- *Plasmodium falciparum*: produz a febre terçã maligna, com quadros clínicos em que os acessos febris repetem-se ciclicamente com intervalos 36 a 48 horas. É responsável pela maioria dos casos fatais. Período de incubação de 7 a 10 dias;
- *Plasmodium malariae*: causa febre quartã, que se caracteriza pela ocorrência de acessos febris a cada 72 horas. Período de incubação de 30 dias;
- *Plasmodium vivax*: febre terçã benigna, com acessos febris que retornam a cada 48 horas. Período de incubação de 10 a 15 dias;
- *Plasmodium ovale*: limitada ao continente Africano, responsável por outra forma de febre terçã benigna, com ciclo de 48 horas. Período de incubação de 10 a 15 dias.

### 2.1.2 Agente Transmissor

O agente transmissor é a fêmea do mosquito do gênero *Anopheles* no hospedeiro vertebrado, demonstrada na Figura 1, que ao realizar o repasto sanguíneo para a maturação dos ovos, inocula esporozoítas que vão pela via circulatória invadir hepatócitos humanos (CIMERMAN; CIMERMAN, 2002).



Figura 1 – Ilustração do mosquito fêmea do gênero *Anopheles* sp.  
Fonte: Mosquito fêmea do Anopheles, 2007.

### 2.1.3 Ciclo Reprodutivo

O hospedeiro definitivo é aquele em que ocorre a reprodução sexuada, que nesta parasitose é o hospedeiro invertebrado (mosquito). Já o hospedeiro intermediário é aquele em que ocorre a reprodução assexuada, no caso, hospedeiro vertebrado (ex.: o homem). O ciclo de vida do plasmódio inicia-se com a picada do mosquito *Anopheles* no hospedeiro, quando é inoculado esporozoítas através da saliva do mosquito (introduzido em capilares subcutâneo) que vão invadir os hepatócitos, que se diferenciam em trofozoítos pré-eritrocíticos, produzindo esquizontes hepáticos (por reprodução assexuada), que produzem, após 6 a 16 dias da infecção, merozoítas (até 10.000 para *P.vivax*, 40.000 para *P.falciparum* e 7.500 a 18.600 para *P.malariae*), que são liberados na circulação sanguínea e invadem os eritrócitos (CIMERMAN; CIMERMAN, op. cit.). Os esporozoítas encontram-se recobertos por um polipeptídeo chamado proteína circunsporozoíta, que é alvo das vacinas antimaláricas. Alguns esporozoítos, no fígado, evoluem para uma forma chamada hipnozoíto (do grego *hypnos*, sono), que permanece latente no fígado por meses ou anos, estando relacionado com as recidivas tardias observadas nas infecções por *P.ovale* e *P.vivax* (NEVES, 2003).

O ciclo eritrocítico inicia-se quando merozoítos invadem os eritrócitos, sendo essa interação intermediada pelo reconhecimento de receptores específicos por parte dos

merozoítos, que são as glicoforinas (glicoproteínas presentes nos eritrócitos) para o *P.falciparum* e para o *P.vivax*, a glicoproteína do grupo sanguíneo *Duffy*. Através de esquizogonia eritrocítica (reprodução assexuada), forma-se merozoítos que invadirão novos eritrócitos. Nesta fase do ciclo, os parasitas metabolizam a hemoglobina da hemácia, originando um produto denominado hemozoína, um pigmento escuro que irá depositar-se em vários órgãos durante a evolução clínica da doença. Depois de um período de 3 a 15 dias após a sintomatologia clínica, parte dos merozoítos diferenciam-se em gametócitos masculinos (macrogametócitos) e femininos (microgametócitos), que não mais se dividem. Os gametócitos do *P.falciparum* amadurecem cerca de duas a três semanas e os do *P.vivax* tornam-se maduros em 36 horas, sobrevivendo no sangue periférico por apenas um dia.

Quando a fêmea do *Anopheles* se alimenta de um humano infectado, esta retira os gametócitos que irão realizar o ciclo sexuado no estômago do inseto, que seguirão o desenvolvimento no mosquito vetor, dando origem aos oocistos e depois esporozoítos (VERONESI; FOCACCIA, 1996). O ciclo sexuado é condicionado pela temperatura ambiente e só se realiza dentro de um determinado limite para cada espécie. No intestino médio do mosquito, fatores como temperatura inferior a 30°C e outros fatores estimulam a gametogênese poucos minutos após a ingesta do sangue (NEVES, op. cit.). Dura cerca de 10 a 12 dias para *P.falciparum* e 8 a 10 dias para *P.vivax*. Caso, depois de infectado, o mosquito viver menos que esse tempo, não poderá transmitir malária (REY, 2002). Seis fatores são importantes na virulência do plasmódio: capacidade de multiplicação, preferência por determinado estágio de vida da hemácia, habilidade para produzir citoaderência, potencialidades para induzir liberação de citocinas, antigenicidade não-reconhecida pelo hospedeiro e resistência às drogas antimaláricas (TAVARES; MARINHO, 2005). A possibilidade de variabilidade genética do protozoário tem importância epidemiológica na transmissão da doença, determinação de quadros clínicos diferenciados e resposta diferenciada para as drogas antimaláricas.

#### 2.1.4 Diagnóstico

É fechado através da união entre dados clínicos (febre intermitente, oriundo de zona endêmica, anemia, baço aumentado e doloroso, entre outros) com diagnóstico laboratorial, através de presença de *Plasmodium* no sangue periférico, seja em gota espessa e/ou esfregaço comum analisada após aplicadas técnicas laboratoriais. O hemograma, bilirrubinemia, coagulação, uréia e creatinina são exames complementares. Faz-se necessário também o diagnóstico diferencial de outras doenças infecciosas e parasitárias como doença de chagas, leishmaniose visceral, etc (VERONESI; FOCACCIA, 1996).

#### 2.1.5 Tratamento

É diferenciado de acordo com o tipo de infecção, intensidade de acometimento e situações especiais, através da utilização de medicamentos que atuam nas diferentes fases do ciclo ou associação de medicamentos. Não é o objetivo do presente estudo adentrar essas especificidades.

### 2.2 ESTUDOS SOBRE MALÁRIA, CLIMA E MEIO AMBIENTE

Os impactos na saúde humana ocasionados por fenômenos climáticos podem ocorrer através de mecanismos combinados, diretos ou indiretos. No caso do Brasil, existem várias doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis às variações do clima, principalmente aquelas de transmissão vetorial e também, por veiculação hídrica. O fenômeno ENOS tem impactos discerníveis na saúde humana em algumas regiões brasileiras (CONFALONIERI, 2003b). A relação chuva e malária já é um fato evidente, como mencionado anteriormente. Porém, essa influência varia de espécie para espécie de vetor. Chuvas pesadas podem arrastá-los para lugares inadequados ou destruir os criadouros de espécies que se desenvolvem em pequenas coleções de água. Contudo, no geral, as chuvas favorecem a multiplicação dos insetos, principalmente quando as precipitações são moderadas, intermitentes e alternadas com períodos de insolação (REY, 2002).

Outros fatores como temperatura e umidade também são relevantes na relação malária e clima, por interferirem sobre a fisiologia do inseto e duração do ciclo. Temperaturas mínimas muito abaixo de 20°C e acima de 33°C prejudicam o ciclo (pode impedir que se completem). Porém, entre esses extremos, o ciclo esporogônico é tanto mais rápido quanto mais elevada for a temperatura. Em relação ao inseto adulto, a vida média do mosquito é muito curta em climas secos, impedindo que os plasmódios possam completar seu ciclo (REY, 2002). O ciclo de vida dura em média cerca de 30 dias. A sobrevivência para as diversas espécies pode chegar a 60-100 dias. Este tempo de vida pode variar muito conforme fatores tais como temperatura e umidade do ar, principalmente. Por outro lado, o anofelino macho vive por um tempo bem menor que as fêmeas e, não raro, por uns poucos dias. É importante lembrar que, ao nascer, as fêmeas de mosquitos são incapazes de transmitir qualquer doença. Isto somente ocorrerá se após alguns dias, ao alimentar-se com sangue de algum animal ou de um ser humano, estas fêmeas ingerirem também formas viáveis de parasitas, como é a situação aqui apresentada com o anofelino e o *Plasmodium* (SANTOS,2002b).

O ritmo de propagação da malária se dá de acordo com as chuvas nas regiões tropicais, onde temos temperatura pouco variável e inconstância nos índices de umidade. A estiagem diminui a população dos mosquitos. Nas regiões subtropicais, há períodos em que a temperatura cai muito, impedindo a atividade de qualquer tipo de vetor e fazendo com que a transmissão seja interrompida. Com isso, caracterizam-se, fora desses períodos, os surtos epidêmicos. De acordo com Deane (2001), as divergências de incidência da parasitose em diferentes período pode estar relacionadas a proliferação dos mosquitos:

Nas localidades onde há dois vetores, um pode proliferar melhor numa época do ano e o outro em outra, como parece ser o caso de Belém, onde na faixa litorânea da cidade a malária é de baixa endemia, com surtos epidêmicos intensos durante a estação chuvosa, enquanto na parte alta a endemicidade é maior, e as epidemias ocorrem geralmente no início do estio (Deane, op. cit.).

A Figura 2 mostra as regiões do globo onde se processam a maior parte dos casos de malária. As regiões temperadas apresentam surtos instáveis de malária, por causa dos invernos longos e do clima frio em geral, em que apenas o *Plasmodium vivax* é capaz de sobreviver. A influência da temperatura na transmissão da malária é muito grande por influir sobre a fisiologia dos insetos. Nas regiões equatoriais do globo, onde as condições climáticas são relativamente estáveis, a transmissão da malária é permanente e a intensidade com que se

propaga à infecção é elevada. Nas regiões tropicais, havendo alternância de uma estação chuvosa e outra seca, mesmo permanecendo elevada a temperatura, a falta de umidade reduz temporariamente a população de anofelinos mais capazes. A doença adquire um ritmo estacional, relacionado com as chuvas e umidade atmosférica, ainda que possa ocorrer durante todo o ano (SANTOS, 2002a).

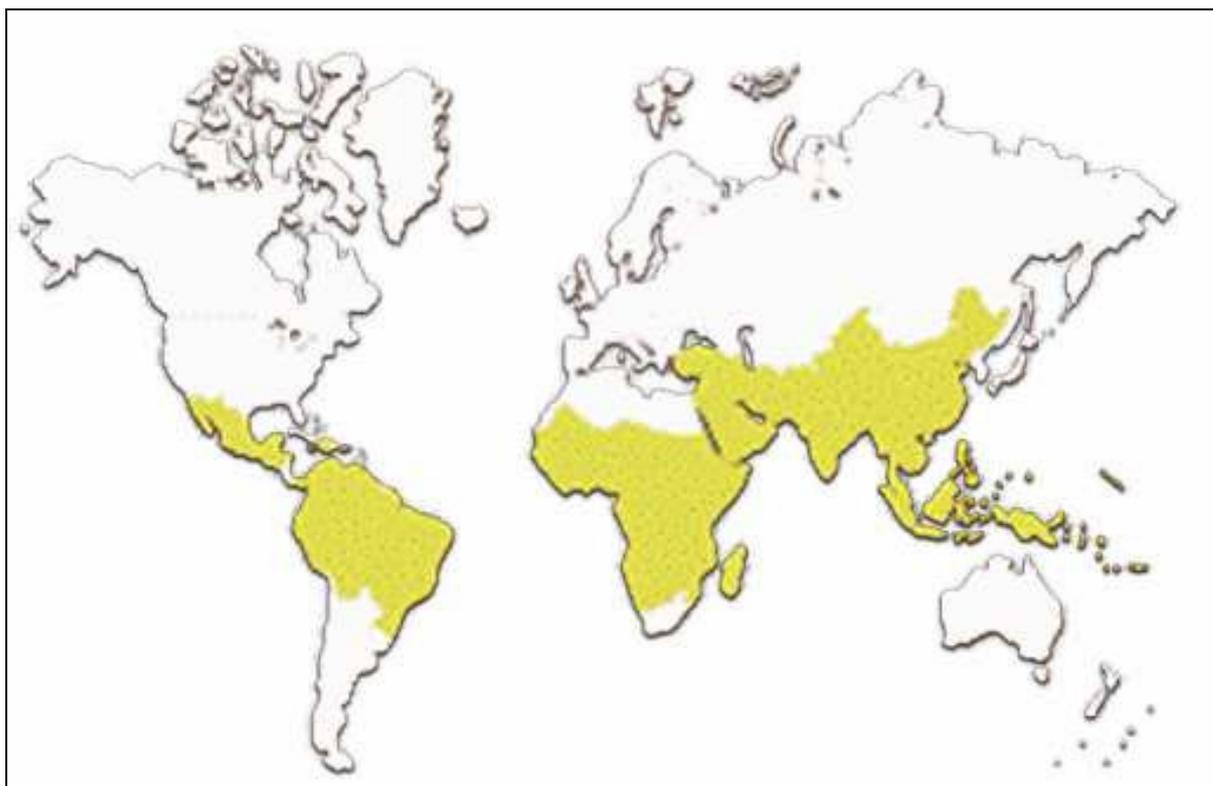


Figura 2 - Distribuição da malária (áreas sombreadas) nas áreas continentais do globo terrestre.

Fonte: Adaptada de [www.who.int/tdr/diseases/malaria/diseaseinfo.htm](http://www.who.int/tdr/diseases/malaria/diseaseinfo.htm)

Um dos fenômenos climáticos mais estudados em todo globo, nas mais diversificadas abordagens, inclusive da sua relação com doenças tropicais, é o ENOS sobre o Oceano Pacífico. A ocorrência do El Niño 1997/98 teve como efeito o surto e ressurgimento de doenças transmitidas por insetos, roedores ou pela água após as ondas de calor, inundações ou seca no globo, decorrentes do fenômeno. Na Amazônia, em relação à malária, houve um aumento no número de casos (COLAVITTI; GIRARD, 2002). Esse é um dos exemplos em que o fator climático interfere no processo saúde x doença. Essa alteração no regime de chuvas tem relação com o ciclo de vida do mosquito transmissor da malária: *Anopheles*. Estudos realizados no Sudão revelaram que mesmo nos primeiros três meses do período seco (de novembro a fevereiro), ainda encontrava-se uma população relevante de anophelinos

responsáveis pela transmissão e alta incidência da parasitose neste período. Mas a partir do quarto mês de seca, inicia-se o decréscimo da infecção, confirmando a sazonalidade da doença em relação ao regime de precipitação e ciclo de vida do mosquito (HAMAD, 2002). Em alguns países da América do Sul a incidência de malária comporta-se diferentemente em associação aos eventos El Niño. Na Colômbia e Venezuela aumentou o número de casos, enquanto que no norte do Brasil (Amazônia), há certa tendência de diminuição do número de casos (CONFALONIERI, 1999a).

### 2.3 MECANISMOS REGULADORES DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA

Uma das principais características do clima da Amazônia é a presença de um amplo espectro de variações, tanto no espaço como no tempo, da atividade convectiva tropical (nebulosidade) e precipitação, as quais tornam-se as variáveis climáticas mais importantes da região.

A precipitação na Amazônia exibe um ciclo anual bem definido com máximo (período chuvoso) durante o verão e outono e mínimo (período seco ou menos chuvoso) durante o inverno austral (MARENGO et al., 2001; SOUZA; AMBRIZZI, 2003). O total anual de precipitação sobre a Amazônia Legal apresenta dois máximos principais. Um máximo localizado na porção ocidental com volume de chuva aproximadamente entre 2300 e 3500 mm, estendendo-se numa orientação noroeste-sudeste desde o Estado do Amazonas até o centro-norte do Mato Grosso e sudoeste do Pará. Este máximo ocorre principalmente durante o verão (novembro a fevereiro) e associa-se primariamente com a manifestação da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS (CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004). E um segundo máximo de precipitação situado na porção oriental, ao longo da costa Atlântica dos Estados do Amapá, Pará e Maranhão, com volume de chuva em torno de 2000 a 2900 mm. Este máximo ocorre principalmente durante o outono (fevereiro a maio), quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge sua posição mais austral sobre o Oceano Atlântico equatorial (SOUZA; KAYANOS; AMBRIZZI, 2004). Outros sistemas de escala menor, tais como as Linhas de Instabilidade (COHEN et al., 1995) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (COUTINHO, 2007) também exercem forte influência no volume de chuva observado na Amazônia oriental.

Com base numa investigação diagnóstica sobre o comportamento da precipitação na Amazônia oriental, Vitorino (2002) e Souza (2003) estabeleceram objetivamente os principais modos de variabilidade temporal da chuva nesta região. Os resultados reportados por estes trabalhos evidenciaram a manifestação de um amplo espectro de variabilidade pluviométrica oscilando desde a escala de tempo decadal (~14 anos), interanual (em torno de 2 a 6 anos), intrasazonal (30 a 60 dias), sub-mensal (15 a 20 dias) até a escala de alta frequência (menor do que 3 dias). Estas evidências são consistentes com estudos anteriores que demonstraram a existência de mecanismos dinâmicos reguladores da variabilidade de chuva na região nas diversas escalas de tempo e espaço.

De relevância ao entendimento dos resultados a serem investigados no presente trabalho, é a caracterização dos principais mecanismos que regulam a variabilidade climática regional sobre a Amazônia oriental, com ênfase ao Estado do Pará. Estes mecanismos funcionam basicamente na escala de tempo interanual e sazonal.

A variabilidade interanual do regime chuvoso sobre a Amazônia é diretamente influenciada pelos modos climáticos de grande escala dominantes sobre os dois oceanos tropicais adjacentes. Estes modos desencadeiam interações entre o oceano e a atmosfera e estão relacionados basicamente aos seguintes mecanismos:

- O ciclo do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico (TRENBERTH, 1997);
- E as fases do “Dipolo” ou Gradiente meridional e inter-hemisférico das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia intertropical do Oceano Atlântico (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA; NOBRE, 1998; SOUZA; ALVES; NOBRE, 1998).

No que se refere ao Oceano Pacífico, o fenômeno ENOS apresenta duas fases opostas: a fase quente ou El Niño e a fase fria ou La Niña. As condições associadas aos episódios El Niño caracterizam-se pela manifestação de anomalias positivas de TSM (águas mais quentes que o normal) sobre o Pacífico centro-leste. Essas condições se invertem durante os episódios de La Niña, ou seja, observam-se anomalias negativas (águas mais frias que o normal) de TSM sobre o Pacífico centro-leste (TRENBERTH, op. cit.).

Sobre a bacia oceânica do Atlântico tropical, durante os meses do outono austral, isto é, março-abril-maio, período coincidente com a estação chuvosa na Amazônia oriental, o modo de variabilidade de grande escala dominante é o conhecido Padrão de Dipolo do Atlântico (HASTENRATH; HELLER, 1977; MOURA; SHUKLA, 1981) ou atualmente denominado de Gradiente de anomalias de TSM no Atlântico intertropical (SOUZA; KAYANOS; AMBRIZZI, 2005). O Padrão de Dipolo caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical. Este padrão térmico inverso gera, conseqüentemente, o aparecimento de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico sobre o Atlântico Equatorial, o qual exerce influências no deslocamento norte-sul da ZCIT, que constitui-se no principal sistema meteorológico indutor de chuvas na região da Amazônia oriental.

Os resultados das pesquisas, nas últimas décadas, mostraram sólidas evidências de que o efeito combinado de ambos os padrões oceano-atmosfera sobre o Pacífico e Atlântico modulam diretamente a distribuição espaço/temporal da pluviometria regional sobre a Amazônia. Considerando a concepção do efeito combinado Pacífico + Atlântico, Souza et al. (2005), com base nos tradicionais índices de monitoramento do ENOS e do Gradiente de TSM no Atlântico observados entre 1982-2001, definiram dois contrastantes cenários climáticos caracterizados como favorável (FAV) e desfavorável (DESFAV) ao regime chuvoso da região. Esses cenários são ilustrados na Figura 3 considerando a média para os meses de janeiro a maio (JFMAM). O sinal das anomalias de TSM (mapa acima à esquerda) indica a manifestação de El Niño (anomalias positivas de TSM) sobre o Pacífico e do dipolo positivo (anomalias positivas no norte e negativas ao sul) ou gradiente térmico apontando para a bacia norte do Atlântico intertropical, caracterizando o cenário DESFAV. Por outro lado, a ocorrência de La Niña (anomalias negativas de TSM) sobre o Pacífico e do dipolo negativo (anomalias positivas ao sul e negativas ao norte) ou gradiente térmico apontando para a bacia sul do Atlântico intertropical, caracteriza o cenário FAV. O cenário DESFAV (FAV) associa-se com a inibição (intensificação) da ZCIT ao sul do equador e, conseqüentemente, contribui para um regime chuvoso predominantemente deficitário (abundante) em grande parte da Amazônia oriental, devido à presença e anomalias negativas (positivas) de precipitação regional (mapas no painel inferior).

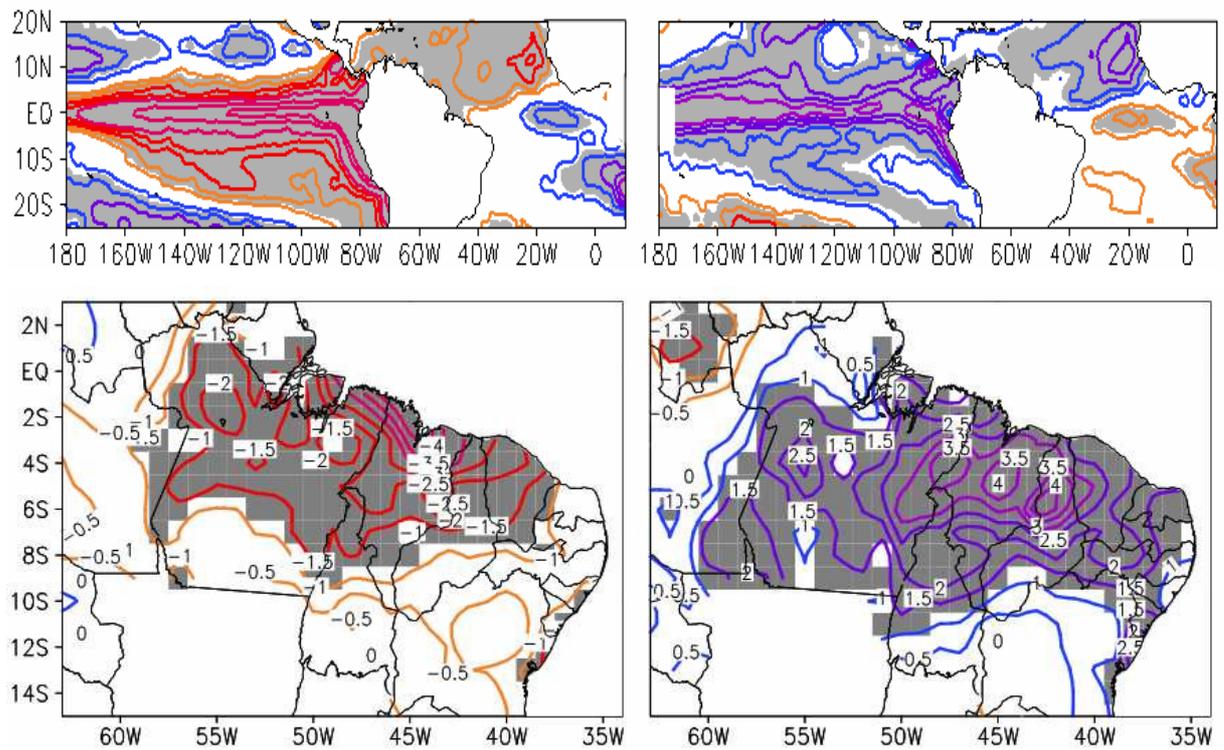


Figura 3 – Composições das anomalias de TSM sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico e precipitação sobre o Brasil tropical. Paineis esquerdo: cenários de El Niño sobre o Pacífico e Dipolo positivo no Atlântico intertropical; Paineis direito: cenários de La Niña sobre o Pacífico e Dipolo negativo no Atlântico intertropical. Fonte: Adaptado de Souza et al. (2005).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O Estado do Pará está localizado na região Norte do Brasil, abrangendo uma área total de 1.253.164,5 Km<sup>2</sup>, sendo formado por 143 municípios. Limita-se ao norte com o Suriname e Amapá; a nordeste com o Oceano Atlântico; a leste com o Maranhão; ao sul com Mato Grosso; a oeste com Amazonas; a noroeste com Roraima e Guiana, no sudeste com Tocantins e sudoeste com Amazonas e Mato Grosso. O Pará localiza-se na faixa equatorial, apresentando altas temperaturas e elevados índices pluviométricos, sendo este o elemento meteorológico de maior variabilidade da região e o principal fator utilizado na subdivisão dos climas dentro do Estado, que apresenta uma grande e diversa extensão territorial. Em extensão, o Pará é o segundo maior Estado da federação; sua área representa 14,66% do território brasileiro. Têm vegetação e fauna caracterizadas pela variedade de espécies; inúmeros e caudalosos rios, igarapés, lagos e furos; clima quente e úmido, que varia entre os meses de muita chuva e outros com menor índice pluviométrico; e um relevo dividido entre planícies e áreas mais elevadas (CORDEIRO et al., 2002).

No presente trabalho, foram abordados quatro municípios representativos de diferenciadas regiões do Estado. O município de Anajás representativo da mesorregião do baixo Amazonas, Itaituba representativo da mesorregião do sudoeste paraense, Santana do Araguaia representativo da mesorregião do sudeste paraense, e Viseu representativo da mesorregião do nordeste paraense. Todas essas regiões do Estado apresentam condições ambientais propícias à malária. A Figura 4 ilustra a localização dos municípios sobre o Estado do Pará, bem como as características da hidrografia destacando os principais rios em cada localidade.

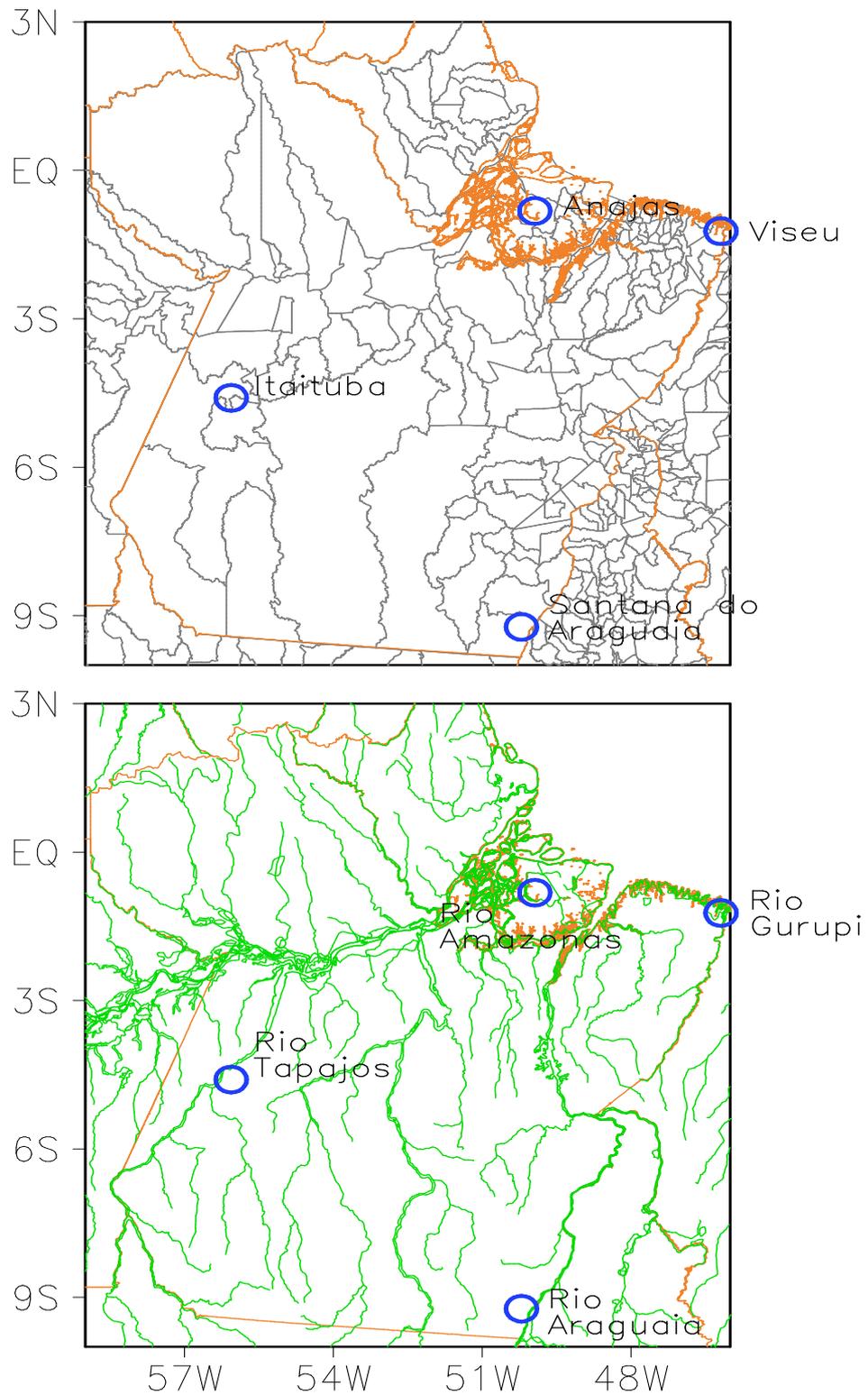


Figura 4 – Localização das áreas de estudo sobre o Estado do Pará com os municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu (painel acima) e da hidrografia da região destacando os rios principais.

A Figura 5 mostra a variação anual da precipitação no Estado do Pará reportado por Moraes et al. (2005), destacando as áreas que apresentam homogeneidade no sinal da chuva regional, com base num período de 23 anos de dados diários. Os quatro municípios selecionados para estudo do comportamento da malária localizam-se em regiões pluviométricas relativamente distintas quanto ao volume de precipitação anual.

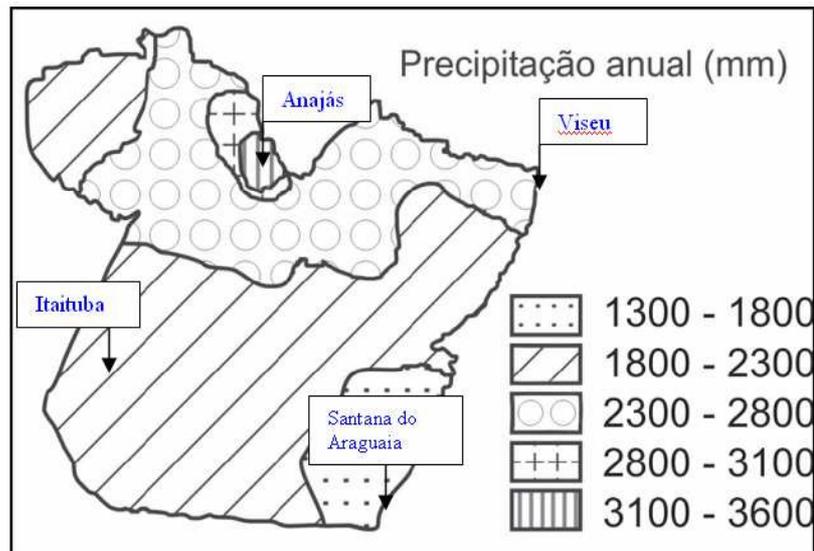


Figura 5 – Variação anual da precipitação sobre o Estado do Pará destacando a localização dos municípios estudados.

FONTE: Moraes et al. (2005).

Abaixo descrevem-se as características principais de cada um dos municípios estudados, nas quais consideramos que as condições econômicas de desenvolvimento e população são elementos importantes no estudo.

Anajás é um município que pertence a Microrregião do Furo de Breves, Mesorregião do Baixo Amazonas, juntamente com outros municípios como Afuá, Breves, Currallinho e São Sebastião da Boa Vista. Foi fundado em 25/11/1886. Em 1930 foi extinto e anexado à Afuá e em 1938 restaurou-se como município. Compreende uma área de 6.672 km<sup>2</sup>, representando 0,55% da área do Estado, sua densidade demográfica é de 2,62 habitantes por km<sup>2</sup> e apresenta um clima do tipo tropical chuvoso (ou superúmido). Tem uma economia baseada na pecuária. A população do município, mesmo com o crescimento, representa em média 0,30% da população do Estado, sendo aproximadamente 25% dos habitantes na zona urbana e 75% dos habitantes na zona rural (Informações das Cidades, 2007).

Itaituba é um município que pertence a Microrregião de Itaituba, Mesorregião do Sudoeste Paraense, juntamente com outros municípios como Aveiro, Jacareacanga, Novo Progresso, Rurópolis, Trairão. Foi fundada em 23/03/1900 como cidade (antes era

considerado vilarejo). Sua origem é consequência da conquista dos portugueses no Rio Tapajós. Desde 1742 o local já era explorado por ser uma região de minas por aventureiros. Compreende uma área de 161.875,30 km<sup>2</sup>. A população do município representa em média 1,53% da população do Estado, sendo aproximadamente 68% dos habitantes na zona urbana e 32% dos habitantes na zona rural. Sua extensão representa 4,97% da área do Estado e a densidade demográfica é de 1,52 habitantes por km<sup>2</sup>(Informações das Cidades, 2007). O sudoeste paraense é o que mais se identifica, em sua composição, com a Região Amazônica. A extração mineral e vegetal é a atividade econômica de maior valor de produção. Situada em uma área de fronteira, sofreu impactos de políticas governamentais, como aberturas de estrada (Br 230 - Transamazônica e BR 163 – trecho Cuiabá-Santarém); assentamento de colonos (através de programas do INCRA, que estimulava a migração de diversas partes do país) e alocação de capital de diferentes atividades (programas como Pólo-Tapajós e Pólo-Altamira, segmentos locais do Programa Polamazônia, com investimentos agropecuários, industriais, de produção de energia, desenvolvimento de transporte fluvial e colonização do INCRA). Outra atividade característica é a extração de minerais, como a exploração do ouro, calcário, cassiterita e com extração vegetal, pela exploração madeireira, da castanha- do- Pará entre outras. O resultado dos projetos do governo é que não promoveram o desenvolvimento como se planejara e como saldo ficou a grande devastação da floresta amazônica.

Santana do Araguaia é um município que pertence a Microrregião de Conceição do Araguaia, Mesorregião do Sudeste Paraense, juntamente com outros municípios como Conceição do Araguaia, Santa Maria das Barreiras e Cumaru do Norte. É um dos municípios de fundação recente: 29/12/1961. Compreende uma área de 11.598,90 km<sup>2</sup> (ocupa cerca de 43% da microrregião a qual pertence) e apresenta um clima do tipo equatorial superúmido. A população do município, mesmo com o crescimento, representa em média 0,50% da população do Estado, sendo aproximadamente 55% dos habitantes na zona urbana e 45% dos habitantes na zona rural, e sua área ocupando 0,93% da área de todo o Estado e apresentando uma densidade demográfica de 2,67 habitantes por km<sup>2</sup> (Informações das Cidades, 2007). A ocupação do sudeste paraense teve como atração a garimpagem e a pecuária extensiva, sendo a castanha do Pará uma atividade considerável. Apesar de também ter sido sede de grandes programas governamentais (de estrada e econômico), a região não superou seus problemas sociais. O Projeto de Ferro Carajás da Companhia Vale do Rio Doce (que explora o potencial mineral de ferro, ouro, manganês, níquel, cobre, bauxita, cassiterita, entre outros), não teve a capacidade de promover melhoras no quadro da região, mesmo com a rodovia PA 150/158

Viseu é um município que pertence a Microrregião do Guamá, Mesorregião do Nordeste Paraense, juntamente com outros municípios como Aurora do Pará, Capitão Poço, Garrafão do Norte, Ipixuna, Irituia, Mãe do Rio, Nova Esperança do Piriá, Ourém, Santa Luzia do Pará, São Domingos do Capim e São Miguel do Guamá. Foi fundada desde 1895 como cidade (antes era considerado vilarejo de outros municípios próximos). Compreende uma área de 10.072,91 Km<sup>2</sup> e apresenta um clima do tipo equatorial superúmido. A população do município hoje representa 0,83% da população do Estado, sendo aproximadamente 32% habitantes na zona urbana e 68% habitantes na zona rural. Sua extensão representa 0,39% da área do Estado, sua densidade demográfica é de 10,29 habitantes por km<sup>2</sup> (Informações das Cidades, 2007).

## 3.2 BASE DE DADOS

### 3.2.1 Índices de malária

O estudo foi realizado através de levantamento de dados de malária registrados em quatro municípios do Estado do Pará (Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu), classificados como locais de risco da doença e localizados em regiões distintas principalmente no aspecto regime de precipitação anual (Figura 5), características que foram determinantes na seleção dos referidos municípios.

A seleção dos municípios baseou-se na classificação epidemiológica do Índice Parasitário Anual (IPA), definido como o total de exames positivos notificados em um determinado ano, dividido pelo total da população estimada por município ou pelo Estado como um todo para um determinado ano, e multiplicado por mil, conforme expressão abaixo:

$$\text{IPA} = \left[ \frac{\text{Número de exames positivos notificados}}{\text{População total anual estimada}} \right] \times 1000$$

De acordo com valor do IPA, temos um critério de classificação epidemiológica da malária conforme estabelecido pela FUNASA (2001) e mostrado na TABELA 1.

TABELA 1 - Estratificação epidemiológica da área malárica de acordo com o IPA

| <b>Classificação da área</b> | <b>Valor do IPA</b> |
|------------------------------|---------------------|
| Área de alto risco           | IPA ≥ 50            |
| Área de médio risco          | 10 < IPA < 50       |
| Área de baixo risco          | 1 < IPA < 10        |
| Área sem risco               | IPA < 1             |

Fonte: FUNASA, 2001.

Toda a base de dados da incidência de malária é proveniente dos Sistemas Endemias (1992 - 2000), Sistema de Informação sobre Malária/SISMAL (2000-2002) e Sistema de Informação Epidemiológica/Malária – SIVEP (2002-2005), todos ligados ao SIAB - Sistema de Informação Básica, referentes aos anos de 1970 a 2005, através da análise de indicador malariométrico o IPA. Os dados foram liberados pela Secretaria de Saúde do Estado

do Pará - SESPA. Portanto, os dados anuais de malária que deram base ao cálculo do IPA referem-se ao período de 1970 a 2005 (35 anos de dados).

Para melhor análise das variações e correlações de dados de malária e precipitação, levantaram-se dados mensais no período de 1992 a 2005 (período em que se têm disponíveis informações mensais da incidência de malária). Para tal análise, calculou-se o Índice Parasitário Mensal (IPM), definido pelo total de exames positivos notificados em um mês, divididos pelo total da população estimada por município para um determinado ano, multiplicado por mil, conforme expressão abaixo:

$$\text{IPM} = \left[ \frac{\text{número de exames positivos notificados no mês}}{\text{população total anual estimada}} \right] \times 1000$$

### 3.2.2 Precipitação

Utilizou-se uma série de 35 anos de dados de precipitação coletados nas estações pluviométricas localizadas nos quatro municípios selecionados ou próximos deles, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que possuem estações climatológicas dispersas pelo Estado do Pará (MORAES et al., 2005). Tanto dados da incidência de malária como de precipitação são dados secundários, obtidos através de instituições que realizaram estes levantamentos. Mesmo utilizando duas fontes de dados de chuva (ANA e INMET), ainda se verificaram falhas de dados em alguns períodos, as quais foram preenchidas utilizando outra base de dados a ser descrita abaixo. Os pontos de localização de cada estação meteorológica em estudo estão abaixo listados na TABELA 2. Foram considerados os pontos das estações localizadas nas respectivas cidades.

TABELA 2 – Coordenadas geográficas em graus das estações meteorológicas nas quatro municípios.

| Município           | Latitude | Longitude |
|---------------------|----------|-----------|
| Anajás              | 0,82°S   | 49,94°S   |
| Itaituba            | 5,18°S   | 56,06°S   |
| Santana do Araguaia | 9,23°S   | 50,21°S   |
| Viseu               | 1,23°S   | 46,19°S   |

FONTE: (ANA, 2007)

Utilizaram-se ainda, os dados de precipitação dispostos em ponto de grade cobrindo a região da Amazônia. Esses dados foram obtidos junto ao Climate Prediction Center (CPC) pertencente ao National Centers for Environmental Prediction (NCEP). O CPC/NCEP recebe rotineiramente os dados meteorológicos do mundo inteiro através do Global Telecommunication System (GTS), gerando produtos úteis para a comunidade científica. Recentemente, foi disponibilizada a base de dados de precipitação diária para a América do Sul, para o período de 01 de janeiro de 1970 até 31 de dezembro de 2006. A precipitação diária é gerada através da interpolação espacial dos dados observados das estações meteorológicas de superfície, a qual é reportada na codificação SYNOP das 12UTC. Essas estações são derivadas da rede observacional do INMET, Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC), ANA e diversos centros estaduais de meteorologia. Na geração desta base de dados utiliza-se um controle de qualidade e métodos de interpolação espacial descritos detalhadamente em Shi et al. (2000), sendo que alguns resultados sobre a consistência destes dados foram reportados em CARVALHO, JONES, LIEBMANN (2004) e Silva et al. (2005). A Figura 6 mostra a localização das estações meteorológicas utilizadas na interpolação dos dados sobre a região da Amazônia.

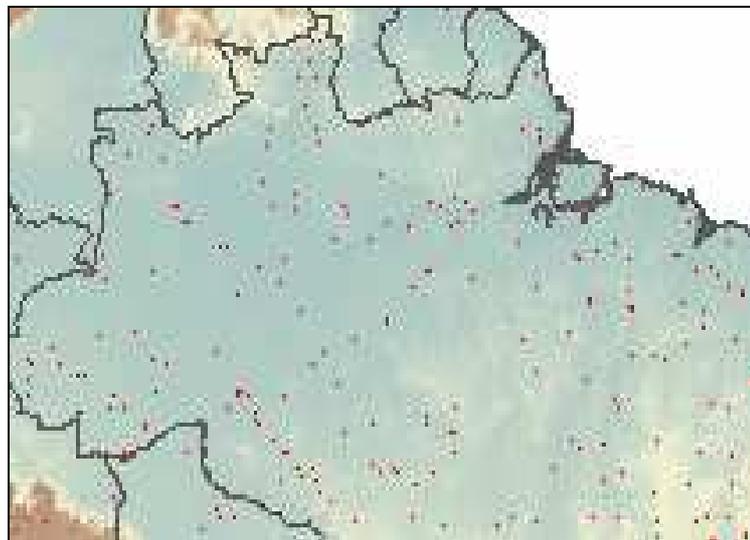


Figura 6 – Localização das estações (pontos vermelhos) sobre a Amazônia, usadas na interpolação dos dados de precipitação do CPC-NCEP. A região sombreada é a topografia.  
Fonte: (CPC-NCEP, 2007).

### 3.2.2 Índices de TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico

Para caracterizar os mecanismos climáticos tropicais e selecionar os eventos de El Niño e La Niña no Oceano Pacífico e as fases do Dipolo no Atlântico, utilizaram-se os índices de monitoramento climático disponíveis no CPC/NCEP. Esses dados são anomalias mensais de TSM representativos das regiões onde observam-se os respectivos fenômenos. O período dos dados estudados corresponde às médias anuais de 1970 a 2005 e às médias mensais de janeiro de 1991 a dezembro de 2005. A Figura 7 mostra as regiões espaciais onde coletam-se os índices de TSM para o monitoramento climático sobre o Pacífico (bacia equatorial) e Atlântico (bacias norte e sul).

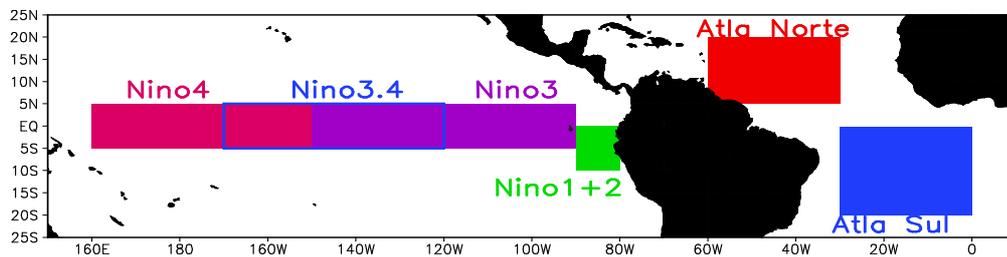


Figura 7 – Localização das regiões representativas dos índices de monitoramento climático sobre o Pacífico (bacia equatorial) e Atlântico (bacias norte e sul).

### 3.2.3 Taxas de Desmatamento no Estado do Pará

Os dados de desmatamento abordados durante o estudo são oriundos da base de dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), que consiste no monitoramento da floresta amazônica brasileira através de satélites, desde 1988, que vem produzindo estimativas anuais das taxas de desflorestamento da Amazônia Legal. A partir do ano de 2002, estas estimativas estão sendo produzidas por classificação digital de imagens, que garante precisão do geo-referenciamento dos polígonos de desflorestamento, de forma a produzir um banco de dados geográfico multitemporal. A partir dos incrementos de desflorestamento identificados em cada imagem, as taxas anualizadas são estimadas para a data de 1 de agosto do ano de referência.

### 3.2.4 Dados de população

Os dados de população que participam como variável no cálculo do IPA e IPM foram obtidos na SESPA, junto ao setor de epidemiologia da secretaria, em virtude do IPA fornecido pela secretaria (pelo setor de endemias) apresentar o mesmo número populacional para diferentes anos do cálculo da variável. No intuito de tornar mais fidedignos os índices malariométricos, optou-se por recalculá-los.

### 3.3 Metodologia

#### 3.3.1 Método dos Quantis

A metodologia estatística de análise dos dados anuais e mensais utilizada neste trabalho é a Técnica dos Quantis. Essa técnica é adequada tanto para dados de chuva quanto para malária, por permitir quantificar o nível de gravidade e ocorrência de um determinado evento por faixas ou categorias de ordem quantílicas, comportando faixas de transição, de uma ordem à outra, adequadas ao evento estudado (XAVIER; XAVIER, 1999).

Basicamente, a formulação desta técnica é a seguinte (conforme XAVIER; XAVIER, op. cit.; XAVIER et al., 2002):

Seja uma série temporal  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  contendo os dados anuais ou mensais de IPA ou precipitação nas estações dos quatro municípios, com  $n$  sendo o tamanho da amostra, ou seja,  $n = 35$  para os dados anuais (1970-2005), e  $n = 14$  para os dados mensais considerando cada mês entre os anos de 1992 a 2005. Com base nesta série contínua, calculam-se os quantis ou percentis  $Q(0,15)$ ,  $Q(0,35)$ ,  $Q(0,65)$  e  $Q(0,85)$  cuja finalidade é permitir a delimitação das faixas ou categorias dos dados observados. Assim sendo, considerando que  $Q(p)$  são as ordens quantílicas  $p=0,15$ ;  $0,35$ ;  $0,65$ ; e  $0,85$ , logo um determinado dado de chuva do ano  $i$  passa a ser considerado na categoria:

|               |        |                              |
|---------------|--------|------------------------------|
| MUITO SECO    | quando | $X_i \leq Q(0,15)$           |
| SECO          | quando | $Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$ |
| NORMAL        | quando | $Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$    |
| CHUVOSO       | quando | $Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$ |
| MUITO CHUVOSO | quando | $X_i \geq Q(0,85)$           |

Aplicando os procedimentos acima nas séries temporais contendo os dados de índice de malária em cada município, temos as seguintes categorias de percentis:

|                        |        |                              |      |                        |
|------------------------|--------|------------------------------|------|------------------------|
| Incidência MUITO BAIXA | quando | $X_i \leq Q(0,15)$           | para | $P_i \leq 0,15$        |
| Incidência BAIXA       | quando | $Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$ | para | $0,15 < P_i \leq 0,35$ |
| Incidência MÉDIA       | quando | $Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$    | para | $0,35 < P_i < 0,65$    |
| Incidência ALTA        | quando | $Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$ | para | $0,65 \leq P_i < 0,85$ |
| Incidência MUITO ALTA  | quando | $X_i \geq Q(0,85)$           | para | $P_i \geq 0,85$        |

Para a categorização do valor em uma determinada faixa dos quantis, utilizando-se o software EXCEL fez-se necessário utilizar a fórmula:

$$=SE (B2<=B\$X;-1;0)+SE(B2<=B\$Y;-1;0)+SE(B2>=B\$T;1;0)+SE(B2>=B\$ Z;1;0)$$

Sendo que a letra B representa a coluna que célula que contém o dado categorizado e as letras X, Y, T e Z representam as células das categorias Q(0,35), Q(0,65) e Q(0,85) anos posteriores. Os resultados desta fórmula para o cálculo das anomalias categorizadas resultam nos valores de -2, -1, 0, 1 e 2 os quais representam anomalias nas categorias Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, respectivamente.

### 3.3.2 Composições

A técnica de composições é conhecidamente eficiente em identificar os padrões médios e características principais associadas a um determinado fenômeno climático ou outro evento que ocorre com certa periodicidade. A eficácia dessa ferramenta depende muito dos critérios de seleção do fenômeno ou evento a ser analisado, os quais devem ser bem fundamentados. Neste trabalho foi utilizado da referida técnica de composições em duas etapas com dois propósitos complementares:

- Nas composições da análise dos dados anuais, com a finalidade de se estabelecer a configuração espacial da variabilidade climática tropical (relacionada ao sinal das anomalias de TSM observadas sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico) bem como a variabilidade climática regional (chuva sobre o Estado do Pará) associada aos cenários montados com base nos índices de IPA categorizados para cada município;
- Nas composições da análise dos dados mensais, com o objetivo de avaliar as influências ou impactos do Pacífico e Atlântico na variabilidade climática regional e, por conseguinte, na incidência de malária no Estado do Pará nos quatros municípios estudado.

### 3.3.3 Seleção de eventos climáticos sobre o Pacífico e Atlântico

As fases do ENOS no Oceano Pacífico, ou seja, os eventos El Niño e La Niña, foram definidos de acordo com o critério de Trenberth (1997). Define-se um evento El Niño

(La Niña) quando os índices das anomalias mensais de TSM nas regiões do Niño3 apresentam anomalias  $\geq +0,5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$ ) por cinco meses consecutivos durante o período de outubro (ano 0) até março (ano +1).

As fases do Dipolo ou Gradiente de anomalias de TSM no Oceano Atlântico são definidas de acordo com a metodologia de Souza e Nobre (1998). Define-se um evento com Dipolo Positivo quando a diferença entre os índices das anomalias mensais de TSM nas áreas da Bacia Norte e Bacia Sul do Oceano Atlântico apresentam anomalias de TSM  $\geq +0,25^{\circ}\text{C}$  na Bacia Norte concomitantemente com anomalias de TSM  $\leq -0,25^{\circ}\text{C}$  na Bacia Sul por quatro meses consecutivos, entre janeiro e maio. Inversamente, define-se os eventos com Dipolo Negativo, ou seja, quando a diferença entre os índices das anomalias mensais de TSM nas áreas da Bacia Norte e Bacia Sul do Oceano Atlântico apresentam anomalias de TSM  $\geq +0,25^{\circ}\text{C}$  na Bacia Sul concomitantemente com anomalias de TSM  $\leq -0,25^{\circ}\text{C}$  na Bacia Norte naqueles mesmos quatro meses consecutivos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 DADOS ORIGINAIS E ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

Nesta secção, apresentam-se as tabelas contendo os dados tratados, base anual e base mensal, disponíveis para estudo. Discutem-se também os aspectos climatológicos obtidos quando calcula-se a média (climatologia) dos 35 anos (1970-2005) de dados anuais, como também a média (climatologia) dos 14 anos (1992-2005) dos dados mensais. Os mesmos aspectos climatológicos são considerados com base nos padrões médios (climatológicos) obtidos pelo método dos percentis.

#### 4.1.1 Dados Anuais

As séries históricas contendo os dados originais anuais do IPA, precipitação observada nas estações e a estimativa da população para as cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu encontram-se listadas na TABELA 3. Em virtude de problemas no sistema municipal de saúde responsável, não foi possível obter os valores do IPA para os anos de 1972 e 1973 em Anajás e os anos de 1984, 1985, 1986, 2001 e 2002 em Viseu. Entretanto, apesar desses dados faltantes, dispõe-se de séries históricas contendo mais de 30 anos de dados para cada localidade, o que permite fazer uma análise estatística climatológica consistente. Os dados anuais de precipitação e população nas quatro localidades não apresentam nenhuma falha no período analisado.

A média aritmética, que define a climatologia anual, dos dados do IPA, precipitação e população encontram-se no final da TABELA 3. Os valores da climatologia anual também são mostrados em forma gráfica na Figura 8. Observa-se que as maiores médias anuais de precipitação ocorrem, sequencialmente, em Anajás, Viseu, Itaituba e Santana do Araguaia com valores em torno de 2553 mm, 2219 mm, 1995 mm e 1548 mm, respectivamente. Em termos da incidência de malária estimada pelo IPA têm-se as maiores médias anuais se processando em Santana do Araguaia, Anajás, Itaituba e Viseu, com valores da ordem de 189, 177, 128 e 43, respectivamente.

TABELA 3 – Séries históricas dos dados anuais do IPA, precipitação e população nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viséu.

|          | IPA    |          |         |       | Precipitação |          |         |        | População |          |         |       |
|----------|--------|----------|---------|-------|--------------|----------|---------|--------|-----------|----------|---------|-------|
|          | Anajas | Itaituba | Santana | Viséu | Anajas       | Itaituba | Santana | Viséu  | Anajas    | Itaituba | Santana | Viséu |
| 1970     | 16     | 5        | 6       | 2     | 2662,8       | 1958,6   | 1503,9  | 2016,0 | 10167     | 13682    | 9651    | 34570 |
| 1971     | 3      | 20       | 1       | 6     | 2418,1       | 1554,6   | 1627,8  | 1986,7 | 10525     | 14160    | 9997    | 35203 |
| 1972     |        | 31       | 5       | 6     | 3307,5       | 2537,7   | 1666,8  | 1893,6 | 10908     | 14678    | 10343   | 35835 |
| 1973     |        | 21       | 23      | 4     | 3490,8       | 2288,4   | 2217,0  | 2987,2 | 11285     | 15185    | 10699   | 37072 |
| 1974     | 0      | 60       | 24      | 11    | 3445,9       | 2718,5   | 1818,6  | 3224,1 | 11674     | 15708    | 11068   | 38350 |
| 1975     | 1      | 93       | 42      | 26    | 3848,8       | 2035,2   | 1696,5  | 2959,1 | 12024     | 16215    | 11234   | 39106 |
| 1976     | 1      | 40       | 98      | 14    | 2135,9       | 1412,2   | 1295,8  | 2093,8 | 12158     | 33120    | 11528   | 39942 |
| 1977     | 0      | 54       | 65      | 15    | 2344,2       | 2027,5   | 1783,5  | 2808,8 | 12552     | 32138    | 11911   | 41234 |
| 1978     | 0      | 74       | 103     | 16    | 3229,4       | 1694,3   | 1446,2  | 3003,0 | 12479     | 36738    | 11475   | 40573 |
| 1979     | 1      | 85       | 243     | 6     | 2880,0       | 1898,6   | 2189,2  | 2098,1 | 9047      | 38810    | 11009   | 41764 |
| 1980     | 2      | 173      | 169     | 2     | 3158,8       | 1964,6   | 2533,6  | 2916,7 | 8923      | 41602    | 11004   | 42483 |
| 1981     | 4      | 190      | 96      | 7     | 2360,5       | 1434,8   | 1452,2  | 1633,4 | 8844      | 44394    | 11008   | 43202 |
| 1982     | 24     | 136      | 318     | 9     | 2174,2       | 2185,1   | 1421,7  | 1759,7 | 8833      | 59283    | 11999   | 43921 |
| 1983     | 105    | 262      | 489     | 18    | 1518,2       | 1439,4   | 1499,6  | 1608,7 | 8848      | 61216    | 12009   | 58654 |
| 1984     | 39     | 273      | 510     |       | 2011,1       | 2253,1   | 1469,0  | 2568,2 | 8886      | 66617    | 10599   | 59235 |
| 1985     | 18     | 194      | 473     |       | 2648,0       | 2345,8   | 2483,4  | 3046,1 | 8943      | 73927    | 11381   | 59813 |
| 1986     | 7      | 214      | 358     |       | 2298,1       | 1773,4   | 1557,6  | 2828,3 | 9027      | 77943    | 11984   | 60502 |
| 1987     | 4      | 262      | 364     | 18    | 1960,4       | 1627,8   | 1173,0  | 2008,9 | 9116      | 81959    | 12587   | 61191 |
| 1988     | 11     | 268      | 420     | 17    | 2342,5       | 2218,0   | 1244,9  | 2557,8 | 9219      | 85975    | 13190   | 61880 |
| 1989     | 15     | 297      | 384     | 20    | 2321,7       | 2383,9   | 1572,9  | 2796,8 | 13310     | 89991    | 13793   | 62569 |
| 1990     | 11     | 208      | 247     | 12    | 2283,8       | 1914,9   | 1334,2  | 1635,8 | 14038     | 108753   | 15105   | 62568 |
| 1991     | 14     | 195      | 234     | 12    | 2234,2       | 2154,4   | 1520,8  | 2414,9 | 14284     | 116402   | 15923   | 63173 |
| 1992     | 24     | 243      | 3       | 35    | 1974,1       | 1738,7   | 1648,5  | 1669,9 | 11287     | 93317    | 16815   | 56107 |
| 1993     | 47     | 157      | 154     | 37    | 2201,7       | 2103,3   | 1154,5  | 2323,4 | 12844     | 108912   | 17114   | 56616 |
| 1994     | 132    | 250      | 157     | 40    | 2674,0       | 2463,2   | 971,2   | 2615,9 | 12871     | 110753   | 17504   | 57915 |
| 1995     | 184    | 101      | 207     | 90    | 2461,3       | 2146,9   | 1007,0  | 1748,5 | 13562     | 100353   | 17887   | 59178 |
| 1996     | 531    | 94       | 186     | 128   | 2495,1       | 1885,4   | 538,3   | 1780,4 | 14311     | 98901    | 20844   | 56945 |
| 1997     | 533    | 72       | 256     | 121   | 1180,8       | 1877,2   | 759,9   | 1477,3 | 16367     | 99002    | 22758   | 48786 |
| 1998     | 508    | 61       | 249     | 143   | 1916,7       | 1632,4   | 1423,0  | 2095,7 | 16431     | 100162   | 24372   | 48976 |
| 1999     | 805    | 41       | 284     | 169   | 1965,0       | 2164,1   | 1089,6  | 1620,0 | 16457     | 101323   | 25986   | 49168 |
| 2000     | 42     | 31       | 40      | 79    | 2919,1       | 2386,7   | 1804,3  | 1999,7 | 18322     | 94750    | 31218   | 51090 |
| 2001     | 864    | 69       | 182     |       | 2861,6       | 1785,0   | 1403,1  | 1860,9 | 18813     | 95007    | 32809   | 51464 |
| 2002     | 1041   | 71       | 86      |       | 2799,9       | 1723,6   | 1658,7  | 1530,7 | 19173     | 95253    | 34439   | 51806 |
| 2003     | 328    | 76       | 165     | 92    | 2854,9       | 1995,5   | 1524,9  | 2202,9 | 19564     | 95486    | 35929   | 52139 |
| 2004     | 145    | 86       | 112     | 114   | 3502,4       | 2064,4   | 1969,2  | 1997,9 | 19958     | 95719    | 37420   | 52472 |
| 2005     | 557    | 89       | 49      | 52    | 3020,2       | 2025,4   | 2269,4  | 2130,8 | 20853     | 96248    | 40799   | 53224 |
| <i>m</i> |        |          |         |       |              |          |         |        |           |          |         |       |
| <i>é</i> |        |          |         |       |              |          |         |        |           |          |         |       |
| <i>d</i> | 177    | 128      | 189     | 43    | 2553         | 1995     | 1548    | 2219   | 12942     | 70102    | 17650   | 50242 |
| <i>i</i> |        |          |         |       |              |          |         |        |           |          |         |       |
| <i>a</i> |        |          |         |       |              |          |         |        |           |          |         |       |

Fonte: (SESPA/ ANA/ INMET, 2007)

As médias de precipitação encontradas no presente estudo (TABELA 3), se comparadas com os valores proposto por Moraes et al. (2005) na Figura 5, pode-se afirmar que das quatro médias, duas apresentam valores dentro da faixa climatológica prevista (Itaituba e Santana do Araguaia) e os outros dois valores referentes a Anajás e Viseu possuem valores aproximados da faixa climatológica supracitado.

Na Figura 8, podemos observar que os dois municípios com os maiores valores de incidência de malária (Anajás e Santana do Araguaia) são bem distintos quanto ao padrão climatológico da precipitação, exemplificando que a ocorrência de malária não é um padrão homogêneo entre os municípios, mesmo pertencendo ao mesmo estado.

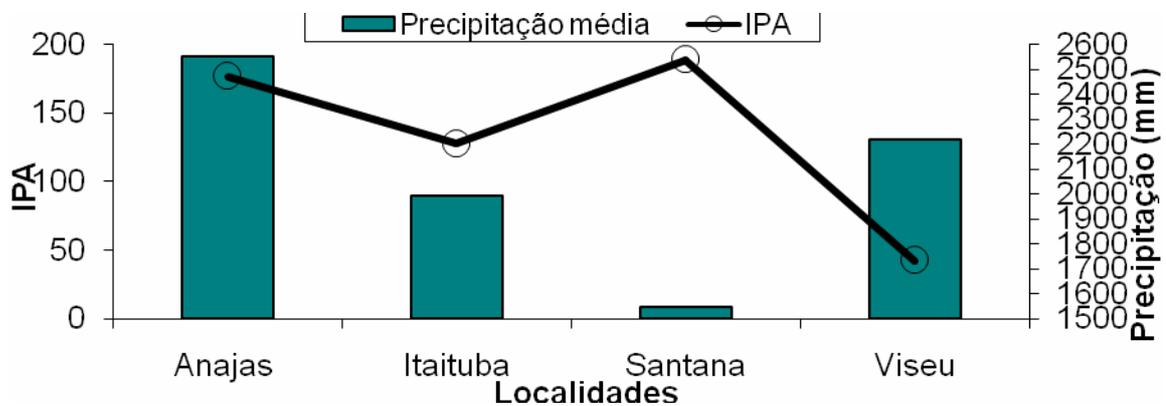


Figura 8 – Média climatológica anual do IPA e precipitação para as cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

#### 4.1.2 Dados Mensais

As séries históricas contendo os dados originais mensais da incidência de malária (base para cálculo do IPM) e precipitação observada nas estações de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu encontram-se listadas na TABELA 4 e TABELA 5, respectivamente. Conforme mencionado anteriormente, há dados faltantes de incidência de malária em Viseu (de maio a dezembro de 2000 e janeiro a dezembro de 2002). Os dados de precipitação não apresentam nenhuma falha. Ao final das tabelas também encontram-se as respectivas médias climatológicas, as quais são plotadas em forma gráfica nas Figuras 9 e 10.

TABELA 4– Séries históricas dos dados mensais do IPM nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| ANAJÁS       |       |       |       |       |       |      |       |       |      |      |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
|              | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL   | AGO   | SET  | OUT  | NOV   | DEZ   |
| 1993         | 1,4   | 0,9   | 2,2   | 3,8   | 3,2   | 1,6  | 2,7   | 3,5   | 11,9 | 7,1  | 6,1   | 2,5   |
| 1994         | 7,0   | 8,4   | 8,5   | 6,0   | 6,5   | 4,3  | 3,2   | 6,9   | 12,2 | 10,2 | 15,7  | 14,3  |
| 1995         | 22,6  | 16,6  | 15,7  | 7,6   | 8,7   | 7,2  | 2,2   | 7,7   | 9,0  | 8,7  | 9,5   | 38,4  |
| 1996         | 53,1  | 49,4  | 30,5  | 31,0  | 41,1  | 29,2 | 30,4  | 36,8  | 23,3 | 30,8 | 47,0  | 52,2  |
| 1997         | 98,7  | 130,7 | 75,5  | 48,4  | 37,2  | 24,8 | 31,7  | 16,5  | 15,9 | 14,0 | 11,3  | 14,3  |
| 1998         | 17,0  | 21,7  | 50,2  | 44,2  | 40,0  | 43,7 | 37,3  | 51,5  | 48,3 | 28,9 | 53,6  | 29,0  |
| 1999         | 37,7  | 33,6  | 44,2  | 39,1  | 44,1  | 53,0 | 87,2  | 129,2 | 79,2 | 87,1 | 112,6 | 61,6  |
| 2000         | 16,2  | 44,1  | 47,5  | 44,3  | 37,1  | 30,9 | 48,1  | 42,6  | 35,8 | 27,3 | 20,2  | 22,0  |
| 2001         | 33,2  | 24,3  | 33,8  | 32,7  | 58,6  | 80,2 | 123,5 | 94,0  | 93,1 | 88,1 | 102,5 | 100,1 |
| 2002         | 153,1 | 155,4 | 108,3 | 108,3 | 107,1 | 80,8 | 92,4  | 70,0  | 55,1 | 39,2 | 37,0  | 32,8  |
| 2003         | 34,6  | 29,7  | 23,1  | 28,4  | 21,3  | 27,0 | 27,6  | 34,8  | 23,5 | 27,8 | 18,9  | 10,7  |
| 2004         | 13,4  | 12,9  | 9,1   | 9,8   | 15,8  | 21,8 | 13,9  | 11,7  | 8,8  | 6,3  | 10,0  | 11,2  |
| 2005         | 27,1  | 40,1  | 36,2  | 36,7  | 33,2  | 49,0 | 79,0  | 94,2  | 58,4 | 57,0 | 45,2  | 41,3  |
| <i>Média</i> | 39,6  | 43,7  | 37,3  | 33,9  | 34,9  | 34,9 | 44,6  | 46,1  | 36,5 | 33,3 | 37,7  | 33,1  |

| ITAITUBA     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  |
| 1992         | 23,1 | 21,2 | 31,1 | 29,4 | 31,2 | 18,9 | 23,3 | 30,2 | 29,1 | 20,6 | 20,3 | 14,3 |
| 1993         | 9,3  | 13,3 | 16,3 | 8,1  | 14,6 | 13,6 | 12,5 | 15,3 | 17,2 | 19,2 | 12,3 | 11,7 |
| 1994         | 13,9 | 53,4 | 44,6 | 44,9 | 21,3 | 17,4 | 15,4 | 14,7 | 16,6 | 12,1 | 10,8 | 8,3  |
| 1995         | 6,5  | 9,6  | 10,7 | 6,7  | 7,1  | 6,0  | 4,5  | 8,1  | 7,2  | 9,5  | 8,2  | 8,6  |
| 1996         | 8,7  | 5,8  | 8,3  | 8,1  | 8,9  | 7,8  | 7,1  | 7,9  | 9,5  | 8,9  | 6,3  | 6,7  |
| 1997         | 4,7  | 5,5  | 5,5  | 5,7  | 6,0  | 4,7  | 5,6  | 8,2  | 9,4  | 5,4  | 4,2  | 4,1  |
| 1998         | 6,1  | 5,2  | 5,5  | 5,1  | 4,5  | 4,4  | 3,6  | 5,3  | 5,8  | 3,8  | 5,2  | 5,1  |
| 1999         | 1,2  | 5,9  | 4,6  | 3,5  | 3,4  | 4,0  | 3,3  | 1,7  | 3,4  | 2,1  | 4,3  | 2,8  |
| 2000         | 0,0  |      | 0,0  |      | 3,4  | 5,2  | 5,2  | 9,2  | 6,5  | 7,3  | 3,3  | 2,2  |
| 2001         | 4,0  | 5,2  | 4,1  | 5,7  | 5,3  | 5,6  | 5,3  | 6,0  | 5,8  | 7,3  | 7,5  | 7,0  |
| 2002         | 8,2  | 6,4  | 6,1  | 5,8  | 4,8  | 4,8  | 5,4  | 7,1  | 6,7  | 5,2  | 6,3  | 3,9  |
| 2003         | 5,6  | 5,1  | 5,3  | 3,7  | 3,0  | 6,3  | 7,3  | 5,4  | 4,0  | 7,5  | 4,5  | 7,8  |
| 2004         | 8,6  | 6,2  | 6,6  | 4,5  | 4,8  | 6,9  | 6,8  | 9,3  | 8,2  | 6,8  | 10,1 | 7,5  |
| 2005         | 5,1  | 5,0  | 4,5  | 5,1  | 6,2  | 6,6  | 7,3  | 7,4  | 7,1  | 8,8  | 8,2  | 7,5  |
| <i>Média</i> | 7,5  | 11,4 | 11,0 | 10,5 | 8,9  | 8,0  | 8,0  | 9,7  | 9,8  | 8,9  | 8,0  | 7,0  |

(Continuação)

## SANTANA

|              | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1992         | 13,7 | 0,5  | 44,2 | 30,7 | 1,8  | 24,3 | 7,7  | 22,6 | 4,3  | 8,3  | 9,8  | 14,0 |
| 1993         | 11,3 | 9,1  | 16,1 | 9,2  | 12,8 | 11,1 | 15,9 | 19,3 | 11,9 | 9,4  | 12,7 | 15,3 |
| 1994         | 12,6 | 14,6 | 14,5 | 12,7 | 15,7 | 12,2 | 7,1  | 10,6 | 5,8  | 3,1  | 14,0 | 34,6 |
| 1995         | 15,5 | 17,8 | 18,1 | 18,3 | 20,0 | 12,7 | 15,0 | 22,1 | 18,1 | 22,1 | 17,7 | 15,5 |
| 1996         | 10,6 | 16,9 | 24,7 | 21,9 | 28,1 | 6,1  | 13,1 | 14,8 | 10,6 | 10,6 | 14,8 | 13,5 |
| 1997         | 22,3 | 16,7 | 19,4 | 25,7 | 24,7 | 20,6 | 26,3 | 21,0 | 19,4 | 22,7 | 18,5 | 18,4 |
| 1998         | 22,5 | 23,6 | 29,4 | 32,6 | 21,5 | 31,8 | 30,0 | 21,0 | 12,2 | 8,5  | 9,9  | 6,0  |
| 1999         | 12,6 | 12,9 | 18,6 | 20,2 | 26,5 | 24,8 | 30,2 | 24,2 | 17,3 | 20,0 | 23,2 | 25,7 |
| 2000         | 25,9 | 13,5 | 9,2  | 20,1 | 14,7 | 11,0 | 19,1 | 23,9 | 7,3  | 19,2 | 16,7 | 10,3 |
| 2001         | 18,5 | 13,7 | 17,7 | 16,6 | 24,6 | 16,9 | 17,7 | 16,8 | 13,3 | 10,6 | 9,4  | 6,8  |
| 2002         | 6,9  | 5,9  | 5,7  | 6,7  | 7,4  | 8,2  | 9,6  | 9,7  | 7,0  | 3,7  | 6,0  | 8,9  |
| 2003         | 16,7 | 15,9 | 16,8 | 19,2 | 17,6 | 17,8 | 14,9 | 14,9 | 8,2  | 11,3 | 16,3 | 13,1 |
| 2004         | 14,6 | 13,3 | 14,1 | 13,5 | 12,1 | 9,7  | 10,5 | 7,3  | 3,7  | 2,7  | 5,1  | 5,3  |
| 2005         | 5,4  | 6,5  | 6,6  | 4,8  | 5,9  | 6,0  | 3,0  | 3,2  | 2,5  | 1,3  | 2,0  | 1,9  |
| <i>Média</i> | 14,9 | 12,9 | 18,2 | 18,0 | 16,7 | 15,2 | 15,7 | 16,5 | 10,1 | 11,0 | 12,6 | 13,5 |

## VISEU

|              | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1992         | 0,6  | 0,3  | 0,4  | 1,2  | 3,0  | 4,6  | 5,7  | 7,2  | 5,9  | 3,1  | 2,2  | 0,8  |
| 1993         | 1,5  | 0,4  | 0,8  | 3,7  | 5,5  | 5,9  | 4,5  | 5,2  | 3,4  | 1,2  | 2,3  | 2,2  |
| 1994         | 3,1  | 2,0  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 1,7  | 4,2  | 3,9  | 5,6  | 8,0  | 0,1  | 3,9  |
| 1995         | 0,6  | 0,5  | 1,0  | 1,0  | 0,8  | 0,7  | 0,6  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 0,8  | 0,5  |
| 1996         | 6,1  | 8,1  | 10,8 | 13,9 | 11,3 | 10,7 | 13,0 | 10,2 | 13,5 | 12,2 | 10,6 | 7,3  |
| 1997         | 7,4  | 6,2  | 11,0 | 13,6 | 9,8  | 11,0 | 16,7 | 15,2 | 13,2 | 9,1  | 5,0  | 3,0  |
| 1998         | 3,1  | 6,2  | 9,4  | 9,1  | 13,0 | 10,6 | 18,9 | 23,5 | 19,9 | 12,5 | 10,3 | 6,9  |
| 1999         | 5,9  | 6,5  | 10,3 | 10,8 | 10,5 | 11,9 | 22,1 | 21,3 | 8,7  | 17,1 | 16,0 | 10,4 |
| 2000         | 16,1 | 20,7 | 38,7 | 3,3  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2001         | 7,7  | 8,1  | 11,7 | 7,5  | 5,9  | 6,1  | 6,6  | 13,3 | 5,7  | 6,8  | 3,2  | 1,5  |
| 2002         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2003         | 4,2  | 1,8  | 3,9  | 1,8  | 5,2  | 5,6  | 7,3  | 8,6  | 14,3 | 11,5 | 13,3 | 9,8  |
| 2004         | 7,2  | 8,3  | 7,0  | 9,6  | 12,4 | 12,0 | 10,7 | 12,5 | 13,4 | 12,4 | 3,9  | 4,4  |
| 2005         | 1,6  | 6,1  | 5,6  | 6,1  | 7,9  | 5,1  | 4,5  | 5,7  | 4,8  | 2,5  | 1,1  | 1,1  |
| <i>Média</i> | 5,0  | 5,8  | 8,7  | 6,5  | 7,3  | 7,2  | 9,6  | 10,6 | 9,1  | 8,1  | 5,7  | 4,3  |

Fonte: Alterado (SESPA,2007)

TABELA 5 – Séries históricas dos dados mensais de precipitação observada nas estações meteorológicas de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| ANAJÁS       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| 1993         | 239,6 | 271,9 | 228,9 | 338,3 | 219,8 | 123,4 | 110,0 | 95,3  | 48,2  | 68,7  | 124,5 | 170,9 |
| 1994         | 344,0 | 327,9 | 418,6 | 375,7 | 354,0 | 237,7 | 158,8 | 93,4  | 66,5  | 90,9  | 70,7  | 134,6 |
| 1995         | 262,2 | 358,6 | 256,9 | 378,7 | 274,7 | 135,3 | 101,0 | 20,8  | 39,0  | 37,7  | 150,2 | 122,2 |
| 1996         | 320,7 | 327,0 | 418,7 | 563,8 | 248,3 | 279,1 | 176,1 | 94,2  | 38,8  | 37,8  | 137,2 | 36,1  |
| 1997         | 170,5 | 110,3 | 314,2 | 190,4 | 238,8 | 67,3  | 93,9  | 137,2 | 32,6  | 18,0  | 134,3 | 115,3 |
| 1998         | 292,1 | 251,7 | 362,8 | 254,8 | 209,1 | 234,4 | 125,2 | 31,4  | 65,4  | 14,8  | 75,0  | 156,0 |
| 1999         | 93,3  | 273,9 | 440,2 | 252,7 | 254,8 | 137,8 | 142,7 | 40,6  | 104,7 | 61,6  | 56,2  | 249,2 |
| 2000         | 165,3 | 259,9 | 328,0 | 418,5 | 601,8 | 197,5 | 261,3 | 127,5 | 97,9  | 104,5 | 194,1 | 162,8 |
| 2001         | 332,9 | 373,9 | 332,6 | 462,3 | 236,3 | 370,1 | 170,5 | 117,7 | 149,8 | 156,3 | 127,7 | 31,5  |
| 2002         | 352,2 | 192,2 | 276,8 | 462,9 | 275,1 | 298,1 | 91,7  | 110,9 | 229,7 | 85,3  | 191,0 | 234,0 |
| 2003         | 179,8 | 493,2 | 457,7 | 336,0 | 313,1 | 250,9 | 172,8 | 142,6 | 188,4 | 117,7 | 59,5  | 143,2 |
| 2004         | 467,5 | 442,1 | 531,2 | 411,0 | 226,3 | 182,1 | 211,2 | 239,0 | 286,8 | 207,1 | 164,4 | 187,5 |
| 2005         | 198,6 | 363,1 | 447,5 | 344,6 | 363,4 | 142,2 | 118,1 | 133,9 | 104,1 | 130,9 | 369,4 | 304,4 |
| <i>Média</i> | 263,0 | 311,2 | 370,3 | 368,4 | 293,5 | 204,3 | 148,7 | 106,5 | 111,7 | 87,0  | 142,6 | 157,5 |

| ITAITUBA     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| 1992         | 148,1 | 276,2 | 413,2 | 262,0 | 64,0  | 57,0  | 64,6  | 68,8  | 41,6  | 59,3  | 98,3  | 185,2 |
| 1993         | 236,1 | 347,1 | 292,3 | 196,6 | 132,0 | 41,9  | 108,0 | 79,2  | 92,8  | 181,3 | 191,4 | 204,6 |
| 1994         | 345,0 | 360,9 | 407,0 | 286,8 | 166,5 | 195,2 | 99,9  | 78,2  | 52,9  | 55,1  | 207,1 | 208,6 |
| 1995         | 354,6 | 254,4 | 271,5 | 313,0 | 145,9 | 98,4  | 25,4  | 33,3  | 15,5  | 32,4  | 183,0 | 419,5 |
| 1996         | 241,8 | 184,7 | 264,4 | 304,4 | 129,9 | 103,3 | 125,1 | 56,8  | 39,8  | 71,7  | 280,3 | 83,2  |
| 1997         | 274,4 | 174,3 | 502,0 | 216,6 | 208,0 | 28,2  | 15,2  | 87,1  | 26,3  | 47,0  | 227,5 | 70,5  |
| 1998         | 185,2 | 121,7 | 267,7 | 155,7 | 264,9 | 88,0  | 63,7  | 29,1  | 78,2  | 146,7 | 173,6 | 57,9  |
| 1999         | 189,0 | 336,6 | 224,5 | 326,5 | 328,5 | 55,5  | 47,7  | 35,2  | 121,8 | 103,6 | 155,6 | 239,6 |
| 2000         | 262,7 | 405,6 | 404,7 | 256,3 | 335,9 | 123,3 | 131,6 | 91,6  | 176,5 | 177,7 | 83,4  | 37,4  |
| 2001         | 433,7 | 287,5 | 225,1 | 221,6 | 70,8  | 119,2 | 77,2  | 19,1  | 78,7  | 104,7 | 95,3  | 52,1  |
| 2002         | 180,2 | 256,6 | 271,6 | 295,8 | 150,0 | 100,0 | 28,2  | 49,6  | 47,2  | 81,0  | 92,7  | 170,7 |
| 2003         | 79,6  | 276,6 | 406,8 | 300,4 | 138,6 | 93,0  | 54,6  | 127,2 | 109,5 | 86,4  | 169,0 | 153,8 |
| 2004         | 278,2 | 510,9 | 494,9 | 110,6 | 142,5 | 91,6  | 14,5  | 63,3  | 110,0 | 133,5 | 55,9  | 58,5  |
| 2005         | 114,0 | 267,6 | 370,9 | 161,8 | 249,6 | 88,7  | 63,0  | 31,1  | 77,6  | 78,6  | 121,9 | 400,6 |
| <i>Média</i> | 237,3 | 290,1 | 344,0 | 243,4 | 180,5 | 91,7  | 65,6  | 60,7  | 76,3  | 97,1  | 152,5 | 167,3 |

(Continuação)

## SANTANA

|              | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1992         | 343,3 | 299   | 192   | 145   | 14    | 0    | 0    | 0    | 70    | 202   | 162   | 217,2 |
| 1993         | 71,6  | 207,9 | 64,5  | 28,5  | 8,8   | 0,0  | 5,1  | 51,4 | 159,8 | 158,5 | 191,3 | 207,6 |
| 1994         | 136,7 | 218,8 | 113,7 | 31,7  | 46,7  | 70,4 | 1,0  | 0,0  | 5,0   | 67,6  | 110,8 | 169,8 |
| 1995         | 156,9 | 274,3 | 210,5 | 166,5 | 51,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 8,3   | 26,3  | 51,7  | 60,7  |
| 1996         | 56,0  | 72,4  | 72,9  | 73,4  | 32,2  | 0,0  | 0,0  | 5,4  | 25,8  | 44,7  | 70,5  | 85,0  |
| 1997         | 131,5 | 65,8  | 143,1 | 79,7  | 6,4   | 0,0  | 0,0  | 0,1  | 31,5  | 56,0  | 41,6  | 204,2 |
| 1998         | 250,4 | 208,7 | 225,4 | 61,5  | 21,4  | 4,0  | 3,0  | 0,0  | 1,2   | 114,0 | 308,2 | 229,1 |
| 1999         | 215,0 | 128,9 | 61,5  | 41,7  | 70,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 19,5  | 67,2  | 234,4 | 251,3 |
| 2000         | 240,8 | 422,1 | 288,5 | 105,5 | 50,7  | 3,6  | 8,9  | 4,0  | 69,9  | 88,1  | 275,7 | 255,4 |
| 2001         | 182,5 | 122,1 | 317,1 | 24,8  | 25,9  | 11,0 | 2,3  | 23,0 | 71,5  | 188,7 | 271,8 | 164,7 |
| 2002         | 303,7 | 235,9 | 245,9 | 144,8 | 69,6  | 1,5  | 12,5 | 2,8  | 26,2  | 198,9 | 112,6 | 321,6 |
| 2003         | 266,0 | 183,7 | 189,9 | 102,3 | 102,1 | 1,5  | 0,0  | 36,1 | 88,1  | 119,6 | 233,2 | 203,9 |
| 2004         | 401,2 | 278,7 | 413,9 | 49,6  | 12,8  | 9,5  | 1,7  | 1,9  | 36,0  | 215,5 | 162,6 | 385,8 |
| 2005         | 337,2 | 540,1 | 350,1 | 142,5 | 59,8  | 2,1  | 0,0  | 0,0  | 70,9  | 49,4  | 327,0 | 390,3 |
| <i>Média</i> | 220,9 | 232,7 | 206,4 | 85,5  | 40,9  | 7,4  | 2,5  | 8,9  | 48,8  | 114,0 | 182,4 | 224,8 |

## VISEU

|              | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1992         | 322   | 300,4 | 408,4 | 344,9 | 135,7 | 110,3 | 144,6 | 120,1 | 0,6  | 2,8  | 1,5  | 5,7  |
| 1993         | 141,4 | 355,4 | 471,7 | 220,4 | 232,0 | 227,0 | 131,7 | 51,4  | 24,0 | 30,2 | 55,0 | 89,8 |
| 1994         | 547,3 | 373,1 | 566,6 | 481,4 | 349,1 | 237,3 | 183,8 | 49,3  | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 59,1 |
| 1995         | 307,6 | 450,7 | 412,0 | 590,7 | 480,8 | 241,6 | 171,3 | 11,0  | 7,1  | 9,2  | 40,4 | 73,7 |
| 1996         | 158,9 | 188,4 | 566,6 | 418,5 | 266,3 | 341,9 | 173,2 | 56,4  | 1,1  | 10,3 | 16,0 | 17,2 |
| 1997         | 248,0 | 142,9 | 406,9 | 495,9 | 241,7 | 107,7 | 85,2  | 67,7  | 1,6  | 1,8  | 30,2 | 44,1 |
| 1998         | 298,3 | 63,8  | 515,2 | 114,5 | 189,8 | 228,7 | 155,6 | 54,4  | 10,3 | 12,0 | 5,4  | 20,2 |
| 1999         | 66,7  | 277,1 | 578,3 | 436,2 | 356,1 | 186,6 | 149,2 | 93,1  | 6,6  | 12,9 | 14,4 | 68,0 |
| 2000         | 16,1  | 20,7  | 38,7  | 3,3   | 288,9 | 164,0 | 174,5 | 65,2  | 49,6 | 11,6 | 5,3  | 83,6 |
| 2001         | 300,8 | 399,2 | 482,3 | 556,5 | 133,3 | 266,2 | 102,4 | 56,1  | 12,0 | 5,3  | 11,1 | 12,8 |
| 2002         | 285,6 | 271,0 | 366,8 | 399,6 | 299,3 | 169,5 | 75,6  | 37,4  | 10,2 | 6,6  | 12,3 | 54,8 |
| 2003         | 201,1 | 482,3 | 520,6 | 334,2 | 264,5 | 168,3 | 197,2 | 47,8  | 28,5 | 13,7 | 23,3 | 74,7 |
| 2004         | 316,8 | 553,0 | 690,7 | 243,5 | 319,9 | 228,7 | 181,2 | 71,6  | 2,2  | 12,0 | 2,6  | 33,0 |
| 2005         | 55,5  | 80,1  | 355,9 | 377,5 | 251,0 | 226,7 | 188,6 | 59,2  | 3,6  | 0,6  | 6,8  | 68,4 |
| <i>Média</i> | 233,3 | 282,7 | 455,8 | 358,4 | 272,0 | 207,5 | 151,0 | 60,1  | 12,7 | 10,6 | 17,5 | 50,4 |

Fonte: (ANA/ INMET, 2007)

O padrão médio de incidência mensal de malária nos quatro municípios, como mostra a Figura 9, apresenta Anajás com os maiores valores de IPM, com uma importante diferença se comparado com os outros três municípios, e diferente dos dados anuais, em que Santana do Araguaia lidera em valores a incidência de malária. Essa diferença ocorre em virtude do período analisado da incidência mensal (1992-2005), Anajás concentrar os maiores valores de incidência (que inicia justamente na década de 90), se comparado com os outros municípios e também por apresentar base de dados completa para este período.

Ao longo do ano, observam-se dois máximos principais de incidência de malária em Anajás e Itaituba, um ocorrendo em agosto e outro ocorrendo em fevereiro, enquanto que em Santana do Araguaia e Viseu, os máximos principais ocorrem em março e agosto. Em geral a transição para os meses de incidência mínima ocorre durante abril a junho e depois em outubro a dezembro.

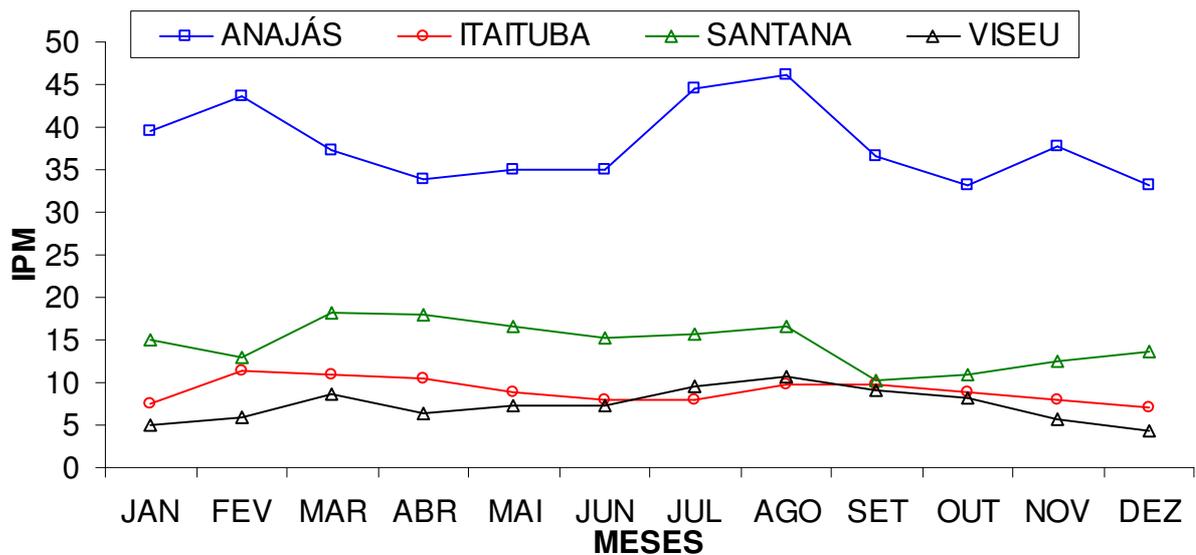


Figura 9 - Média climatológica mensal do IPM para as cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

Em relação à climatologia de precipitação mensal, apresentado na Figura 10, o comportamento foi semelhante ao encontrado na climatologia anual, com Anajás e Viseu apresentando os maiores valores de precipitação e Itaituba e Santana do Araguaia os menores valores. Vale ressaltar que em Anajás e Itaituba apresentam menores variações no volume de precipitação durante o ano se comparado com Santana do Araguaia e Viseu, em que o decréscimo no volume de precipitação é acentuado principalmente no início do período seco.

No início da estação chuvosa, nos primeiros meses do ano, Anajás, Itaituba e Viseu apresentam um incremento importante no volume de precipitação, sendo que em Viseu, de fevereiro até março, o volume de chuva quase duplica. Santana do Araguaia é o município que apresenta menores volumes no início da estação chuvosa. O declínio do período chuvoso para três dos quatro municípios é março. Entretanto, Anajás prolonga essa fase até abril, mês que ainda apresenta grande volume de chuva. Os municípios que apresentaram menores volumes de precipitação na fase seca foram Itaituba e Santana do Araguaia, sendo que este último alcançou valor próximo de zero em meses como junho até agosto. Já Anajás e Viseu, apesar de apresentarem decréscimo, ainda mantêm volumes importantes de precipitação.

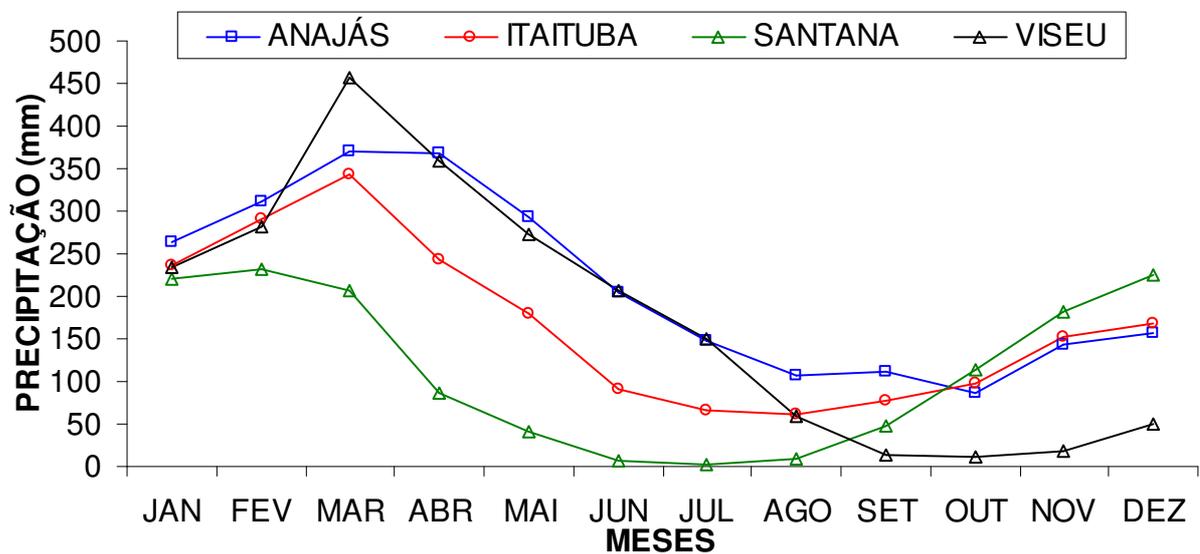


Figura 10 - Média climatológica mensal de precipitação nas estações meteorológicas de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

#### 4.1.3 Climatologia por Categorias dos Quantis

##### a) Dados Anuais

Aplicando-se o método dos Quantis nas séries históricas de mais de 30 anos do IPA, conforme metodologia detalhada no Capítulo 3, seção 3.3.1, obteve-se uma nova classificação ou estratificação epidemiológica para cinco diferentes categorias em cada uma das quatro cidades. Essas novas categorias encontram-se listadas na TABELA 6. Comparando os valores da TABELA 6 com a classificação geral da FUNASA (2001) mostrada na TABELA 1, notam-se diferenças significativas no índice epidemiológico das referidas

localidades. Para o índice muito baixo, que estima-se como sendo sem risco de malária, o índice geral da FUNASA de IPA menor do que 1 é consistente somente para a cidade de Anajás. Nas demais cidades, este índice é bem maior: < 6 em Viseu, < 24 em Santana e < 40 em Itaituba.

Dentre os quatros municípios em estudo, a categorização delimitou perfis para cada categoria, específica para cada cidade, como mostra a TABELA 6. Anajás é o que apresenta o menor valor do IPA na categoria muito baixo (<1), porém, também apresenta maior valor na categoria IPA muito alto (>391). Nas categorias muito baixo, baixo e médio risco, Itaituba e Santana do Araguaia concentram os maiores valores. Nas categorias alto e muito alto risco, Anajás e Santana do Araguaia apresentam maiores valores. Viseu é o que apresenta, na análise anual, os menores valores categorizados para IPA.

TABELA 6 – Valores anuais do IPA para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| <i>Categorias \ Localidades</i> | <i>Anajás</i>   | <i>Itaituba</i>  | <i>Santana</i>   | <i>Viseu</i>    |
|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>MUITO ALTO</b>               | <b>≥ 531</b>    | <b>≥250</b>      | <b>≥ 365</b>     | <b>≥103</b>     |
| <b>ALTO</b>                     | <b>73 a 530</b> | <b>182 a 250</b> | <b>243 a 365</b> | <b>37 a 103</b> |
| <b>MÉDIO</b>                    | <b>11 a 72</b>  | <b>76 a 181</b>  | <b>102 a 244</b> | <b>14 a 36</b>  |
| <b>BAIXO</b>                    | <b>2 a 10</b>   | <b>41 a 72</b>   | <b>25 a 101</b>  | <b>7 a 13</b>   |
| <b>MUITO BAIXO</b>              | <b>≤ 1</b>      | <b>≤ 40</b>      | <b>≤ 24</b>      | <b>≤ 6</b>      |

Similarmente, com base na aplicação do método dos Quantis nas séries históricas de precipitação, calcularam-se os valores climatológicos da pluviometria considerando cinco diferentes categorias mostradas na TABELA 7. O padrão climatológico em Viseu para precipitação é em cerca de 1990–2392 mm/ano. É o segundo município com maior volume de precipitação anual do estudo, sendo superado somente por Anajás que no estudo, é o mais chuvoso.

TABELA 7 – Valores anuais da precipitação (mm) para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| <i>Categorias \ Estações</i> | <i>Anajás</i>      | <i>Itaituba</i>    | <i>Santana</i>     | <i>Viseu</i>       |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>MUITO SECO</b>            | <b>≤ 1983</b>      | <b>≤ 1648</b>      | <b>≤ 1159</b>      | <b>≤ 1644</b>      |
| <b>SECO</b>                  | <b>1984 a 2304</b> | <b>1649 a 1889</b> | <b>1160 a 1429</b> | <b>1645 a 1990</b> |
| <b>NORMAL</b>                | <b>2305 a 2767</b> | <b>1890 a 2136</b> | <b>1430 a 1643</b> | <b>1991 a 2392</b> |
| <b>CHUVOSO</b>               | <b>2768 a 3211</b> | <b>2137 a 2330</b> | <b>1644 a 1932</b> | <b>2393 a 2895</b> |
| <b>MUITO CHUVOSO</b>         | <b>≥ 3212</b>      | <b>≥ 2331</b>      | <b>≥ 1932</b>      | <b>≥ 2895</b>      |

## b) Dados Mensais

A técnica dos quantis também foi aplicada às séries de dados mensais, que compreendem 14 anos de dados (1992-2005). As Tabelas 8 e 9 apresentam as categorias criadas pelo método para IPM e precipitação mensal. Como as categorias propostas pela FUNASA (2001) são somente para dados anuais, não foi possível tomá-lo como parâmetro comparativo. Em relação ao padrão médio mensal de incidência, Anajás e Santana do Araguaia apresentam os maiores valores categorizados. Os menores valores para padrão médio de incidência foram de Itaituba e Viseu.

TABELA 8 – Valores mensais do IPM para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| ANAJÁS      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| Muito Baixo | <12   | <12   | <9    | <7    | <8    | <7    | <3    | <8    | <11   | <8    | <10   | <11   |
| Baixo       | 13-18 | 13-18 | 10-25 | 8-29  | 9-24  | 8-25  | 4-28  | 9-20  | 12-17 | 9-17  | 11-16 | 12-16 |
| Médio       | 19-34 | 19-34 | 26-43 | 30-39 | 25-39 | 26-41 | 29-46 | 21-50 | 18-46 | 18-30 | 17-44 | 17-37 |
| Alto        | 35-62 | 35-66 | 44-55 | 40-45 | 40-47 | 42-58 | 47-88 | 51-94 | 47-63 | 31-63 | 45-63 | 38-54 |
| Muito Alto  | >62   | >66   | >55   | >45   | >47   | >58   | >88   | >94   | >63   | >63   | >63   | >54   |
| ITAITUBA    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|             | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| Muito Baixo | <4    | <5    | <4    | <4    | <3    | <5    | <4    | <5    | <6    | <5    | <4    | <4    |
| Baixo       | 5     | 6     | 5     | 5     | 4-5   | 5     | 5     | 6-7   | 7     | 6-7   | 5-6   | 5-6   |
| Médio       | 6-8   | 6     | 6-7   | 6-7   | 6-7   | 6-7   | 6-7   | 8-9   | 8-9   | 8-9   | 7-8   | 7-8   |
| Alto        | 9     | 7-15  | 8-17  | 8-12  | 8-15  | 8-14  | 8-13  | 10-15 | 10-17 | 10-12 | 9-11  | 9     |
| Muito Alto  | >9    | >15   | >17   | >12   | >15   | >14   | >13   | >15   | >17   | >12   | >11   | >9    |
| SANTANA     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|             | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| Muito Baixo | <10   | <6    | <9    | <9    | <7    | <8    | <8    | <10   | <4    | <3    | <6    | <6    |
| Baixo       | 11-13 | 7-13  | 10-15 | 10-15 | 8-14  | 9-11  | 9-12  | 11-15 | 5-7   | 3-8   | 7-10  | 7-10  |
| Médio       | 14-16 | 14-15 | 16-18 | 16-20 | 15-21 | 12-17 | 13-17 | 16-21 | 8-12  | 9-11  | 11-15 | 11-15 |
| Alto        | 17-22 | 16-17 | 19-25 | 21-26 | 22-25 | 18-24 | 18-27 | 22-23 | 13-17 | 12-20 | 16-18 | 16-19 |
| Muito Alto  | >22   | >17   | >25   | >26   | >25   | >24   | >27   | >23   | >17   | >20   | >18   | >19   |
| VISEU       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|             | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   |
| Muito Baixo | <1    | <1    | <1    | <2    | <3    | <4    | <4    | <5    | <4    | <2    | <1    | <1    |
| Baixo       | 2-3   | 2-3   | 2-4   | 3     | 4-5   | 5-6   | 5-6   | 6-7   | 5-6   | 3-6   | 2     | 2     |
| Médio       | 4-6   | 4-6   | 5-10  | 4-9   | 6-10  | 7-11  | 7-11  | 8-13  | 7-13  | 7-12  | 3-6   | 3-5   |
| Alto        | 7     | 7-8   | 11    | 10-11 | 11-12 | 11    | 12-17 | 14-17 | 14    | 12    | 7-12  | 6-8   |

Em relação à categorização da precipitação (TABELA 8) Entre os quatro municípios em estudo, Anajás é o que apresenta categorizado os maiores valores no volume de precipitação no decorrer de todos os meses do ano. Os meses mais chuvosos compreendem entre fevereiro a maio. Em Itaituba, os meses mais chuvosos compreendem entre janeiro a maio e os mais secos de julho a setembro. Para Santana do Araguaia, que é o município com menor volume de precipitação anual e mensal, os meses com maior volume de precipitação são dezembro, janeiro, fevereiro e março. Junho, julho e agosto são os meses que apresentam menor volume. Entre os municípios em estudo, Viseu é o segundo com maior volume de precipitação, sendo superado somente por Anajás, apresentando como meses mais chuvosos são de janeiro a junho e como meses mais secos de setembro a novembro.

TABELA 9 – Valores mensais da precipitação para cinco diferentes categorias obtidas pelo método dos Quantis nas cidades de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

| ANAJÁS        |      |      |      |      |      |      |      |         |         |         |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|------|
|               | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO     | SET     | OUT     | NOV  | DEZ  |
| Muito Seco    | <169 | <240 | <273 | <254 | <225 | <133 | <100 | <39     | < 39    | <34     | <68  | <99  |
| Seco          | 170- | 241- | 274- | 255- | 226- | 134- | 101- | 40-94   | 40-66   | 35-63   | 69-  | 100- |
|               | 207  | 272  | 329  | 340  | 241  | 150  | 120  |         |         |         |      |      |
| Normal        | 208- | 273- | 330- | 341- | 242- | 151- | 121- | 95-126  | 67-105  | 64-102  | 126- | 137- |
|               | 315  | 352  | 419  | 405  | 275  | 237  | 168  |         |         |         |      |      |
| Chuvoso       | 316- | 353- | 420- | 406- | 276- | 238- | 169- | 127-138 | 106-197 | 103-136 | 149- | 170- |
|               | 346  | 388  | 450  | 462  | 356  | 283  | 183  |         |         |         |      |      |
| Muito Chuvoso | >346 | >388 | >450 | >462 | >356 | >283 | >183 | >138    | >197    | >136    | >192 | >237 |

| ITAITUBA      |       |      |      |      |      |       |        |       |        |         |        |       |
|---------------|-------|------|------|------|------|-------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|
|               | JAN   | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN   | JUL    | AGO   | SET    | OUT     | NOV    | DEZ   |
| Muito Seco    | < 146 | <184 | <262 | <161 | <127 | <55   | <25    | <31   | <39    | <55     | <92    | <58   |
| Seco          | 147 - | 185- | 263- | 162- | 128- | 56-88 | 26-51  | 32-43 | 40-50  | 56-75   | 93-111 | 59-77 |
|               | 187   | 263  | 272  | 219  | 141  |       |        |       |        |         |        |       |
| Normal        | 188 - | 264- | 273- | 220- | 142- | 89-99 | 52-70  | 44-73 | 51-85  | 76-104  | 112-   | 78-   |
|               | 268   | 310  | 406  | 291  | 185  |       |        |       |        |         |        |       |
| Chuvoso       | 269 - | 311- | 407- | 292- | 186- | 100-  | 71-109 | 74-87 | 86-111 | 105-148 | 179-   | 195-  |
|               | 345   | 363  | 417  | 305  | 268  | 119   |        |       |        |         |        |       |
| Muito Chuvoso | > 345 | >363 | >417 | >305 | >268 | >119  | >109   | >87   | >111   | >148    | >208   | >248  |

| SANTANA       |      |      |        |        |       |      |     |      |       |         |      |      |
|---------------|------|------|--------|--------|-------|------|-----|------|-------|---------|------|------|
|               | JAN  | FEV  | MAR    | ABR    | MAI   | JUN  | JUL | AGO  | SET   | OUT     | NOV  | DEZ  |
| Muito Seco    | <129 | <120 | <72    | <32    | <13   | -    | -   | -    | <8    | <49     | <70  | <161 |
| Seco          | 130- | 121- | 73-169 | 33-56  | 14-24 | -    | -   | -    | 8-26  | 50-67   | 71-  | 162- |
|               | 171  | 197  |        |        |       |      |     |      |       |         |      |      |
| Normal        | 172- | 198- | 170-   | 57-104 | 25-51 | 3    | 2   | 3    | 27-70 | 68-137  | 141- | 205- |
|               | 257  | 253  | 235    |        |       |      |     |      |       |         |      |      |
| Chuvoso       | 258- | 254- | 236-   | 105-   | 52-70 | 4-10 | 3-5 | 4-24 | 71-72 | 138-199 | 235- | 240- |
|               | 338  | 305  | 319    | 145    |       |      |     |      |       |         |      |      |
| Muito Chuvoso | >338 | >305 | >319   | >145   | >70   | >10  | >5  | >24  | >72   | >199    | >277 | >325 |

| VISEU         |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |       |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
|               | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO   | SET   | OUT  | NOV   | DEZ   |
| Muito Seco    | <66  | <79  | <366 | <215 | <187 | <161 | <102 | <47   | <2    | <3   | <5    | <17   |
| Seco          | 67-  | 80-  | 367- | 216- | 188- | 162- | 103- | 48-53 | 2-5   | 4-8  | 5-9   | 18-39 |
|               | 182  | 234  | 410  | 340  | 247  | 179  | 147  |       |       |      |       |       |
| Normal        | 183- | 235- | 411- | 341- | 248- | 180- | 148- | 54-62 | 6-11  | 9-12 | 10-18 | 40-68 |
|               | 299  | 363  | 518  | 426  | 294  | 229  | 174  |       |       |      |       |       |
| Chuvoso       | 300- | 364- | 519- | 427- | 295- | 230- | 175- | 63-73 | 12-24 | 14   | 19-31 | 69-75 |
|               | 317  | 452  | 567  | 499  | 349  | 243  | 184  |       |       |      |       |       |
| Muito Chuvoso | >317 | >452 | >567 | >499 | >349 | >243 | >184 | >73   | >24   | >14  | >31   | >75   |

## 4.2 DIAGNÓSTICO DOS DADOS ANUAIS

Nesta secção, analisam-se as bases de dados anuais disponíveis para um período de 35 anos (1970 a 2005), com a finalidade de se estabelecer a relação entre o comportamento anual dos índices de incidência de malária com a precipitação pontual observada na estação meteorológica e com as taxas da população para cada uma das quatro regiões do Estado do Pará. Em seguida, complementa-se essa análise buscando a contribuição dos dados das taxas anuais de desmatamento para o Estado do Pará com um índice de malária representativo dos quatro municípios. Composições de cenários obtidos com base nos índices de malária, categorizados pelo método do quantis, são montadas com o objetivo de caracterizar os padrões observados da variabilidade climática sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico e da precipitação sobre o Estado do Pará.

### 4.2.1 Índices de Malária, Precipitação, População e Desmatamento

As análises dos dados anuais, para cada localidade estudada, são descritas a seguir.

#### a) Anajás

A Figura 11 mostra os dados anuais de IPA e precipitação no painel superior, dos índices categorizados de IPA e precipitação no painel médio, e de população e sua tendência (diferença entre o ano corrente e o ano anterior) no painel inferior, desde o ano de 1970 até 2005 para a cidade de Anajás.

Os dados anuais no painel superior da Figura 11 mostram certa regularidade na variação do IPA, com valores bem próximos de zero, durante o período prolongado de 1970 a 1993, exceto no ano de 1983. No painel médio da Figura 11, a aplicação do método dos quantis nos referidos índices de IPA demonstra a ocorrência de malária na categoria muito baixo nos anos 1974 a 1978; na categoria baixo nos anos de 1971, de 1979 a 1981, 1996, 1997 e 1990; e na categoria médio nos anos de 1970, 1982, 1984, 1985, 1988 e 1989. Diferente do comportamento do IPA, o volume de precipitação anual apresenta variações significativas neste período (painel superior), com a indicação de que a relação anual entre IPA e a precipitação pontual da estação meteorológica não é totalmente linear, conforme mostra os resultados do painel médio da Figura 11. Associado aos anos de IPA na categoria

muito baixo, nota-se precipitação nas categorias muito chuvoso, seco e normal. Os anos de IPA na categoria baixo relacionam-se com precipitação nas categorias normal, chuvoso, seco e muito seco. Os anos de IPA na categoria médio associam-se com precipitação nas categorias normal e seco. O ano de 1983 destaca-se como o único ano, durante as décadas de 70 e 80, com a presença de IPA na categoria alto, associado à precipitação na categoria muito seco. Para este período específico, também não se verificam relações claras e diretas entre o comportamento do índice de malária e a população anual na cidade de Anajás. A evolução anual da população em Anajás (painel inferior da Figura 11) mostra crescimento baixo, em torno de 130 e 400 por ano, durante o período de 1970 a 1977, sendo que este crescimento é mais baixo ainda, em torno de 15 a 100 por ano, durante os anos de 1983 a 1988.

A partir do ano de 1994 observa-se um predomínio subsequente de IPA nas categorias alto e muito alto (exceto 2000). Mesmo assim, os índices de precipitação continuam oscilando entre as categorias seco, normal e chuvoso, indicando que o padrão de chuva não interfere diretamente na incidência de malária em Anajás. Entretanto, o crescimento populacional começa a se definir como um fator que interfere no comportamento da malária nesta localidade. No período de 1989-1990 houve um incremento populacional de aproximadamente quatro mil pessoas no município. A partir do ano de 1993, inicia-se um período em que se verifica um incremento sistemático populacional de mil pessoas a cada ano, o que aumenta a exposição da população ao mosquito transmissor. O crescimento da área urbana em torno do núcleo do município e o avanço sobre a floresta, só contribui para aumento nos fatores de risco. Portanto, no caso de Anajás, o fator população não é preponderante, mas a partir de meados da década de 90 em diante, passa a ser um dos fatores que contribuem diretamente no aumento do número de casos de malária, em virtude do aumento da população exposta ao mosquito transmissor. Em 2000, nota-se um decréscimo do IPA para a categoria média, possivelmente por ser ano de implantação do plano de controle da doença.

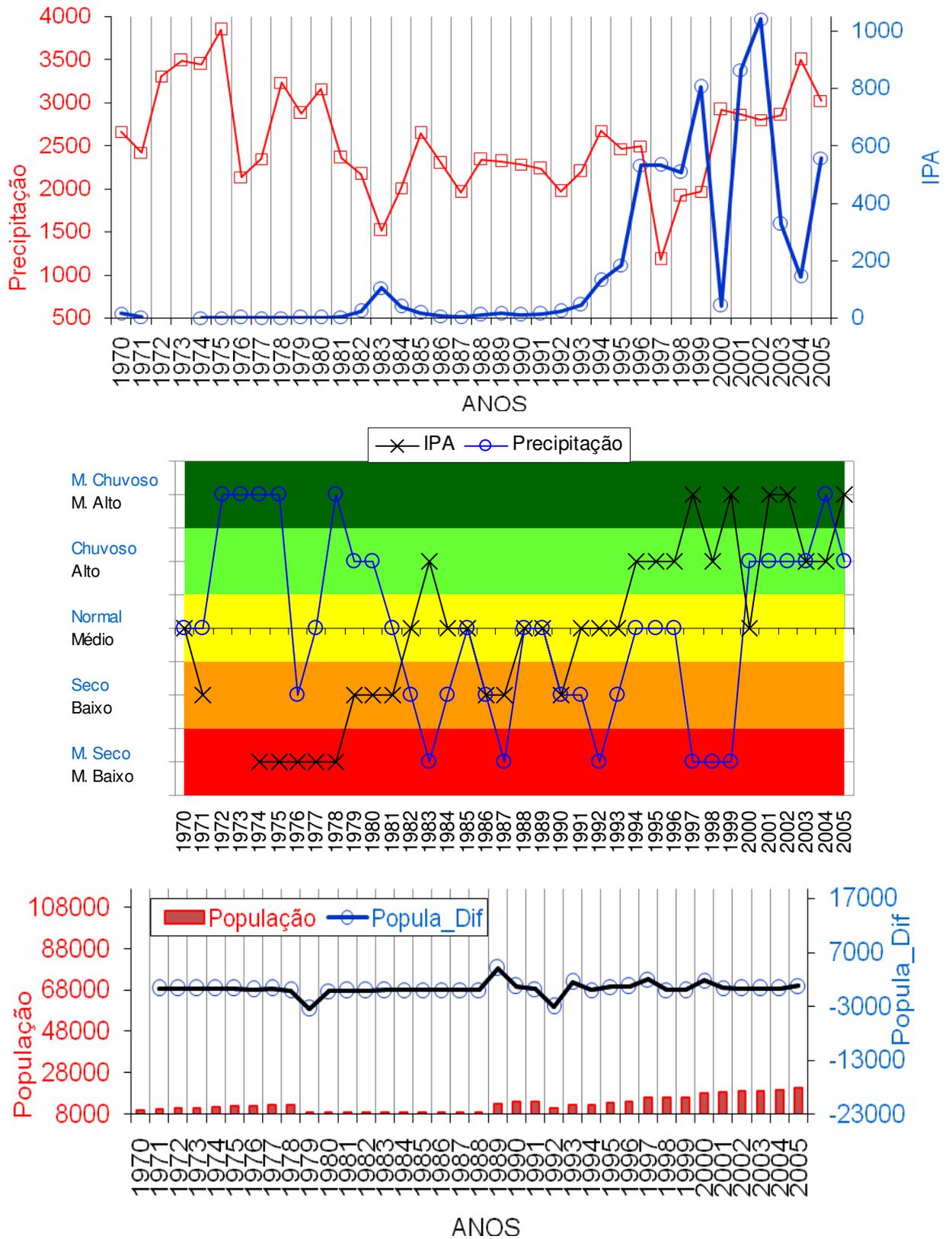


FIGURA 11 – Dados anuais para a cidade de Anajás. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: população e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).

## b) Itaituba

A Figura 12 mostra os dados anuais de IPA e precipitação no painel superior, dos índices categorizados de IPA e precipitação no painel médio, e de população e sua tendência (diferença entre o ano corrente e o ano anterior) no painel inferior, desde o ano de 1970 até 2005 para a cidade de Itaituba.

No painel superior da Figura 12 evidencia-se forte variabilidade nos índices anuais de precipitação durante todo o período analisado. Os índices anuais de IPA mostram os maiores valores em toda a década de 80 até meados da década de 90. Em primeira análise, a relação entre o comportamento anual do índice de malária e o volume anual de precipitação pontual em Itaituba não aparenta ter dependência totalmente linear, em virtude dos índices do IPA ocorrerem nas diversas categorias de precipitação (painel médio da Figura 12).

Por outro lado, os dados do painel inferior da Figura 12 revelam que o fator população possui relação estreita com o comportamento dos índices de incidência dos casos de malária na região de Itaituba. A partir do ano de 1976, período conhecido como o início do auge nas atividades de garimpo no Pará, a população da cidade duplica, determinando o início de um fluxo de pessoas mais intenso na região, aumentando a população exposta ao mosquito vetor da doença e, por conseqüência, aumentando os valores de IPA. Ressalta-se que os valores de IPA para Itaituba, mesmo na categorização muito baixo, correspondem a um índice alto ( $\leq 40$ ) quando comparado as outras localidades investigadas. Em 15 anos, a população em Itaituba passa de 33.000 em 1976 para 116.000 habitantes em 1991. Nestes anos, com exceção de 1982, os índices de IPA apresentam valores predominantemente nas categorias alto e muito alto.

A partir de 1995 em diante, percebe-se a estabilização dos índices de população na cidade e os casos de malária diminuem para as categorias médio (em 1995 e 1996, e de 2003 a 2005), baixo (de 1997 a 1999 e 2001, 2002) e muito baixo (em 2000). Essas diminuições, muito provavelmente, podem estar associadas também a medidas públicas de controle da doença.

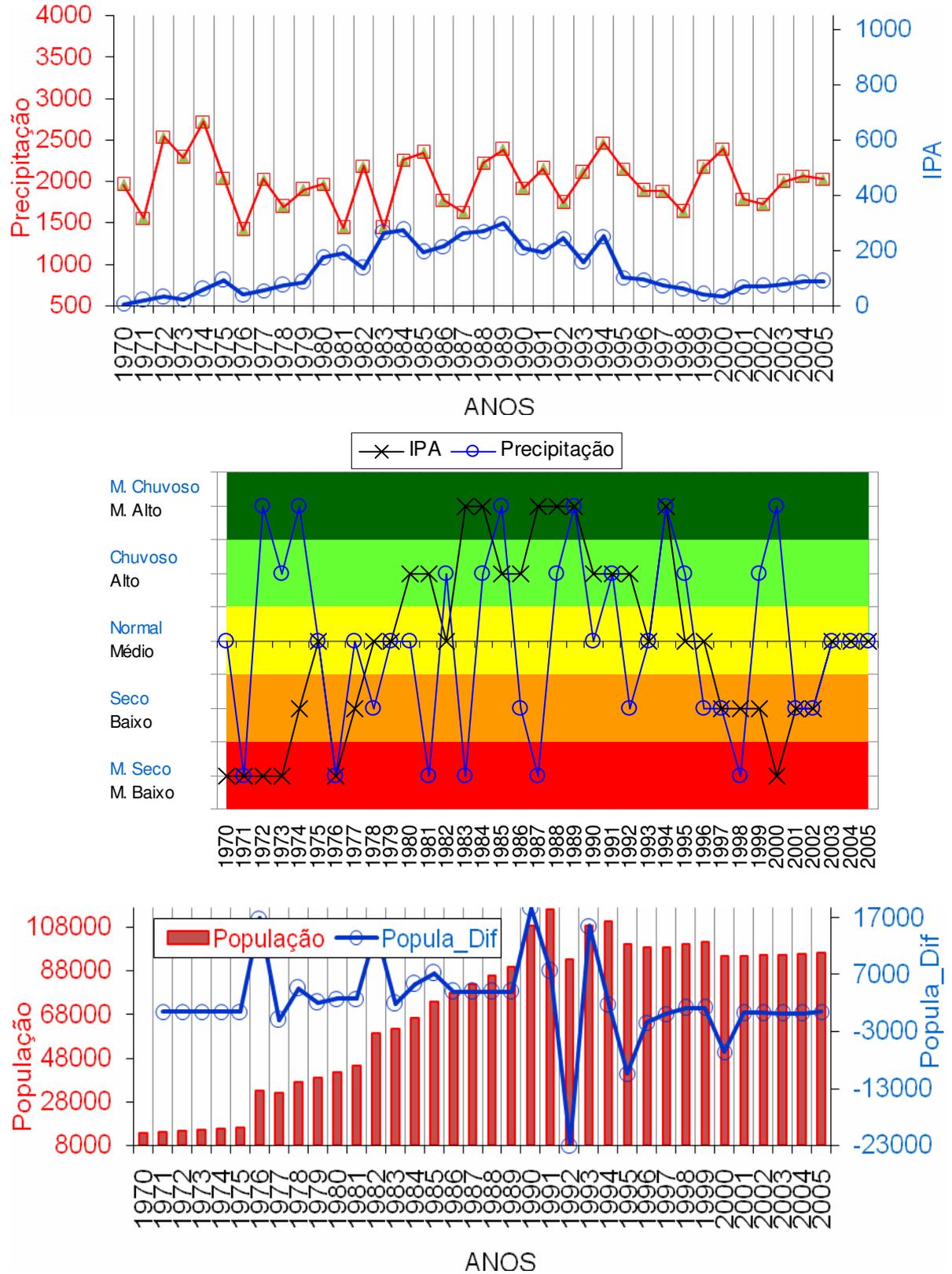


Figura 12 – Dados anuais para a cidade de Itaituba. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).

### c) Santana do Araguaia

A Figura 13 mostra os dados anuais de IPA e precipitação no painel superior, dos índices categorizados de IPA e precipitação no painel médio, e de população e sua tendência (diferença entre o ano corrente e o ano anterior) no painel inferior, desde o ano de 1970 até 2005 para a cidade de Santana do Araguaia.

Nos primeiros sete anos, os índices do IPA permaneceram nas categorias muito baixo (de 1970 a 1974) e baixo (de 1975 a 1977), associados à precipitação nas categorias normal, chuvoso e muito chuvoso (painel médio da Figura 13). Nestes anos, ocorre um ligeiro incremento populacional da ordem de 160 a 380 pessoas a cada ano (painel inferior da Figura 13).

Na década de 80, mais especificamente a partir do ano de 1982, deflagra-se uma seqüência de períodos com valores de IPA elevados, quando nota-se um predomínio de altos índices de incidência de malária nas categorias alta (1982, 1986, e 1990) e muito alta (de 1983 a 1985, e de 1987 a 1989). Estes anos são marcados pela ocorrência de anomalias de chuva anual dentro das categorias normal a seco, com exceção do ano de 1985 (painel médio).

A partir de 1993 a população passa por um incremento anual superior a mil pessoas por ano (painel inferior), o qual se estende sistematicamente até 2005. Neste período, tirando os anos de 2000, 2002 e 2005, observam-se índices categorizados de IPA com incidência média (de 1993 a 1997, 2001, 2003 e 2004) e com incidência alta (de 1997 a 1999). Para esta localidade e neste período de anos em particular, percebe-se uma relação linear e inversa da incidência de malária com os índices categorizados de chuva pontual. Os anos de IPA nas categorias média e alta associam-se com anomalias de precipitação nas categorias muito seco e seco. Nos anos de 2000, 2002 e 2005, a inversão no índice de IPA para a categoria baixo coincide consistentemente com os anos marcados com precipitação também mudando o sinal para a categoria de anos chuvoso e muito chuvoso. Portanto, as contribuições dos fatores precipitação e população no comportamento dos casos de malária em Santana do Araguaia tomam maior dimensão a partir da década de 90, quando percebe-se um aumento da população mais acelerado, provavelmente associado à urbanização local desestruturada, ou seja, avanço do núcleo urbano sobre a floresta.

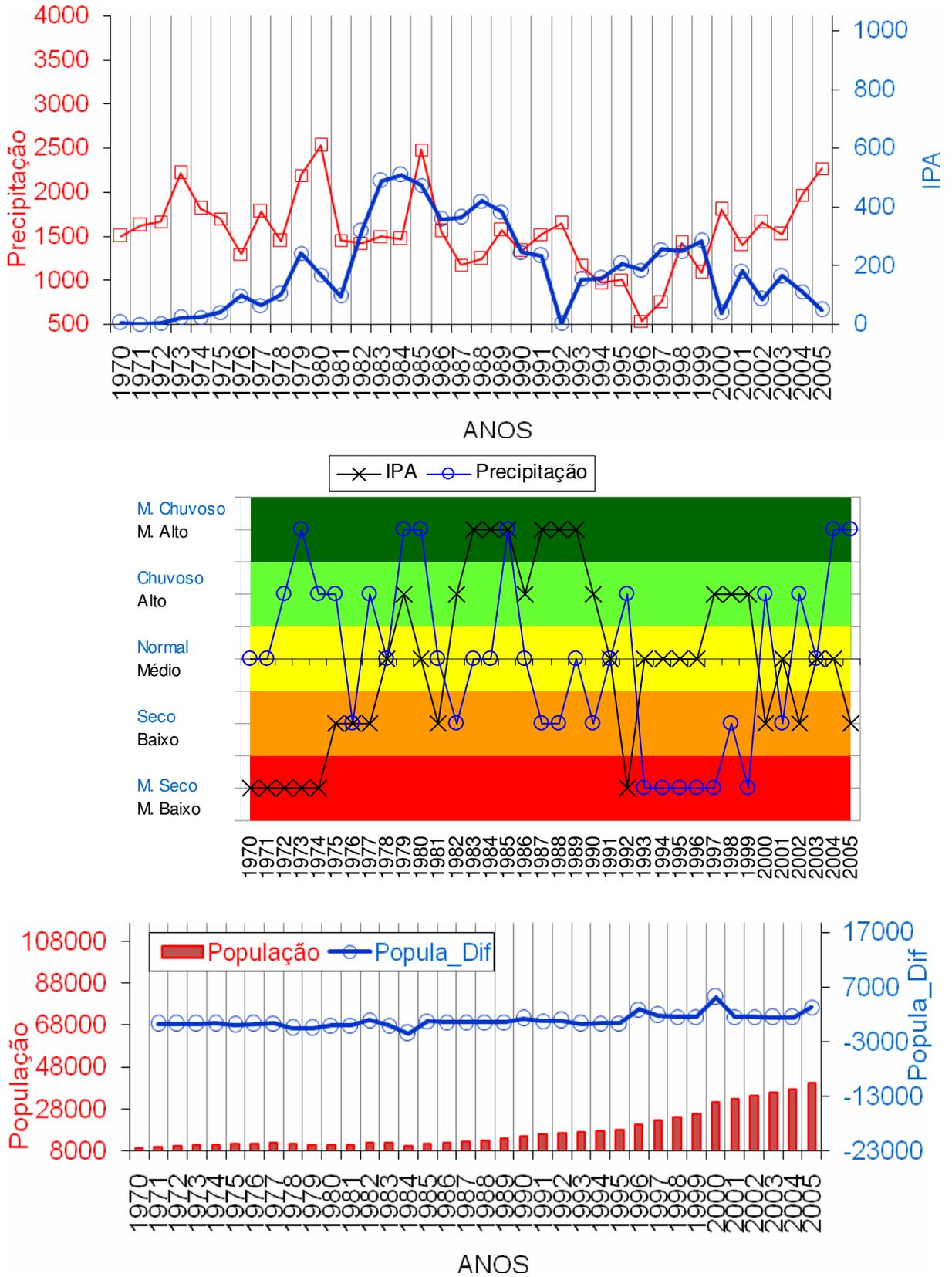


Figura 13 – Dados anuais para a cidade de Santana do Araguaia. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).

#### d) Viseu

A Figura 14 mostra os dados anuais de IPA e precipitação no painel superior, dos índices categorizados de IPA e precipitação no painel médio, e de população e sua tendência (diferença entre o ano corrente e o ano anterior) no painel inferior, desde o ano de 1970 até 2005 para a cidade de Viseu. Conforme mencionado anteriormente, em Viseu, não há informações (dados) registradas de IPA nos anos de 1984 a 1986 e 2001-2002.

Durante um período de mais de 20 anos, isto é, de 1970 até 1992, o comportamento anual da incidência de malária na região de Viseu apresentou baixos valores de IPA (painel superior da Figura 14). Quando analisam-se os índices de IPA aplicando o método dos quantis (painel médio da Figura 14), notam-se anomalias de IPA na categoria muito baixo ocorrendo nos anos de 1970 a 1973; na categoria baixo nos anos de 1974, 1979, 1981, 1982, 1990 e 1991; e na categoria média nos anos de 1975 a 1978, 1983, 1987 a 1989 e 1992. Analisando os dados anuais de chuva no painel médio da Figura 14, percebe-se a inexistência de relações lineares diretas entre a precipitação pontual na estação meteorológica e a incidência de malária nesta localidade, pelo menos neste período de anos. O predomínio de IPA nas categorias muito baixo, baixo e médio associam-se a anomalias de chuva oscilando nas categorias seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. O mesmo raciocínio é válido com relação ao crescimento populacional na região (painel inferior da Figura 14), o qual não interfere de maneira significativa no padrão de incidência de malária no referido município.

Do ano de 1993 em diante, nota-se um sistemático aumento significativo nos casos positivos de malária na região de Viseu, com anomalias de IPA na categoria alto ocorrendo nos anos de 1993 a 1995, 2000, 2003 e 2005; e na categoria muito alto nos anos de 1996 a 1999, e 2004 (painel médio). Nestes anos, a progressão da população permanece relativamente sem variações, e torna-se um fator que não interfere nos índices da malária na região. Entretanto, verifica-se a influência do fator chuva no comportamento da malária, pois na maior parte dos anos em que se observaram índices acentuados de incidência de malária, a precipitação manifestou-se com sinais de anomalias variando nas categorias normal, seco e muito seco.

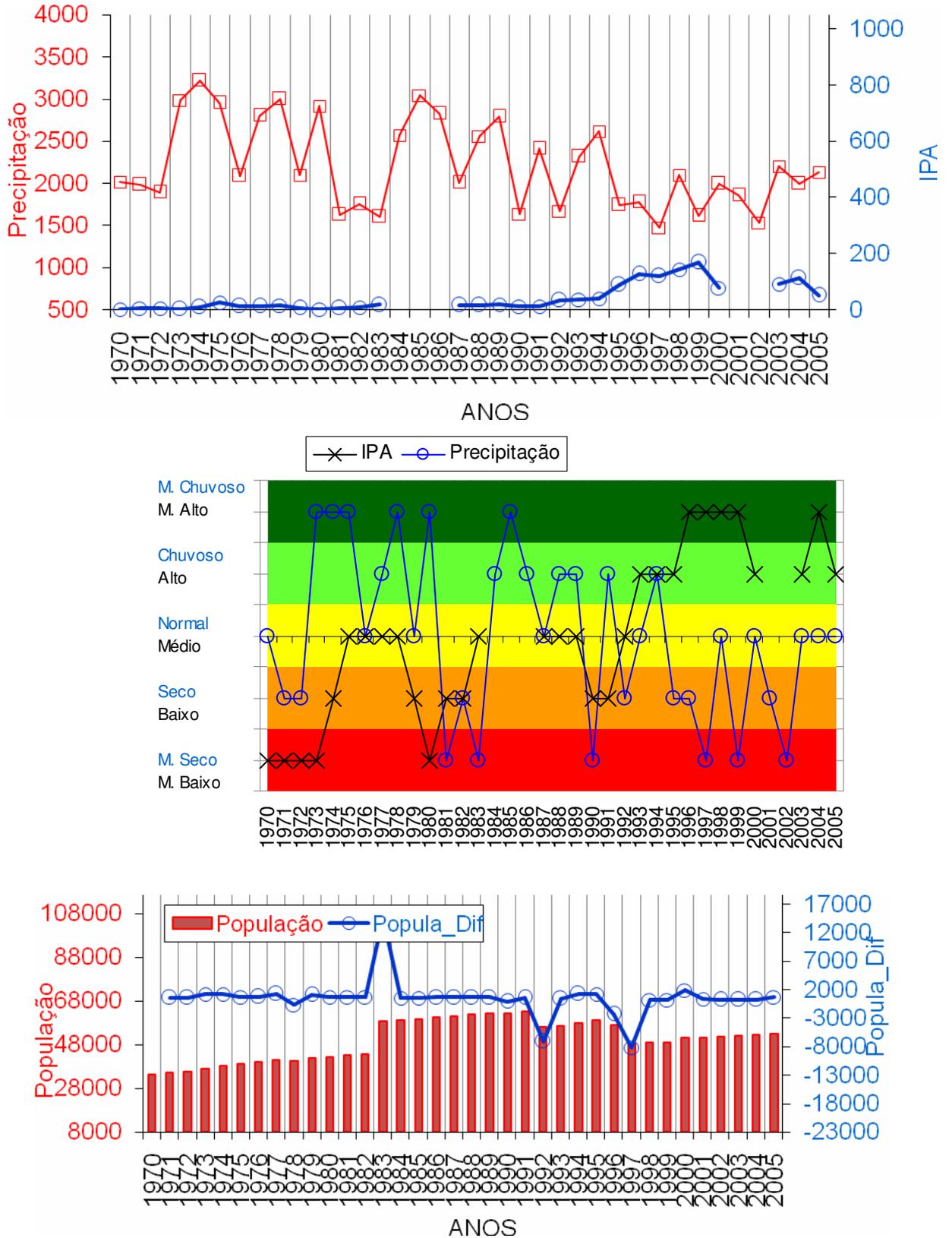


Figura 14 – Dados anuais para a cidade de Viseu. Painel superior: IPA e precipitação em mm; Painel médio: anomalias categorizadas de IPA e precipitação; Painel inferior: População e sua tendência anual (diferença entre o ano corrente e o ano anterior).

#### e) Relações com o Desmatamento no Estado do Pará

Uma vez que os dados das taxas de desmatamento encontram-se disponíveis somente para a estimativa representativa do Estado do Pará como um todo, computou-se a contribuição conjunta dos índices anuais de malária considerando os quatro municípios do estado. Assim sendo, assume-se que este novo índice de malária é representativo do Estado do Pará como um todo. A Figura 15 mostra as taxas anuais de desmatamento do PRODES-INPE e os índices categorizados do IPA, ambos estimados para o Estado do Pará. Percebe-se que as maiores taxas de desmatamento, como nos anos de 1995, 2000 e 2004, são seguidos do aumento significativo na incidência de malária nos anos seguintes. A taxa de desmatamento da ordem de 7845 km<sup>2</sup> registrado em 1995 foi seguido de quatro anos consecutivos, de 1996 a 1999, com a incidência de malária na categoria muito alta (anos extremos e críticos do ponto de vista da saúde pública). O mesmo aconteceu no ano de 2000 com uma taxa em torno de 6671 Km<sup>2</sup> de desmatamento, o qual foi seguido de dois anos consecutivos, 2001 e 2002, com altos registros de casos notificados de malária. Um aumento relativo da incidência de malária ocorreu de 2004 para 2005, provavelmente também associado ao recorde de desmatamento de mais de 8521 Km<sup>2</sup> observado em 2004. Analisando o início da série de dados anuais, percebe-se também uma certa correspondência entre a evolução das taxas de desmatamento e os índices de malária. De 1988 a 1992 a diminuição relativa do desmatamento é acompanhado do um decréscimo nos índices de malária passando da categoria alta, para média e baixa incidência. Subsequentemente, o aumento relativo das taxas de desmatamento de 1992 a 2003-2004 também associa-se ao aumento dos casos de malária da categoria baixa para média incidência. Portanto, a retirada da cobertura vegetal interfere diretamente no habitat do mosquito transmissor da parasitose. Qualquer alteração nessa cobertura nas proximidades de locais com fluxo alto de pessoas (população exposta) pode resultar em um aumento no número de casos, confirmando que o tipo de uso da terra também pode alterar a incidência de malária.

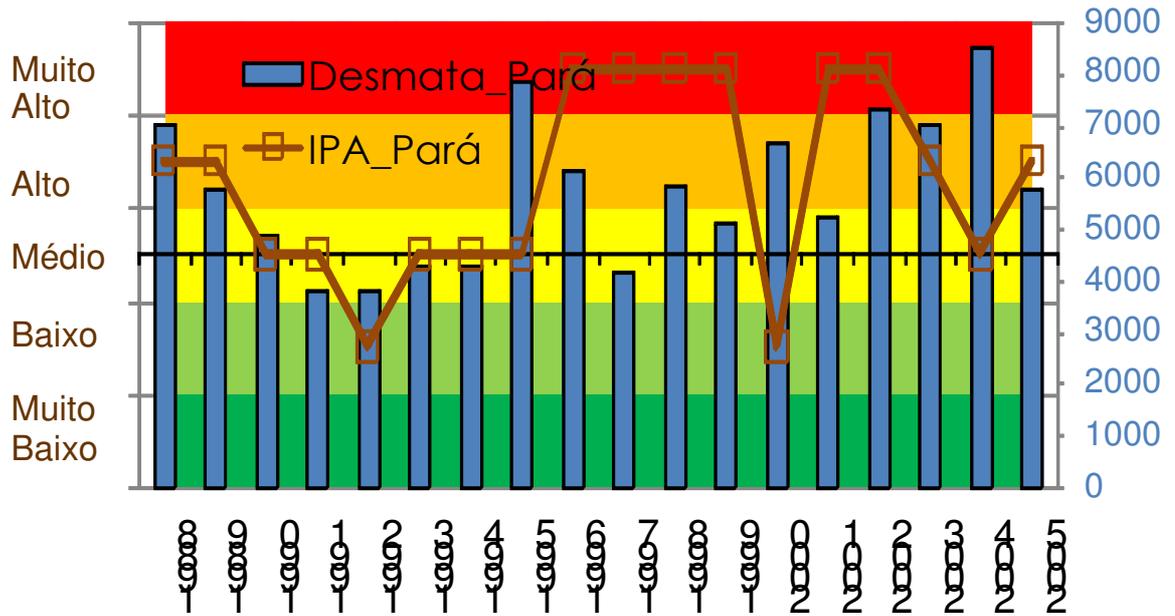


Figura 15 – Taxa de desmatamento anual (barras verticais em azul; unidade: Km<sup>2</sup>/ano) estimada pelo PRODES–INPE ([www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)) e índices categorizados do IPA (linhas em marrom), ambos representativos do Estado do Pará com base nos dados conjuntos referente aos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viséu.

#### 4.2.2 Cenários Climáticos Associados à Incidência de Malária

A relação entre os índices de malária nas quatro localidades e a variabilidade climática tropical (relacionada ao sinal das anomalias de TSM observadas sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico) bem como a variabilidade climática regional (chuva sobre o Estado do Pará) é inferida através da análise de composições dos cenários montados com base nos índices de IPA categorizados para cada município. Ou seja, foram calculadas e plotadas as anomalias anuais de TSM nas bacias tropicais dos Oceanos Pacífico e Atlântico e da precipitação regional sobre o Estado do Pará, considerando a contribuição de todos os anos em que se observaram o IPA na categoria muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. A TABELA 10 mostra a relação dos anos considerados na montagem das composições dos cenários para cada município.

TABELA 10 – Relação dos anos usados na montagem das composições de cenários anuais

| Município:          | Cenários:   |
|---------------------|---|
| Anajás              | <b>Incidência de malária acima do normal</b><br>IPA muito alto: 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2004; IPA alto: 1983, 1993, 1994, 1995, 2003, 2004          |
|                     | <b>Incidência de malária dentro do normal</b><br>IPA médio: 1970, 1982, 1984, 1985, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 2000  |
|                     | <b>Incidência de malária abaixo do normal</b><br>IPA baixo: 1971, 1979, 1980, 1981, 1986, 1987; IPA muito baixo: 1974, 1975, 1976, 1977, 1978                   |
| Itaituba            | <b>Incidência de malária acima do normal</b><br>IPA muito alto: 1983, 1984, 1987, 1988, 1989; IPA alto: 1981, 1985, 1986, 1990, 1991, 1992, 1994                |
|                     | <b>Incidência de malária dentro do normal</b><br>IPA médio: 1975, 1979, 1980, 1982, 1993, 1995, 1996, 2003, 2004, 2005  |
|                     | <b>Incidência de malária abaixo do normal</b><br>IPA baixo: 1974, 1976, 1977, 1978, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002; IPA muito baixo: 1970, 1971, 1972, 1973, 2000 |
| Santana do Araguaia | <b>Incidência de malária acima do normal</b><br>IPA muito alto: 1983, 1984, 1985, 1988, 1989; IPA alto: 1982, 1986, 1987, 1990, 1997, 1998, 1999                |
|                     | <b>Incidência de malária dentro do normal</b><br>IPA médio: 1978, 1979, 1980, 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 2001, 2003, 2004                                    |
|                     | <b>Incidência de malária abaixo do normal</b><br>IPA baixo: 1974, 1975, 1976, 1977, 1981, 2000, 2002, 2005; IPA muito baixo: 1970, 1971, 1972, 1973, 1992       |
| Viseu               | <b>Incidência de malária acima do normal</b><br>IPA muito alto: 1996, 1997, 1998, 1999, 2004; IPA alto: 1993, 1994, 1995, 2000, 2003, 2005                      |
|                     | <b>Incidência de malária dentro do normal</b><br>IPA médio: 1975, 1976, 1977, 1978, 1983, 1987, 1988, 1989, 1992  |
|                     | <b>Incidência de malária abaixo do normal</b><br>IPA baixo: 1974, 1979, 1981, 1982, 1990, 1991; IPA muito baixo: 1970, 1971, 1972, 1973, 1980                   |

#### a) Composições de Índices de Malária em Anajás

Os cenários climáticos obtidos através das composições observacionais calculadas para o conjunto de anos (ver relação na TABELA 10) com incidência de malária acima do normal (IPA nas categorias alto e muito alto), dentro dos padrões médios (IPA na categoria médio) e abaixo do normal (IPA nas categorias baixo e muito baixo) na região de Anajás encontram-se plotados na Figura 16.

Os anos com índices de malária abaixo do normal (painel superior) associam-se com anomalias negativas de TSM, ou seja, condições de resfriamento cobrindo grande parte da bacia do Oceano Pacífico, especialmente na porção leste deste Oceano ao longo da costa oeste da América do Sul. Esses sinais de resfriamento das águas oceânicas também se processam na bacia do Oceano Atlântico tropical. Portanto, anos com IPA nas categorias baixo e muito baixo em Anajás associam-se a um padrão de resfriamento tanto sobre o Pacífico (característica do fenômeno La Niña) como também no Atlântico (sem indicações claras de Dipolo positivo ou negativo). O padrão de precipitação observado sobre o estado do Pará configura-se com o predomínio de anomalias negativas de precipitação, ou seja, chuva abaixo do normal em grande parte do Pará, inclusive na região nordeste onde localiza-se o município de Anajás.

Os anos que apresentaram índices de malária na categoria média (painel médio) relacionam com sinais nas anomalias de TSM processando-se somente sobre o Oceano Pacífico. Neste caso, a presença das anomalias negativas de TSM evidencia claramente a manifestação do fenômeno La Niña atuando sobre o Pacífico centro-leste. Consistentemente com estudos anteriormente citados, verificam-se a predominância de anomalias positivas de precipitação em grande parte do Estado do Pará, inclusive sobre a região de Anajás.

Durante os anos caracterizados pela incidência de altos índices de malária, IPA categorizados como alto e muito alto (painel inferior), notam-se sinais em ambas as bacias oceânicas do Pacífico e Atlântico. Sobre o Pacífico as anomalias positivas, isto é, águas mais quente do que o normal, indica a influência do fenômeno El Niño. No Atlântico, evidencia-se a atuação do Dipolo positivo, ou seja, condições mais quentes do que o normal na bacia norte e mais frias ou neutras sobre a bacia sul do Atlântico. O padrão de anomalias de precipitação observado sobre o Estado do Pará mostra condições variando de normal à ligeiramente abaixo do normal em grande parte da região, incluindo a região de Anajás.

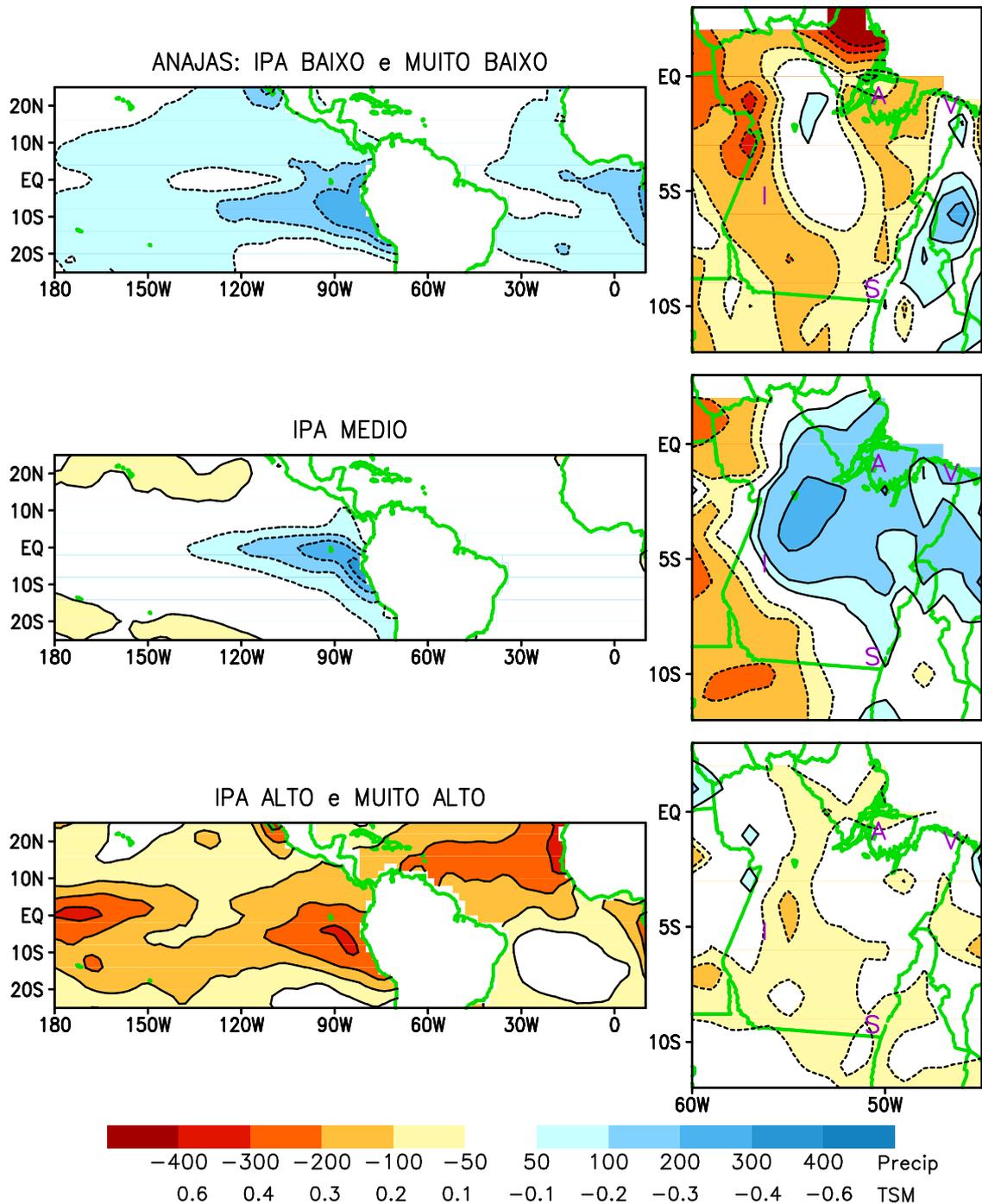


Figura 16 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Anajás. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. As letras A, I, S e V indicam a localização dos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viséu, respectivamente.

## b) Composições de Índices de Malária em Itaituba

Os cenários climáticos obtidos através das composições observacionais calculadas para o conjunto de anos (ver relação na TABELA 10) com incidência de malária acima do normal (IPA nas categorias alto e muito alto), dentro dos padrões médios (IPA na categoria médio) e abaixo do normal (IPA nas categorias baixo e muito baixo) na região de Itaituba encontram-se plotados na Figura 17.

No painel superior, nota-se que os anos caracterizados por baixos índices de ocorrência de malária em Itaituba, associam-se com a ausência de mecanismos do tipo El Niño ou La Niña sobre o Pacífico. As condições sobre a bacia do Atlântico tropical demonstram um padrão de neutralidade. Apesar dos sinais sobre os oceanos, observam-se o predomínio de anomalias negativas de precipitação, ou seja, condições de chuva abaixo do normal em grande parte do Pará, em particular na região sudoeste onde localiza-se a região de Itaituba.

Os anos em que se observaram índices de incidência de malária dentro da categoria média (painel médio) estão relacionados com um padrão de aquecimento anormal sobre a bacia norte do Oceano Atlântico, indicado pela presença das anomalias positivas de TSM. Sobre o Oceano Pacífico, notam-se anomalias positivas na porção oeste e anomalias negativas na porção leste próxima à costa do Equador/Peru. Os casos de malária dentro da categoria médio ou normal também se relacionam ao predomínio de condições de chuva dentro da categoria normal ocorrendo em grande parte do Pará, inclusive na região de Itaituba.

No painel inferior, observa-se que os anos caracterizados pela alta incidência de casos de malária, estão associados com condições de neutralidade sobre o Oceano Atlântico e condições de ligeiro aquecimento (anomalias positivas de TSM) restritas na região oeste do Oceano Pacífico. O sinal da precipitação observada sobre o Pará evidencia a ocorrência de anomalias positivas, isto é, chuva acima do normal, na região sudoeste próxima ao município de Itaituba.

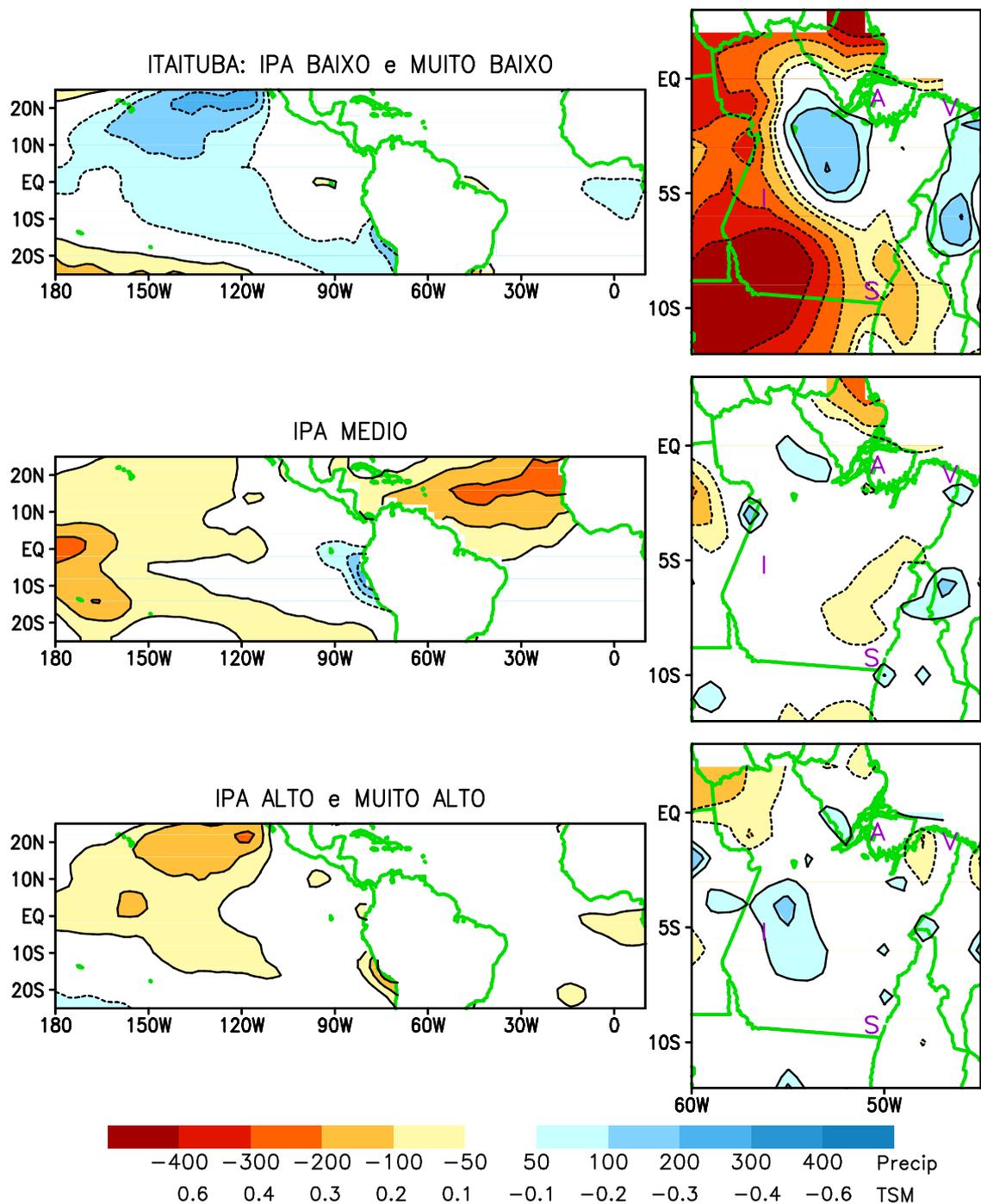


Figura 17 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Itaituba. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. As letras A, I, S e V indicam a localização dos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu, respectivamente.

### c) Composições de Índices de Malária em Santana do Araguaia

A Figura 18 mostra os cenários climáticos obtidos através das composições observacionais calculadas para o conjunto de anos (TABELA 10) com incidência de malária acima do normal (painel inferior), dentro do padrão normal (painel médio) e abaixo do normal (painel superior) na região de Santana do Araguaia.

Associado as condições de baixa incidência de casos de malária, observa-se a manifestação de anomalias negativas de precipitação, isto é, déficit pluviométrico significativo em grande parte do Pará, incluindo a região centro-sul do estado que engloba o município de Santana do Araguaia. Estas condições ocorrem durante os anos que apresentam anomalias negativas de TSM, as quais caracterizam o fenômeno La Niña sobre o Oceano Pacífico. No Oceano Atlântico, verifica-se condições de resfriamento anômalo, anomalias negativas de TSM, na porção sobre a bacia norte e também na bacia equatorial próxima a costa da África.

Durante os anos em que os índices de casos de malária se configuram na categoria média, observa-se também um sinal de precipitação se processando dentro da categoria normal em grande parte do Pará, incluindo a região de Santana do Araguaia.

Os anos caracterizados pela alta incidência de casos de malária registrados em Santa do Araguaia ocorrem em associação às condições de chuva variando de normal a ligeiramente acima do normal na região próxima ao município de Santana do Araguaia. Nesses anos, observa-se a manifestação do fenômeno El Niño, revelado pela presença das anomalias positivas de TSM, condições de aquecimento anormal, sobre a bacia centro-leste do Oceano Pacífico. As condições sobre o Oceano Atlântico mostram condições de aquecimento anômalo, anomalias positivas de TSM, se configurando em ambas as bacia norte e sul do Atlântico.

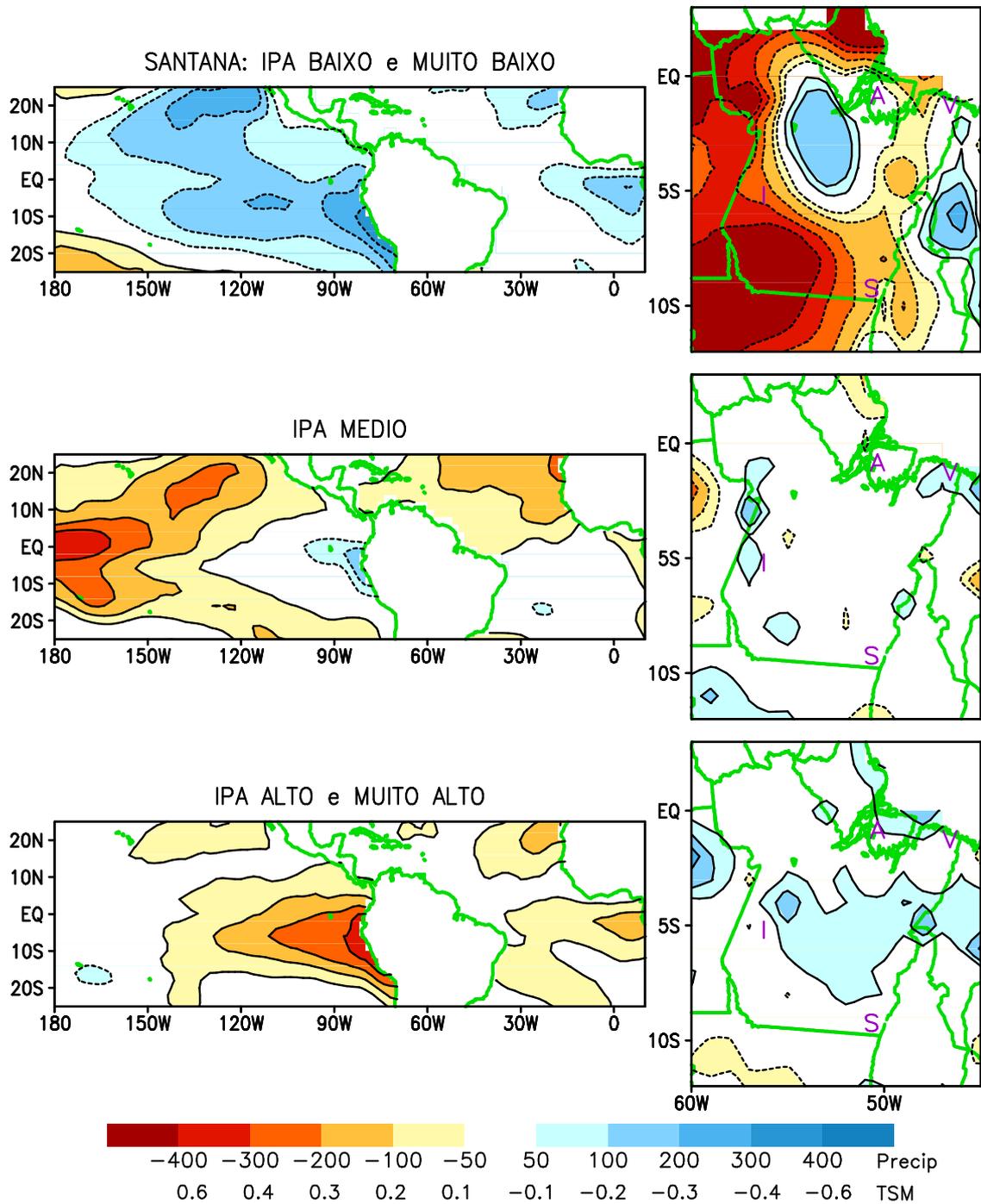


Figura 18 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Santana do Araguaia. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. As letras A, I, S e V indicam a localização dos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu, respectivamente.

#### d) Composições de Índices de Malária em Viseu

A Figura 19 mostra os cenários climáticos obtidos através das composições observacionais calculadas para o conjunto de anos (TABELA 10) com incidência de malária acima do normal (painel inferior), dentro do padrão normal (painel médio) e abaixo do normal (painel superior) na região de Viseu.

As condições associadas à presença de resfriamento anormal das águas oceânicas, anomalias negativas de TSM, sobre o Pacífico centro-leste se relacionam aos anos em que se registraram valor baixo de incidência de malária na região de Viseu no nordeste do Pará. O Oceano Atlântico apresenta um padrão de neutralidade, exceto na bacia equatorial sul próxima a costa Africana, onde se observam anomalias negativas de TSM. O padrão de precipitação regional, em particular no nordeste do Pará, indica a atuação de déficit de chuva, anomalias negativas de precipitação.

Durante os anos em que o índice de malária configura-se dentro da categoria normal ou médio, nota-se a predominância de condições neutras sobre a bacia do Pacífico, enquanto que no Oceano Atlântico verifica-se anomalias negativas de TSM, águas mais fria do que o normal, sobre a bacia sul. Na porção centro-norte do Pará, incluindo a região nordeste do Estado onde situa-se a cidade de Viseu, observa-se o domínio de anomalias negativas de precipitação.

Os anos marcados pela alta incidência de malária relacionam-se com a ocorrência de precipitação anormalmente positiva, ou seja, predomínio de excesso de chuva regional atingindo a porção nordeste do Pará que inclui a localidade de Viseu. Esses anos encontram-se associados com sinais de aquecimento sobre o Pacífico, porém sem um padrão definido de El Niño. Já no Oceano Atlântico, nota-se um padrão de intenso aquecimento, anomalias positivas de TSM, cobrindo a maior parte da bacia norte.

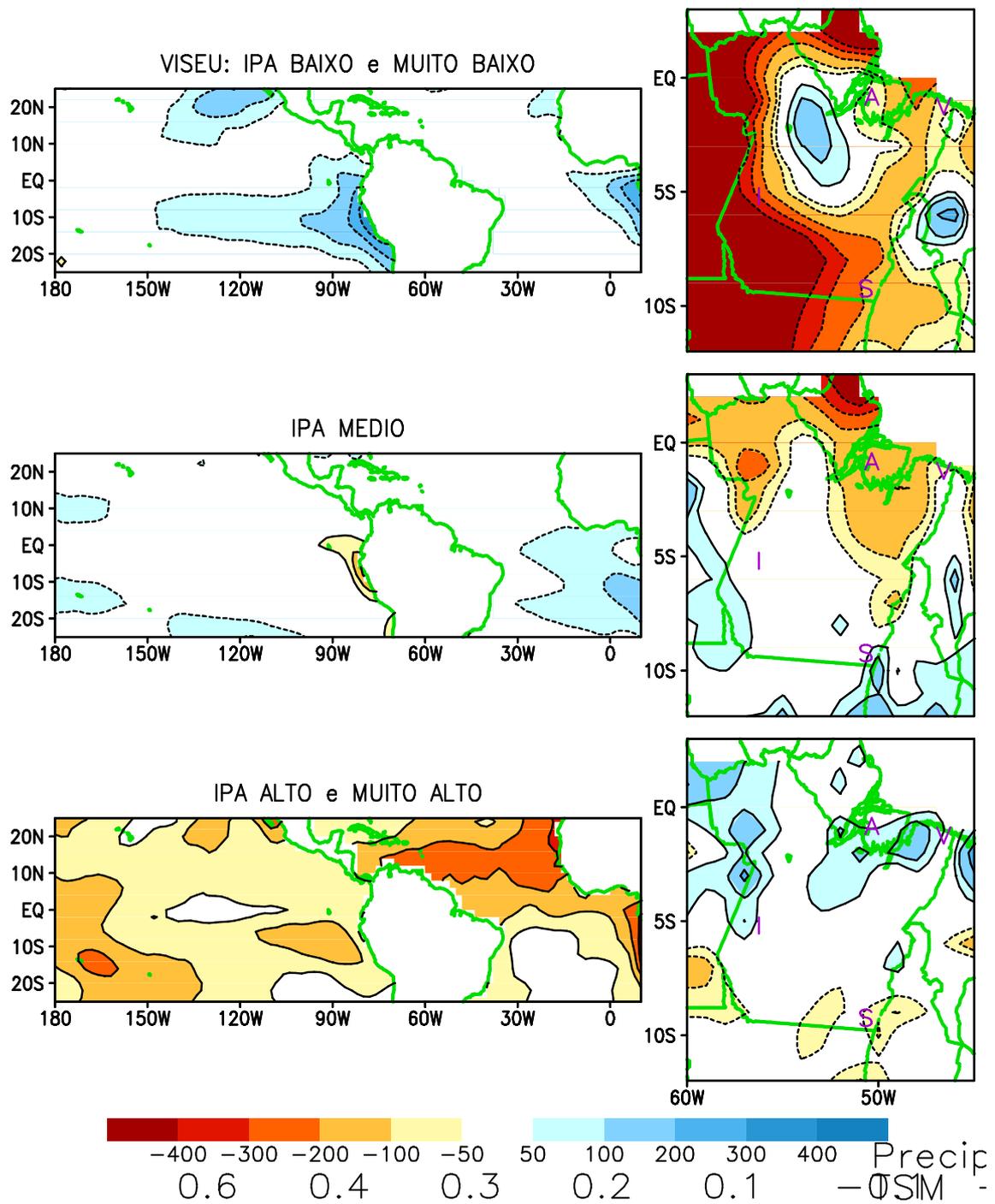


Figura 19 – Composições dos cenários representativos dos anos com incidência de malária acima do normal (painel superior), dentro dos padrões médios (painel médio) e abaixo do normal (painel inferior) observados na região de Viseu. As Figuras à esquerda mostram as anomalias de TSM (°C) e as Figuras à direita mostram as anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará. O intervalo e intensidade das anomalias são indicados na barra de cores. As letras A, I, S e V indicam a localização dos municípios de Anajás, Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu, respectivamente.

### 4.3 VARIABILIDADE CLIMÁTICA E OS ÍNDICES DE MALÁRIA NO PARÁ

Nesta secção, apresentam-se as composições observacionais contendo a evolução mensal das características predominantes associadas aos principais mecanismos físicos observados nos Oceanos Pacífico e Atlântico, os quais regulam a variabilidade climática tropical e, conseqüentemente, o padrão de chuva da Amazônia. Nessa evolução mensal, para cada mecanismo ou cenário climático, analisam-se concomitantemente os índices de incidência de malária nas quatro macro-regiões do Estado do Pará. O objetivo desta abordagem é avaliar as influências ou impactos do Pacífico e Atlântico na variabilidade climática regional e, por conseguinte, na incidência de malária no estado. A presente análise baseia-se no conjunto de dados mensais de um período de 14 anos (1992 a 2005).

#### 4.3.1 Seleção dos Eventos

As fases do ENOS no Oceano Pacífico, ou seja, os eventos El Niño e La Niña, foram obtidos objetivamente de acordo com o critério de Trenberth (1997). A Figura 20 mostra os índices das anomalias mensais de TSM na região do Niño3 (região de monitoramento tradicional do ENOS; ver localização na Figura 7) durante os anos de 1991 a 2005. Na maioria dos casos, as fases extremas do ENSO apresentam sua configuração dominante no verão austral, principalmente em dezembro e janeiro (TRENBERTH, 1997). Logo, os anos que apresentaram anomalias de  $TSM \geq +0,5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$ ) por cinco meses consecutivos, no período de Outubro do Ano0 (ano de formação do evento) a março do Ano+1 (ano posterior), são definidos como anos de ocorrência de El Niño (La Niña). Considerando este critério aplicado na Figura 20, selecionaram-se quatro eventos para cada fase do ENOS:

- El Niño: 1991/1992, 1994/1995, 1997/1998 e 2002/2003;
- La Niña: 1995/1996, 1998/1999, 1999/2000 e 2000/2001.

Em todos os eventos selecionados, nota-se que o pico máximo das anomalias de TSM ocorre entre o final do Ano0 (1991, 1994, 1997, 2002 para os episódios El Niño; e 1995,

1998, 1999, 2000 para os episódios La Niña) e início do Ano+1 (1992, 1995, 1998, 2003 nos El Niño; e 1996, 1999, 2000, 2001 para La Niña).

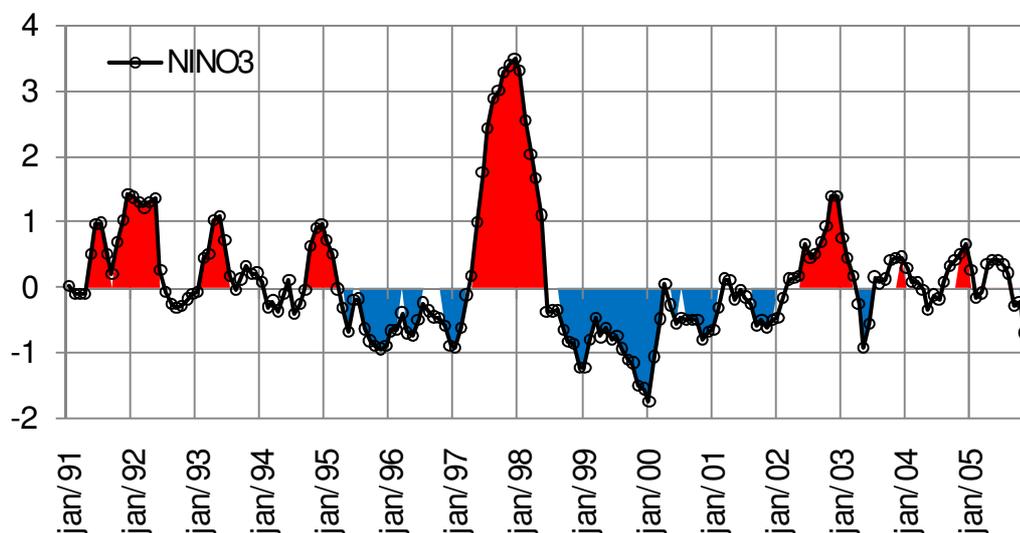


Figura 20 – Anomalias mensais de TSM (unidade: °C) observada na região do Niño3 sobre o Oceano Pacífico equatorial durante os anos de 1991 a 2005. As áreas vermelhas (azuis) correspondem aos índices  $+0,5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$ ).

As fases do Gradiente ou Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico intertropical são definidas de acordo com a metodologia de Souza e Nobre (1998). A Figura 21 mostra o índice mensal GRAD, definido como a diferença entre as anomalias mensais de TSM nas áreas da Bacia Norte e Bacia Sul do Atlântico (ver localização na Figura 7). Ressalta-se que o índice GRAD positivo indica condições mais quentes na Bacia Norte e mais frias na Bacia Sul do Atlântico. As condições contrárias, isto é, mais frias na Bacia Norte e mais quentes na Bacia Sul do Atlântico, ocorrem quando o índice GRAD é negativo. Uma vez que, as fases do Dipolo do Atlântico apresentam suas configurações dominantes durante o primeiro semestre de cada ano (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA; NOBRE, op. cit.), deve-se aplicar os critérios de seleção no referido período. Assim sendo, os anos que apresentaram o índice  $\text{GRAD} \geq +0,25^{\circ}\text{C}$  por quatro meses consecutivos, no período entre janeiro e maio, são definidos como anos de ocorrência do Gradiente apontando em direção ao Atlântico Norte, isto é, a fase do Dipolo Positivo. Inversamente, os anos que apresentaram o índice  $\text{GRAD} \leq -0,25^{\circ}\text{C}$  nos referidos quatro meses consecutivos são definidos como anos de ocorrência do Gradiente apontando em direção ao Atlântico Sul, isto é, a fase do Dipolo

Negativo. Considerando este critério aplicado na Figura 21, selecionaram-se quatro eventos para cada fase do Dipolo do Atlântico:

- Fase positiva do Dipolo: 1992, 1997, 1998, 2004 e 2005;
- Fase negativa do Dipolo: 1994, 1999, 2001 e 2003.

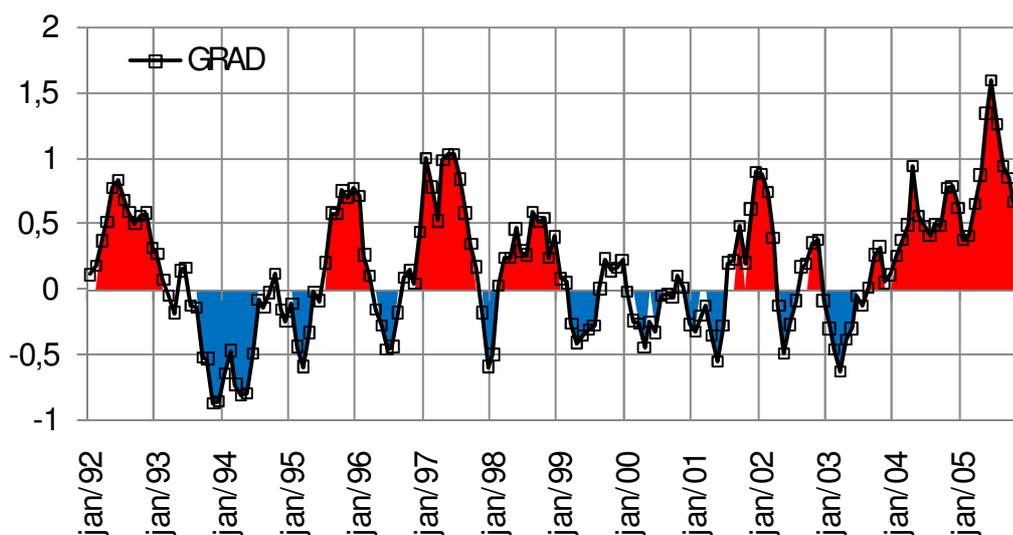


Figura 21 – Anomalias mensais de TSM (unidade: °C) do índice GRAD observado na bacia intertropical do Oceano Atlântico durante os anos de 1992 a 2005. As áreas vermelhas (azuis) correspondem aos índices  $+0,25^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0,25^{\circ}\text{C}$ ).

### 4.3.2 Composições de Cenários Climáticos

Estudos anteriores demonstraram que a técnica de composições considerando vários eventos de um determinado fenômeno ou mecanismo climático é eficiente na análise de impactos regionais (SOUZA, 2003). Uma vez dispondo dos eventos selecionados objetivamente e criteriosamente, analisa-se a seguir, as composições dos cenários de impactos do Oceano Pacífico (El Niño e La Niña) e Atlântico (fases do Dipolo Positivo e Negativo).

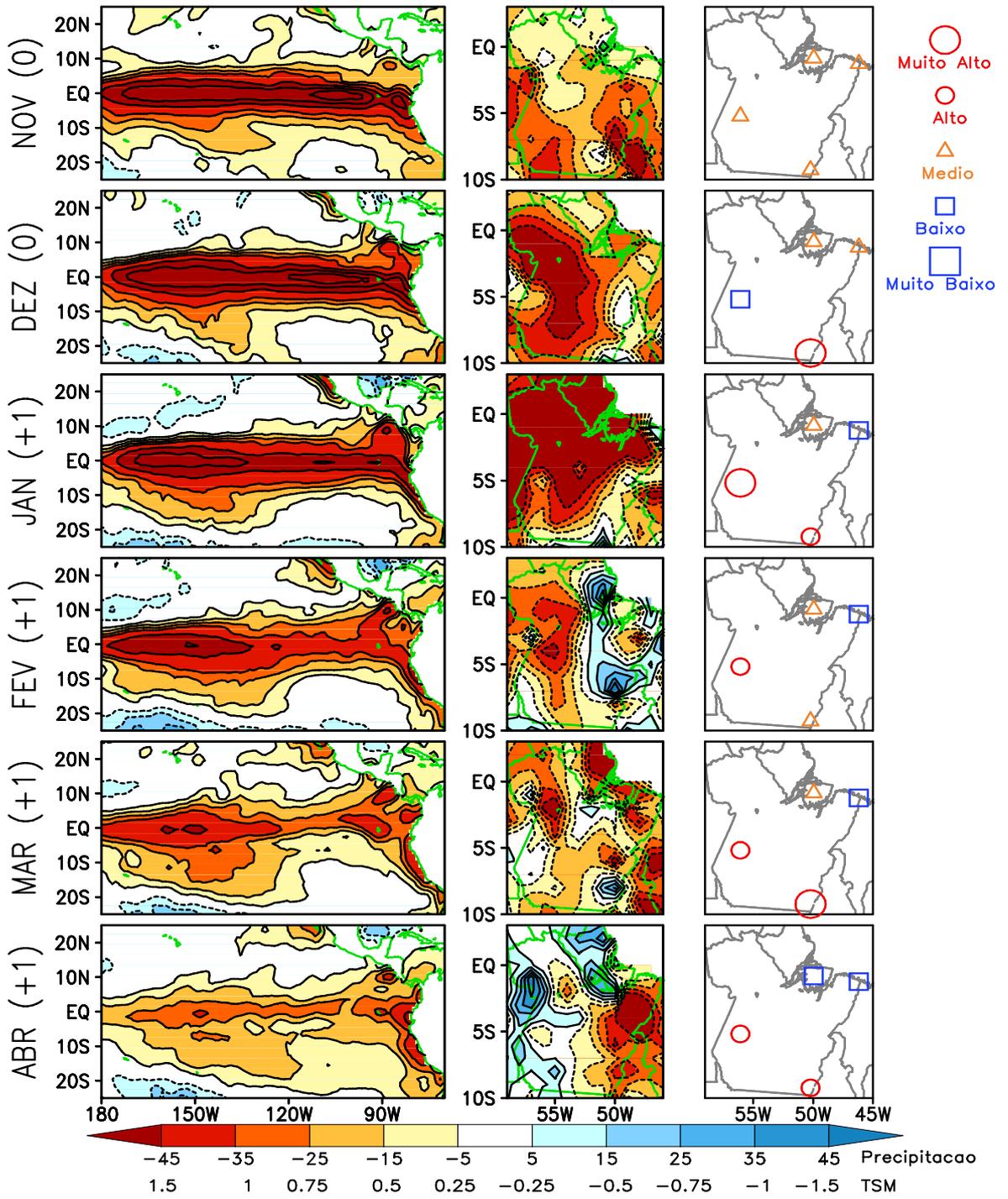
#### 4.3.2.1 CENÁRIO: EL NIÑO NO PACÍFICO

A Figura 22 mostra a evolução mensal dos padrões anômalos de TSM na bacia tropical do Oceano Pacífico e da precipitação nos Estado do Pará e Amapá, bem como dos

índices de malária categorizados pelo método dos Quantis nos quatro municípios do Pará. Esses mapas de anomalias correspondem à composição do cenário climático caracterizado pela presença de eventos El Niño, listados na secção anterior, sendo que na evolução mensal considera-se a média individual de cada mês dos respectivos anos selecionados.

Os meses de novembro, dezembro e janeiro, como era de se esperar, mostram a fase de maturação (intensidade máxima) dos eventos El Niño, caracterizado pela ocorrência de anomalias positivas de TSM (águas oceânicas mais quentes do que o normal) cobrindo praticamente todo o Pacífico tropical (mapas no painel à esquerda). Os impactos do El Niño no regime de chuva do Pará configuram-se de maneira mais forte justamente nesses três meses, com o predomínio de anomalias negativas de precipitação (chuva abaixo do normal) atingindo todas as regiões do Pará, sendo que as anomalias são mais intensas nos meses de dezembro e janeiro (mapas no painel central). Nesse período, associado ao cenário climático regional, os índices de malária mostram em novembro a categoria média nos quatro municípios; em dezembro, Anajás e Viseu permanecem inalterados, em Itaituba diminui para a categoria baixo e em Santana do Araguaia aumenta para a categoria muito alto; em janeiro ocorre uma mudança brusca com aumento para a categoria muito alto em Itaituba, diminui para a categoria alto em Santana do Araguaia e diminui para a categoria baixo em Viseu (mapas no painel à direita).

A partir do mês de fevereiro, deflagra-se a fase de diminuição gradativa das anomalias de TSM associado ao El Niño sobre o Pacífico até chegar ao seu estágio final entre maio e junho (painel à esquerda). Uma vez iniciado a fase de enfraquecimento do fenômeno observam-se diferenças no sinal da precipitação regional sobre o Pará, com algumas áreas apresentando um padrão inverso, ou seja, anomalias positivas (chuva acima do normal), por exemplo, no leste do Pará em fevereiro, no sudeste em março, no oeste e baixo amazonas em abril e no sul do estado em maio (painel central). A evolução mensal da incidência de malária quando dos meses de enfraquecimento do El Niño mostram a persistência de índice na categoria alto em Itaituba e na categoria baixo em Viseu durante esses cinco meses. Em Santana do Araguaia há uma variação de índice médio em fevereiro, muito alto em março, alto em abril, médio em maio e alto em junho. Em Anajás também nota-se variações no índice de malária na categoria médio em fevereiro e março, baixo em abril e maio e médio em junho.



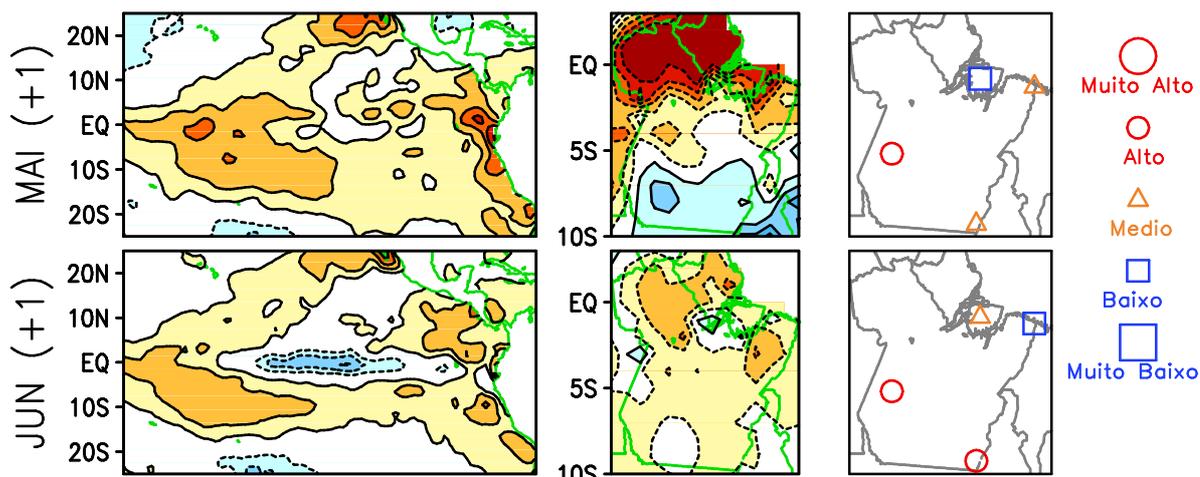
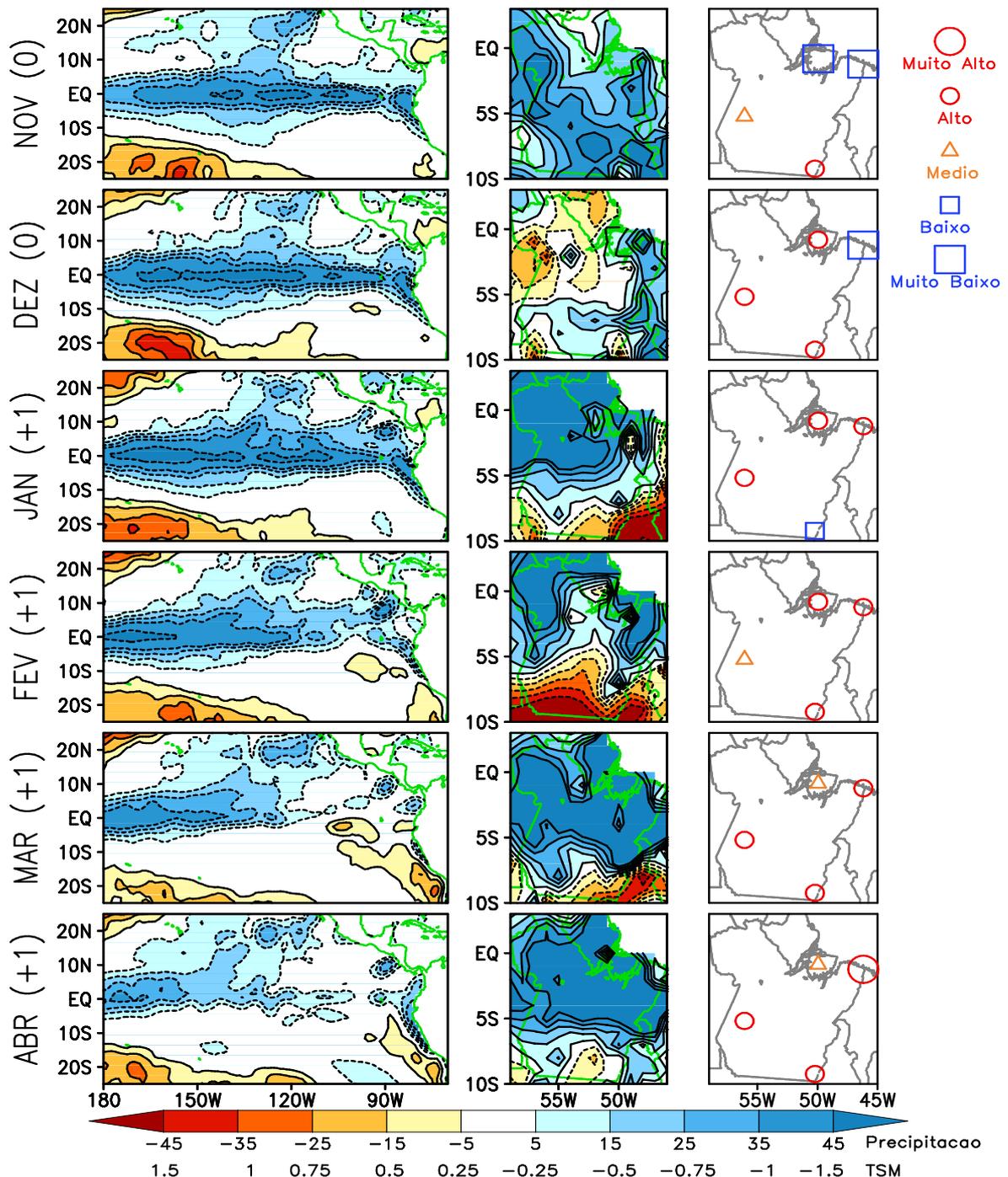


FIGURA 22 – Composições do cenário climático associado aos eventos El Niño sobre o Oceano Pacífico. Paineis à esquerda: anomalias de TSM (°C) sobre o Pacífico; Paineis centrais: anomalias de precipitação (mm) sobre o Pará e Amapá; Paineis à direita: índices de incidência de malária categorizados pelos Quantis. As composições referem-se à evolução mensal desde novembro (Ano0) até junho (ano+1). A legenda contendo a intensidade das anomalias de TSM e precipitação encontra-se na barra de cores abaixo da Figura. A legenda dos índices de malária encontra-se na parte superior direita da Figura.

#### 4.3.2.2 Cenário: La Niña no Pacífico

A Figura 23 mostra a evolução mensal dos padrões anômalos de TSM sobre o Oceano Pacífico e da precipitação nos Estados do Pará e Amapá, bem como dos índices de malária categorizados nos quatro municípios do Pará, correspondentes ao cenário climático caracterizado pela presença de eventos La Niña. A fase de maior intensidade da La Niña, indicada pela presença das anomalias negativas (águas mais frias do que o normal) de TSM no Pacífico tropical, ocorre durante os meses de novembro, dezembro e janeiro (mapas no painel à esquerda). Neste período, o impacto climático em termos de precipitação regional sobre o Pará configura-se com a presença de anomalias positivas de precipitação (chuva acima do normal) atingindo todo o estado em novembro, mas em dezembro há uma mudança de padrão com o aparecimento de anomalias negativas no setor oeste e positivas no restante do estado, enquanto que em janeiro, volta a predominar chuva acima do normal em todo centro-norte do estado (mapas no painel central). Subsequentemente, de fevereiro a junho, verifica-se a descaracterização gradativa do fenômeno La Niña, com a diminuição das anomalias negativas de TSM. Apesar disso, este período é marcado pela regularidade no sinal das anomalias de precipitação sobre o Pará, com a persistência e generalização de chuva acima do normal atingindo todo o setor centro-norte do estado e, inversamente, a presença de chuva abaixo do normal no setor sudeste do estado (região de Santana do Araguaia), durante

cinco meses seguidos de fevereiro a junho. No que concerne ao índice de malária, associado a evolução da La Niña, nota-se também uma certa regularidade sistemática de registro da doença na categoria alta se processando por vários meses consecutivos no município de Anajás durante os meses dezembro, janeiro, fevereiro e maio; em Itaituba durante os meses de dezembro, janeiro, março, abril, maio e junho; em Santana do Araguaia durante os meses de novembro, dezembro, fevereiro, março, abril e maio; e em Viseu durante os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho (mapas no painel à direita).



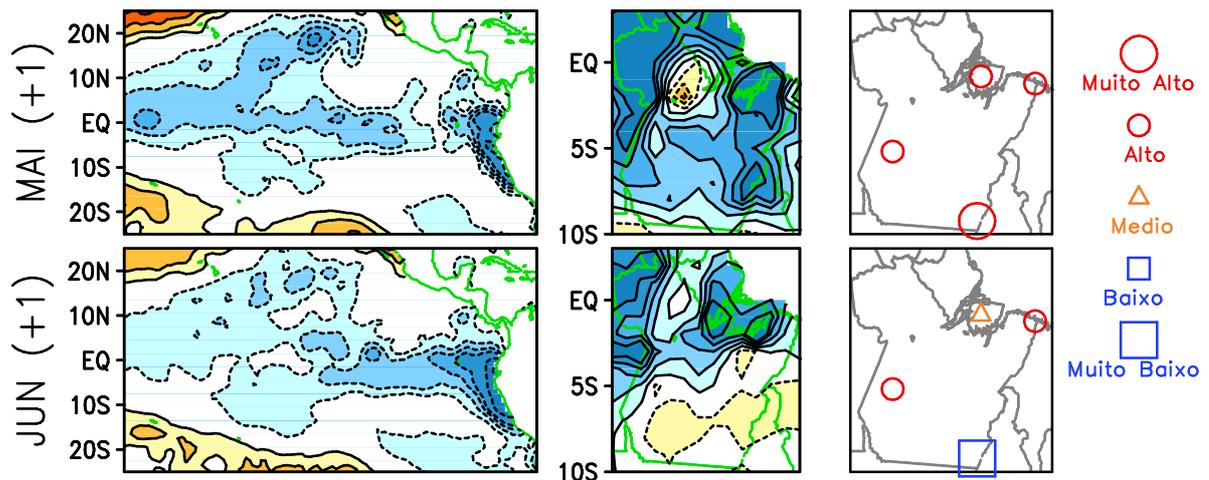
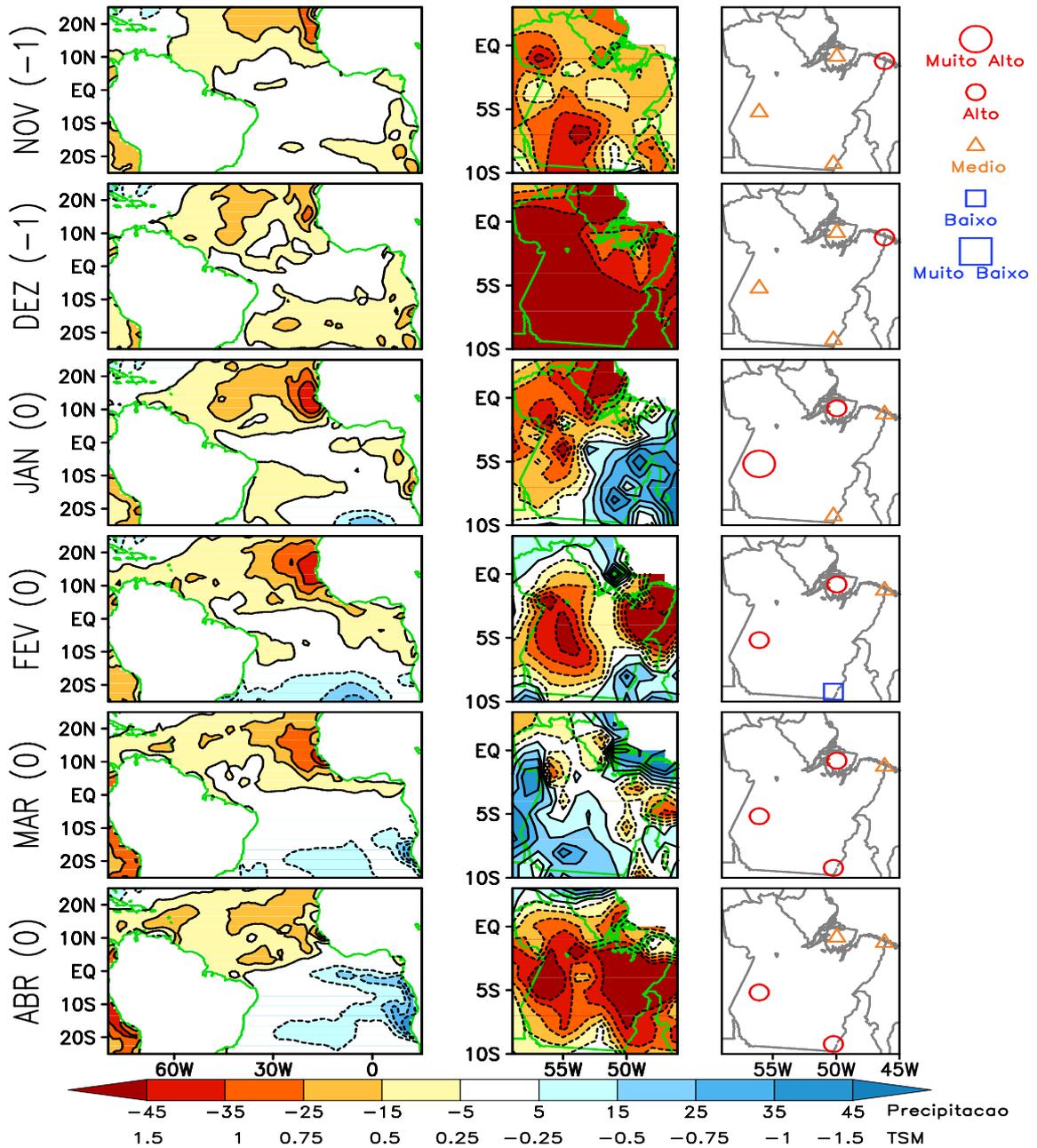


FIGURA 23 – Idem a Figura 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos La Niña sobre o Oceano Pacífico.

#### 4.3.2.3 Cenário: Dipolo Positivo no Atlântico

A Figura 24 mostra a evolução mensal dos padrões anômalos de TSM sobre o Oceano Atlântico e da precipitação nos Estado do Pará e Amapá, bem como dos índices de malária categorizados nos quatro municípios do Pará, correspondentes ao cenário climático caracterizado pela presença de eventos da fase positiva do Dipolo no Atlântico intertropical. As condições oceânicas sobre o Atlântico caracterizam-se primeiramente pela presença de anomalias positivas de TSM (águas mais quentes do que o normal) na bacia norte e um padrão de neutralidade na bacia sul, durante os meses de novembro a fevereiro. A configuração mais clara do dipolo de anomalias de TSM fica mais evidente durante os meses de março a junho, indicados pela manifestação simultânea de um padrão inverso no sinal das anomalias de TSM, sendo positivas (quentes) na bacia norte e negativas (frias) na bacia sul (mapas no painel à esquerda). Em novembro e dezembro, observa-se a generalização de anomalias negativas de precipitação (chuva abaixo do normal) em todo o Estado do Pará. Em janeiro, o setor oeste e norte continuam apresentando chuva abaixo do normal, no entanto o setor sudeste e leste mudam de sinal para anomalias positivas (chuva acima do normal). Em fevereiro, volta a predominar um padrão de déficit pluviométrico significativo em todo Estado. Em março, há uma tendência de chuva acima do normal em grande parte do Estado. Subsequentemente, os meses de abril, maio e junho são caracterizados pela ocorrência de precipitação anormalmente abaixo do normal em todas as regiões do Pará (mapas no painel central). Analisando a evolução dos índices de malária, durante o cenário de dipolo positivo no Atlântico, observam-se para a região de Anajás que os casos da doença configuram-se

dentro do padrão médio durante o início do fenômeno, aumentam para a categoria alta no período intermediário e voltam para a categoria média no final do evento. Em Itaituba, verificam-se índices médios no período inicial e aumentam para a categoria alta no restante do período. Santana do Araguaia e Viseu são as regiões onde ocorrem as variações mensais maiores, com oscilações entre índices médios, baixo e alto (mapas no painel à direita).



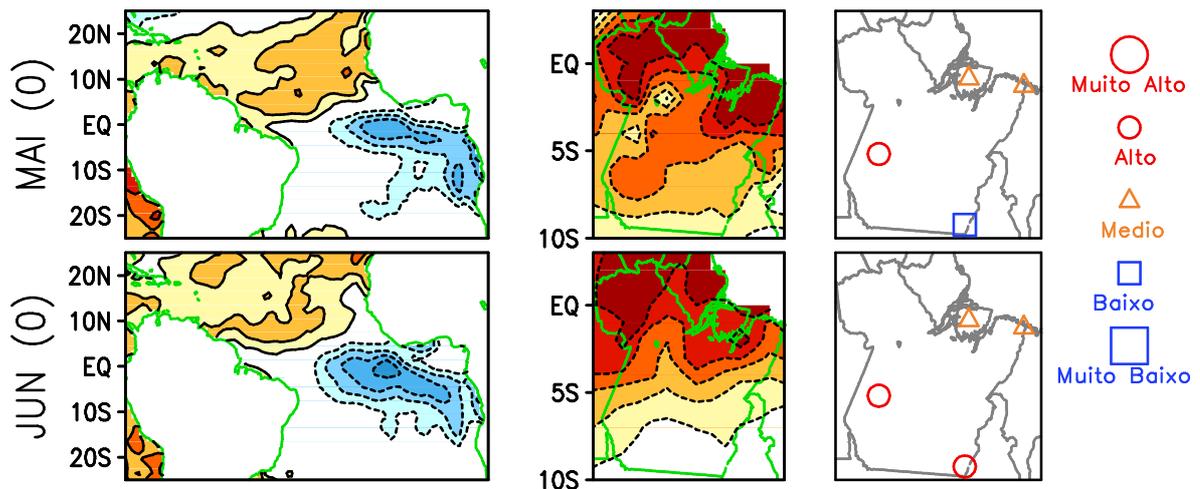
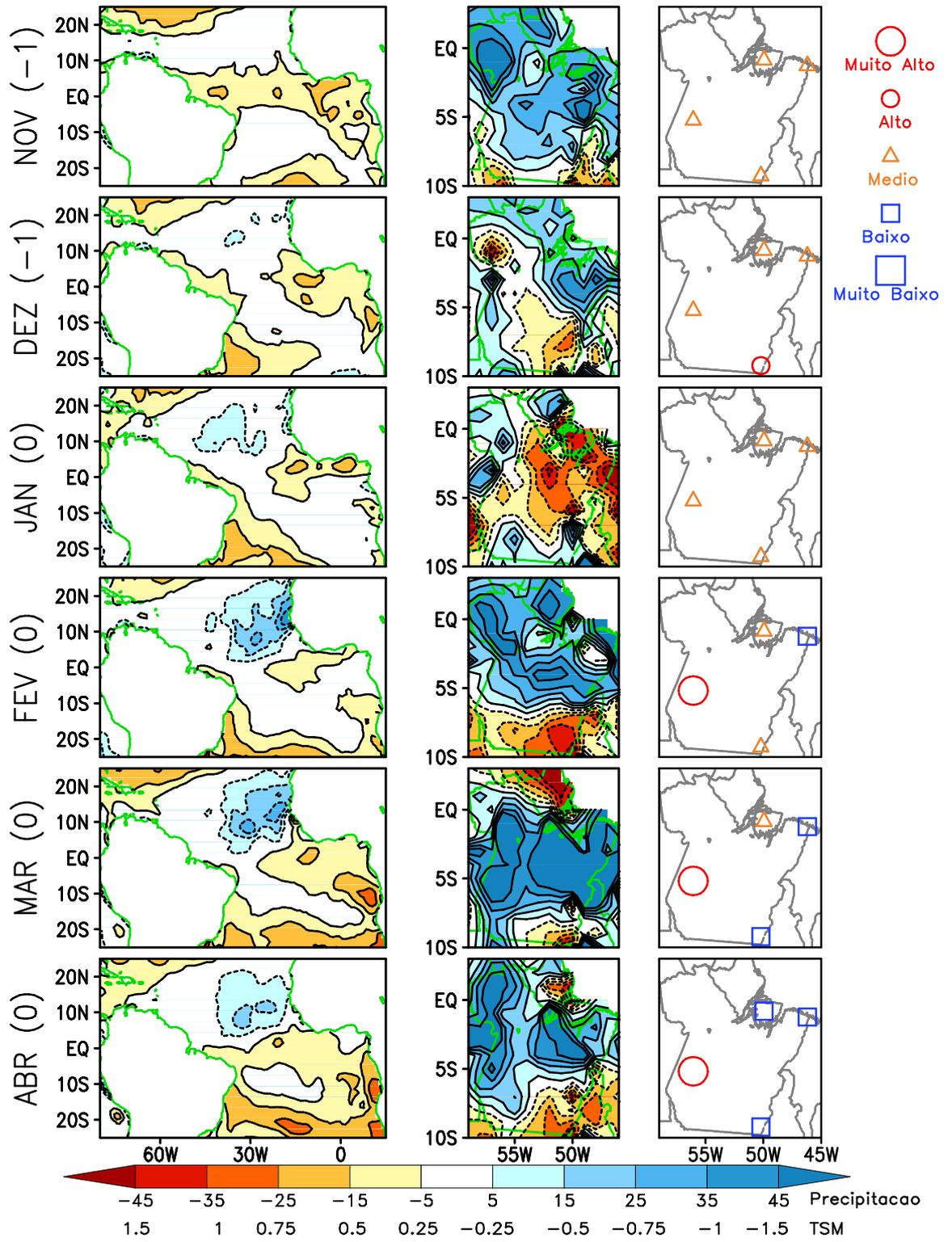


FIGURA 24 – Idem a FIGURA 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos da fase do Dipolo positivo sobre o Oceano Atlântico intertropical.

#### 4.3.2.4 Cenário: Dipolo Negativo no Atlântico

A Figura 25 mostra a evolução mensal dos padrões anômalos de TSM sobre o Oceano Atlântico e da precipitação nos Estado do Pará e Amapá, bem como dos índices de malária categorizados nos quatro municípios do Pará, correspondentes ao cenário climático caracterizado pela presença de eventos da fase negativa do dipolo no Atlântico intertropical. A configuração associada aos eventos de dipolo negativo no Atlântico só começam a ficar mais evidente a partir do mês de janeiro, quando se observa o padrão invertido de anomalias negativas (frio) na bacia norte e anomalias positivas (quente) na bacia sul do Atlântico intertropical. Os impactos na precipitação regional do Pará associam-se a ocorrência de anomalias pluviométricas positivas (chuva acima do normal) se generalizando na maior parte do Pará, durante os seis meses de novembro a junho (exceto em janeiro). Os impactos dos padrões climáticos, associados ao cenário de dipolo negativo, no comportamento mensal dos índices de malária no Estado do Pará mostram características diferenciadas. Em Anajás, verifica-se a predominância de incidência de malária na categoria média durante a maior parte do período de novembro a junho. Nos municípios de Santana do Araguaia e Viseu, observa-se uma evolução de índices de malária variando da categoria normal no início do período para uma diminuição da incidência para a categoria baixa no final do período. Em Itaituba, os índices de malária encontram-se na categoria normal no início e aumentam para a categoria alta do meio para o final do evento (mapas no painel à direita).



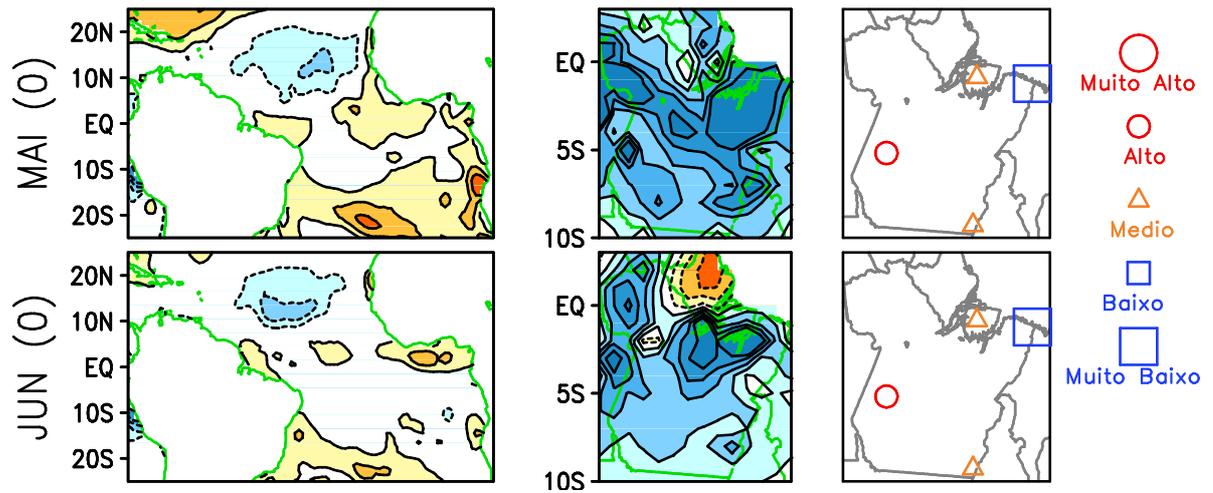


FIGURA 25 – Idem a FIGURA 22, porém para as composições do cenário climático associado aos eventos da fase do Dipolo negativo sobre o Oceano Atlântico intertropical.

## 5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Para compreender a incidência de malária, conhecer a fisiologia da parasitose e as características do agente etiológico não é suficiente. A dinâmica ambiental tem mudado as características antes universalizadas para a compreensão do processo. Questões como desmatamento, aumento da temperatura e variação da precipitação redimensionam o caráter ambiental da infecção. Para Barbieri, Soares Filho, Coelho et al. (2000), uma avaliação epidemiológica da ocorrência de malária deve-se considerar a dinâmica das diversas localidades, com suas formas distintas de ocupação e uso da terra, articuladas no espaço regional, principalmente no que se refere à mobilidade populacional da população de risco dentro desse espaço.

Dentre as atividades econômicas, o garimpo, que causou impactos ambientais e agravos à saúde, teve sua intensificação no início dos anos 80, seu pico em 1989-1990 e mobilizou cerca de 1,2 milhões de pessoas (SILVA, A. P., 1997). É o fator de maior preponderância na variação da incidência de malária em Itaituba e contribuiu em menor grau em Santana do Araguaia e Viseu. A ausência de planejamento na ocupação, saneamento, assistência à saúde entre outros têm reflexos dentro e fora do universo garimpeiro, como a destruição de sítios ecológicos, proliferação de doenças como malária, AIDS, hepatite e febre amarela (VEIGA; SILVA; HILTON, 2002). Só a atividade garimpeira não explica a diversidade dos fatores que influenciam na ocorrência de malária nos municípios em estudo. Outros fatores também influenciam na dinâmica da endemia, como a circulação de pessoas, atividade econômica, avanço do perímetro urbano sobre floresta, desmatamento, ineficácia das medidas de controle, garimpos abertos e hábitos da população local (COUTO, 1996a; XAVIER; REBÊLO, 1999; VASCONCELOS; NOVO; DONALÍSIO, 2006). Esses fatores variam em maior ou menor grau de influência e importância em cada um dos quatro municípios em questão. Em Roraima, fluxos migratórios súbitos e intensos, atividade garimpeira, assentamento agrícola e diversas alterações na cobertura vegetal aumentaram o número de casos no Estado (GURGEL, 2003).

É importante ressaltar que a malária é uma doença endêmica na Amazônia e a implantação de atividades econômicas ou grandes obras pode alterar o padrão da endemia, expressando aumento ou diminuição do número de casos, principalmente pela associação

deste processo com deslocamento populacional e ausência de investimentos em infra-estrutura sanitária e em serviços de controle de malária (COUTO, 2002b).

Em processo semelhante aos municípios estudados no presente trabalho, o norte do Mato Grosso apresentou aumento dos casos de malária relacionados ao processo de ocupação e uso da terra, com a ocorrência simultânea de atividades de colonização agrícola e pecuária, do garimpo e da criação de núcleos urbanos, com forte articulação entre a circulação de pessoas nessas áreas (BARBIERI et al., 2000). Porém, em algumas situações, também podemos perceber que os fatores, antes determinantes na incidência da parasitose (como a atividade garimpeira), com o passar dos anos, vão sendo substituídos por outros fatores que ganham maior destaque, como o crescimento de núcleos urbanos sobre a floresta, desmatamento e aumento populacional entre outros, como ocorre em Itaituba, Santana do Araguaia e Viseu.

De acordo com Cordeiro et al. (2002), até o fim da década de 80 e início de 90, o Estado de Rondônia liderava como unidade federal com maior número de casos. Em 1992, uma explosão de casos de malária no Mato Grosso coloca-o em primeiro lugar e de 1993 até 1998, o Pará assume a liderança nos casos de malária na região amazônica. Em 1999, ocorre um pico epidêmico que se estende até dezembro. Esse pico teve expressão em três municípios (Anajás, Santana do Araguaia e Viseu) dos quatro em discussão, categorizando ano de anomalias positivas para IPA, exceto em Itaituba, que apresentou valor de IPA abaixo do esperado. Esse alto padrão de incidência contribuiu para a criação e implantação no ano de 2000 da estratégia do Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária da Amazônia Legal (PIACM). De acordo com relatório do Ministério da Saúde (2004), o Pará não atingiu a meta estabelecida, mas diminuiu o número de casos. Esse quadro pode ser observado nas categorizações do IPA em 2000 nos quatro municípios do estudo. No Estado, o PIACM foi direcionado a 57 municípios, para investimentos em contratação de pessoas, capacitação de profissionais, expansão de diagnóstico laboratorial, infra-estrutura de transporte entre outros, sendo que em algumas dessas cidades o investimento não foi aplicado no objetivo determinado: malária.

Uma contribuição importante documentada no presente estudo foi a aplicação da técnica dos quantis como instrumento estatístico. Esta técnica estabeleceu um novo perfil de incidência da malária por categorias ou faixas de ocorrência para cada cidade, diferenciando dos padrões generalistas utilizados como base para comparação da realidade local.

Neste trabalho, a variável ambiental utilizada foi a precipitação, que há muitos anos é conhecida como de maior relevância para compreensão da parasitose. Os resultados

mostraram que nem sempre a regra quanto mais chuva, mais malária, funciona para todos os municípios. Num estudo anterior sobre a malária no Pará no período de 1999 a 2003 concluiu que meses secos, com valores inferiores a 100mm de precipitação são propícios para proliferação do vetor (FERNANDES, 2006).

Entre os quatro municípios em questão, categorias variando entre normal e seco proporcionaram IPM e IPA mais elevados que na categoria muito chuvoso. Essas variações devem acontecer porque no período muito chuvoso existe água corrente, o que dificulta a procriação do mosquito (que precisa de água parada para procriar) e também pela dificuldade de entrada da população local na mata no período mais chuvoso (GURGEL, 2003).

Coletas realizadas no período de 1995-2004 em diferentes distritos da cidade de Belém apresentaram uma variada fauna anofélica local, dois deles já antes reconhecidos como de importância vetora local (*An. darlingie* e *An. aquasalis*), esta última correspondendo à de maior densidade e mais ampla distribuição, já observadas desde as décadas de 30 e 40, refletem a persistência de condições ambientais ainda favoráveis ao desenvolvimento da espécie, a despeito das obras de saneamento e urbanização (SILVA, A.de N., 2006). Algumas espécies de mosquito transmissor *Anopheles*, como *A. darling*, mantém uma média da população estável, tanto em meses secos quanto chuvosos, em ambientes intra e peridomiciliar, segundo estudos realizados em Machadinho d'Oeste, em Roraima (SANTOS, 2002b). Estudos em Cotijuba-PA também apresentaram a espécie *A. aquasalis* presentes em todos os meses de coleta, mantendo a população mesmo nos meses mais secos e apontaram que hábitos como encontros em culto evangélicos e na igreja no horário de maior atividade de hematofagia (de 18 horas às 21 horas) deixam pessoas da comunidade expostas as picadas do mosquito (GUIMARÃES, 2004). Essa realidade de aumento de malária em período seco pode ser explicada pelos dias do período de incubação (que deve ser levado em consideração), o início do período seco, facilitando a formação de pontos de água parada (condições ideais para proliferação do mosquito) e o aumento do trânsito de pessoas na mata com a diminuição da chuva. Em Roraima, a ocorrência de El Niño provoca diminuição da incidência mensal de malária em virtude da diminuição de chuva, sendo essa realidade expressa no período de 1985-1990 e 1995-1997 (GURGEL op. cit.; CONFALONIERE, 2003b).

A categorização da precipitação através da técnica dos quantis mostrou-se coerente, principalmente por ter coincido com os valores proposto pelo perfil climatológico traçado por Moraes et al. (2005) para o Estado do Pará. Cada um dos quatro municípios apresenta uma classificação diferente na variação anual. Segundo Oliveira (2003), a mesoregião do Marajó é a área que concentra, no Estado do Pará, os maiores volumes de

precipitação, sendo que no presente estudo, representado por Anajás, apresentou os maiores volumes de precipitação. Já o inverso (menor volume de precipitação) ocorre no sudeste paraense, sendo representado por Santana do Araguaia que contabilizou menor volume de precipitação em dados mensais e anuais.

A partir dos resultados obtidos com base na série histórica de 35 anos (1970-2005) de dados anuais de incidência de malária no Pará foi verificado que os municípios, apesar de pertencerem ao mesmo Estado, apresentam fatores diferenciados que contribuem para o perfil da endemia. Em Anajás, o fator precipitação não é determinante na ocorrência da parasitose e em meados da década de 90, o crescimento populacional incrementa o número de casos. Já em Itaituba, o fator população e sua variação são determinantes para aumento no número de casos de malária, em virtude do atrativo econômico: o garimpo. O aumento da população representa risco de exposição para infecção parasitária. Em Santana do Araguaia e Viseu, os maiores índices de casos positivos notificados de malária ocorreram em anos de déficit hídrico, ou seja, volume de precipitação abaixo do esperado, sendo que em Viseu o padrão normal de precipitação também categorizou altas incidências de malária. Na década de 90, o sensível crescimento populacional passa contribuir no aumento da parasitose em Santana do Araguaia, possivelmente associado ao crescimento desestruturado do núcleo urbano sobre a floresta.

Com base nos dados anuais de desmatamento, de 1988 até 1995, evidenciou-se que as curvas de incidência de malária no Estado do Pará (levando-se em consideração a contribuição conjunta dos quatro municípios estudados) acompanham sistematicamente as taxas de desmatamento. A partir de 1995, percebem-se anos consecutivos com altos índices de incidência logo após os anos de altas taxas de desmatamento, como observado em 1995, 2000 e 2004.

Levando-se em consideração o estudo de composições de cenários montados para os anos em que se registrou a ocorrência de malária nas categorias alta e muita alta (baseada nos índices de IPA anual categorizados pelo método dos quantis), evidenciou-se as influências de ambos Oceanos tropicais, denotados pelos fenômenos El Niño no Pacífico e fase positiva do Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico intertropical. Nesse cenário, houve o predomínio de condições de chuva acima do normal, em particular nas regiões de Anajás, Santana do Araguaia e Viseu.

Similarmente, as composições montadas para o cenário em que verificaram-se baixos índices de malária no Estado, demonstraram a existência de sinais relacionados somente com o Oceano Pacífico concernente aos eventos La Niña e regulados pela presença

de condições de chuva abaixo do normal na região. Novamente esses resultados são consistentes para os municípios de Anajás, Santana do Araguaia e Viseu.

Quando inverteu-se a metodologia de montagem das composições de cenários, usando a base de dados mensais, investigou-se qual o impacto dos mecanismos climáticos do Pacífico e Atlântico na variabilidade de chuva e conseqüentemente na incidência de malária no Pará, analisando a evolução mês a mês durante o ciclo de vida de cada fenômeno.

Os resultados das composições mensais, considerando a contribuição de todos os eventos El Niño, mostraram impactos “negativos”, ou seja, aumento significativo e sistemático dos casos de malária ocorrendo numa seqüência de meses nas regiões de Itaituba e Santana do Araguaia. No entanto, para as regiões de Anajás e Viseu, o cenário de El Niño, associa-se com impactos “positivos”, isto é, incidência de malária nas categorias média e baixa.

Nas composições do cenário La Niña evidenciou-se uma resposta mais generalizada ao longo do Pará com o predomínio de alta incidência de malária nos quatro municípios estudados e se processando persistentemente durante os meses consecutivos de dezembro a maio.

Nas composições levando-se em consideração o cenário caracterizado pela presença do dipolo positivo no Atlântico intertropical, a resposta nos índices de malária no Pará ocorreu de forma diferenciada intra-regionalmente, ou seja, Anajás e Itaituba apresentaram o predomínio de aumento nos casos da doença, enquanto que Santana e Viseu apresentaram vários meses com índices médios e abaixo do normal.

Com exceção de Itaituba, as composições do cenário definido pela presença do dipolo negativo sobre o Atlântico intertropical mostraram um sinal dominante na incidência de malária nas categorias média e baixa, evoluindo em praticamente todos os meses de novembro a maio.

Como pode-se observar nos resultados, apesar das alterações ambientais ocorridas nos municípios em estudo no decorrer de 35 anos de dados, a precipitação ainda é um parâmetro determinante na proliferação do vetor da malária, contribuindo para manutenção dos altos valores da endemia. Porém, os padrões devem ser regionalizados para cada localidade, pois cada município apresenta um padrão característico climático e de dinâmica populacional que contribui para a incidência. Generalizar um perfil de malária para Amazônia é um risco pelas diversas realidades “amazônicas” encontradas na região.

Os impactos dos mecanismos climáticos gerados pelos Oceanos tropicais adjacentes à Amazônia, o Pacífico e o Atlântico, foram compatíveis à ocorrência de picos de

incidência da malária, apresentando influências variadas, apontando a necessidade de maiores estudos para esclarecimento nessa relação, assim como a afinidade da incidência da endemia com o tipo de uso da terra através da aplicação de geotecnologias na área da saúde. É importante um maior estreitamento nas relações entre as instituições de saúde e aquelas responsáveis pela previsão do tempo e estudos climáticos, pois o binômio saúde x doença tem sido cada vez mais influenciado pelo fator climático, principalmente doenças infecciosas e endêmicas de transmissão vetorial e veiculação hídrica.

As altas taxas de prevalências de malária em municípios com volume de precipitação baixo, em meses secos ou em períodos influenciados pelo El Niño ou La Niña podem apresentar influência não só do fator climático, como também das atividades econômicas e na dinâmica populacional local. Os vários fatores que interferem simultaneamente na ocorrência de malária dificulta a seleção do fator de maior influência no aumento do número de casos. Pesquisas de campo podem auxiliar nessa delimitação.

Pela relação homem x agente transmissor (que apresenta um habitat), a ocorrência de malária pode ser utilizada como indicador quando o fator analisado for desmatamento e outras alterações no uso da terra e o impacto na saúde da população local. No decorrer do estudo, alguns municípios apresentaram uma redução nos casos de malária. Em outros, houve um aumento. Portanto, ainda há a necessidade no controle da endemia no Estado por parte das instituições de saúde nas diferentes esferas: municipal, estadual e federal.

As políticas de colonização da Amazônia através de projetos agropecuários, minerais e energéticos só acentuaram o desequilíbrio ambiental na região, denunciando o pouco conhecimento por parte do poder político sobre a região, expondo a população migratória à malária. A atual realidade compreende a expansão da fronteira agrícola para plantação de soja e matéria prima para o biodiesel, não muito diferente das “vocações” das terras amazônicas para atividades econômicas como ocorreu nas décadas passadas. E a população, em relação à saúde ambiental, como enfrentará essa nova realidade? Como será o comportamento das endemias frente essa modificação nos próximos anos?

Diante de todo o exposto no decorrer do estudo, a compreensão da incidência e o controle da malária em áreas extensas como a região amazônica torna-se um desafio para a conjuntura brasileira em todas as esferas, desde os profissionais da saúde, ambientalistas até entidades governamentais.

Deve-se ressaltar que os números abordados no decorrer do estudo em relação à incidência de malária ainda são inferiores a realidade, pois nem todos os casos são notificados e comunicados a Secretaria Estadual de Saúde. O sistema de informação online (SIVEP),

conseqüência do PIACM, recebe os dados de incidência de cada município que alimentam diretamente a base de dados do Ministério da Saúde, começou a funcionar em 2003, o que facilitou a comunicação das informações sobre malária entre as esferas municipais, estaduais e federais.

## REFERÊNCIAS

BARBIERI, A. F.; SOARES FILHO, B.; COELHO, L.. *Uso da terra e malária: uma análise espacializada para o Norte de Mato Grosso, 1992 a 1995*. In: XII Encontro da Associação Brasileira de estudos Populacionais (ABEP), 2000, Caxambú, MG. XII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP), 2000. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/Todos/ambt15\\_1.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/Todos/ambt15_1.pdf)>. Acesso em 18 jun. 2007.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Persistence, Form, Extreme Precipitation and Relationships with Intraseasonal Activity. *Journal of Climate*, v. 17, n. 1, p. 88-108, 2004.

CIMERMAN, B.; CIMERMAN, S. *Parasitologia Humana e Seus Fundamentos Gerais*. 2 ed. SP: Atheneu, 2002.p. 139-155.

COHEN, J.C.P., DIAS, DA SILVA, M.A.F., NOBRE, C. A. Environmental Conditions Associated with Amazonian Squall Lines: a case study. *Monthly Weather Review*, v.123, p.3163 - 3174, 1995.

COLAVITTI, F.;GIRARDI, G. Globalização das Doenças: Estragos do aquecimento e dos distúrbios climáticos pelo mundo. *Revista Galileu*, Rio de Janeiro, n.135, out.2002.Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ESD154-1707,00.html>>. Acesso em 10/09/2006.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Revista Terra Livre*, São Paulo. Ano 19. vol. I, n. 20 p. 193-204 jan./jul.2003. Disponível em: [http://www.cibergeo.org/agbnacional/terra\\_livre20/terralivre20\\_cap13.pdf](http://www.cibergeo.org/agbnacional/terra_livre20/terralivre20_cap13.pdf). Acesso em 13/06/06.

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

CONFALONIERI, U. E. C. et al.. El Niño and Health. In: *Protection of the Human Environment : Task Force on Climate and Health*, Geneva, 1999. Disponível em: <http://www.who.int/globalchange/publications/en/elnino.pdf> . Acesso em 13/06/06

CORDEIRO, C. E. S. *et al.*. R.Perfil Epidemiológico da Malária no Estado do Pará em 1999 com Base numa Série Histórica de Dez Anos (1989-1999).*Informe Epidemiológico do SUS*. v.11, n.2, p.69-77, abril/junho. 2002.

COUTINHO, E. C.; FISCH, G. F. Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) no Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2007. Aceito para Publicação

COUTO, R.C.S. *Hidrelétricas e Saúde na Amazônia: um estudo sobre a tendência da malária na área do lago da hidrelétrica de Tucuruí-Pa*. 1996. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública) – Fundação Osvaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 1996a.

COUTO, R.C.S. Malária: O Custo Social da Hidrelétrica de Tucuruí-Pa, Brasil. In: COUTO, R.C.S.; CASTRO, E.R.; MARIN, R. A. *Saúde, Trabalho e Meio Ambiente: Políticas Públicas na Amazônia*. Belém: Editora Universitária do Pará, 2002b, p. 107-121.

DEANE, L. M. Observações sobre a Malária na Amazônia brasileira. In: Instituto Evandro Chagas. *Memórias do Instituto Evandro Chagas*. Belém: Fundação Nacional de Saúde, 2001. p. 191-229.

FERNANDES, W. R. da S. *Estudo sobre a distribuição da malária no Pará e sua correlação com fatores ambientais*. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade Federal do Pará – MPEG/UFPA. Belém, 2006.

FUNASA/MS. *Manual de Terapêutica da Malária*. Brasília: 2001, 105p.

GUIMARÃES, D. G. *Contribuição ao conhecimento da fauna anofélica antropofílica da praia da saudade na Ilha de Cotijuba – Belém – Pará: uma área endêmica de malária*. . 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade Federal do Pará – MPEG/UFPA. Belém, 2004.

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

HAMAD, A.A. *et al.*. A marked seasonality of malaria transmission in two rural sites in eastern Sudan. *Review Acta Tropica*: Elsevier: v. 83, p. 71-82, marc/2002.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quart. J. R. Met. Soc.*, n. 110, p.411-425, 1977

INFORMAÇÕES DAS CIDADES. *MuniNet- Rede Brasileira para o Desenvolvimento Municipal*. Disponível em: < <http://muninet.org.br/banco> >. Acesso em 14/07/07.

MARENGO, J.A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.E.; FILIZOLA, N.P.; WAINER, I.C. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon basin. *Journal of Climate*, p.833-852, 2001.

MORAES, B.C. *et al.*. *Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará*. ACTA AMAZÔNICA, v.35, n.2, p.207-214, 2005.

MOSQUITO FÊMEA DO GÊNERO *Anopheles* sp. Disponível em <[http://www.gasdetection.com/news2/health\\_news\\_digest27.html](http://www.gasdetection.com/news2/health_news_digest27.html)>. Acesso em 02/03/2007.

MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, n.38, p. 2653-2675, 1981.

NEVES, D. P. *Parasitologia Humana*. 10 ed. SP: Atheneu, 2003.p.128-146.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of SST, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, n.9, p. 2464-2479, 1996.

NOGUEIRA, D.S. *et al.*. Variabilidade espacial da precipitação no Pará associada a alguns eventos do ENOS., Belém-Pa. In: *XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia: Situação Atual e Perspectivas da Agrometeorologia, 2003, Santa Maria*. Anais do evento. Santa Maria: 2003. 2v. v.2, p.1003-4.

OLIVEIRA, M. do C.F. de *et al.*. Variabilidade do Clima no Estado do Pará., Belém-Pa. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA*, 13., 2003, Santa Maria-RS. *Situação atual e perspectivas da agrometeorologia: anais*. Santa Maria-RS: ABA, 2003. v.1, p.737-738.

REY, L. *Bases da Parasitologia Médica.*. 2 ed. RJ: Guanabara Koogan, 2002. p. 106-136.

RIBEIRO, J.B.M. *et al.*. Avaliação da Epidemia de Malária e as Implicações com o Microclima na Ilha de Cotijuba, Belém-Pa. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA*, 13., 2003, Santa Maria-RS. *Situação atual e perspectivas da agrometeorologia: anais*. Santa Maria-RS: ABA, 2003. v.1, p.535-536.

ROCHA, M.N. A. *et al.*. Uma proposta de prevenção e controle da malária em pequenas comunidades. *Revista Paraense de Medicina*. Belém, v.19, n. 4, p.47-51, out./dez.2005.

SANTOS, A. B. dos . *Malária em Cotijuba e sua Relação com o Microclima*. 2002. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Curso de Meteorologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002a.

SANTOS, R. S. Distribuição sazonal de vetores da malária em Machadinho d'Oeste, Rondônia, Região Amazônica, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro. Ano 18. n. 6, p. 1813-1818, nov-dez, 2002b. disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n6/13281.pdf>>. Acesso em 18/06/2007.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DO PARÁ-SESPA. Dados positivos da incidência de malária no estado do Pará. 2007

SHI, W.R.W. et al. The annual cycle and variability of precipitation in Brazil. NCEP/Climate Prediction Center. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, NOAA/NWS. ATLAS. n. 9. dec/2000.

SILVA, A. de N. M. Fauna anofélica da cidade de Belém, Pará, Brasil: dados atuais e retrospectivos. . *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro. Ano 22. n. 8, p. 1875-1885, ago, 2006. disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n8/06.pdf>>. Acesso em 18/06/2007

SILVA, A. P. da. Projeto Itaituba: programa de desenvolvimento de tecnologia ambiental. *Série Tecnologia Ambiental*. CETEM/CNPQ. Rio de Janeiro n.18. 66 p.1997.

SILVA, V.V. et al. Improved CPC Gridded Historical Daily Precipitation Analyses Over Brazil. In: 30th Annual Climate Diagnostics & Prediction Workshop, Oct/2005. The Pennsylvania State University - USA, Oct/2005. Society, v.123, n.11, p.3129-3143, 2005.

SOUZA, E.B. Variabilidade pluviométrica intrasazonal sobre a Amazônia oriental e Nordeste brasileiro durante o outono austral: mecanismos atmosféricos de baixa e alta frequência. 2003. Tese (Doutorado em Meteorologia). São Paulo, IAG-USP. 129p.

SOUZA, E.B., T. AMBRIZZI. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise*, v. 1, 2003. Disponível em <[www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/artcien2.shtml](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/artcien2.shtml)> Acesso em 18/06/2007

SOUZA, E.B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico Tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*., v. 13, n. 1, p. 31-44, 1998.

SOUZA, E.B.; ALVES, J.M.B.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste Brasileiro em associação aos eventos do Padrão de Dipolo observados sobre o Atlântico Tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.13, n.2, p.45-56, 1998.

SOUZA, E.B, M.T. KAYANO, T. AMBRIZZI. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n.2, p. 113-122, 2004.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, n. 81, p.177–191, 2005.

TAVARES, W.; MARINHO, L. A.C. *Rotinas de Diagnóstico e Tratamento das Doenças Infecciosas e Parasitárias*. São Paulo: Atheneu, 2005. p.732-741.

TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, p. 2771-2777, 1997.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. de M.; DONALISIO, M. R. O uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária brasileira. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro. Ano 22. n. 3, p. 517-526, mar, 2006. disponível em: <>. Acesso em 18/06/2007

VEIGA, M. M. da; SILVA, A. R.; HINTON, J.J. O Garimpo de Ouro na Amazônia: aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. In: *Extração de Ouro - princípios, tecnologia e meio ambiente*..Rio de Janeiro. CETEM/PUC, 2002. p.267-295.

VERONESI, R.; FOCACCIA, R. *Tratado de Infectologia*. São Paulo: Atheneu, 1996. p.1260-1289.

VITORINO, M.I. *Análise das oscilações intrasazonais sobre a América do Sul e oceanos adjacentes utilizando a análise de ondeleta*. 2002. Tese (Doutorado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE. 301p.

XAVIER, M. M. dos S.P; REBÊLO, J.M.M. Espécies de Anopheles (Culicidae, Anophelinae) em área endêmica de malária, Maranhão, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, Rio de Janeiro. v.33,. n. 6, p. 535-541, dez, 1999. disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003489101999000600003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003489101999000600003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 18/06/2007

XAVIER, T. de M. B. S. *et al.*. *A Técnica dos Quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras*. Brasília: Thesaurus, 2002.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará Através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v.14, n.2, p. 63-78, 1999