



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**POSSÍVEIS RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS
METEOROLÓGICOS E A EPIDEMIOLOGIA ESPAÇO-
TEMPORAL DA DENGUE E MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ**

JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA

**Santarém, Pará
Março, 2013**

JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA

**POSSÍVEIS RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS
METEOROLÓGICOS E A EPIDEMIOLOGIA ESPAÇO-
TEMPORAL DA DENGUE E MALÁRIA NO ESTADO DO PARÁ**

ORIENTADOR: DR. ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Interação Biosfera-Atmosfera.

**Santarém, Pará
Março, 2013**

**“POSSÍVEIS RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E A
EPIDEMIOLOGIA ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE E MALÁRIA NO
ESTADO DO PARÁ”**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em **25 de março de 2013**.

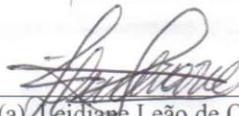


Prof. Dr. Luis Reginaldo Ribeiro Rodrigues (UFOPA)
Coordenador do PGRNA

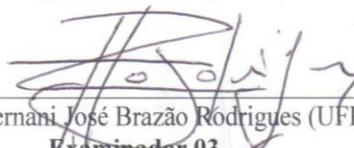
Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:



Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos (UFOPA)
Examinador 01



Prof(a). Dr(a) Leidiane Leão de Oliveira (UFOPA)
Examinadora 02



Prof. Dr. Hernani José Brazão Rodrigues (UFPA)
Examinador 03



Prof. Dr. Antônio Carlos Lóla da Costa (UFPA/UFOPA)
Orientador

Santarém - Pa, 25 março, 2013.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Gestão da Informação-SIGI/UFOPA

- C824p Corrêa, Jéssica Ariana de Jesus
 Possíveis relações entre elementos meteorológicos e a epidemiologia
 espaço-temporal da dengue e malária no Estado do Pará / Jéssica Ariana
 de Jesus Corrêa. – Santarém, 2013.
 92 f.: il; 30 cm.
 Inclui bibliografias.
- Orientador Antônio Carlos Lôla da Costa
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará,
 Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém,
 2013.
1. Dengue – Pará. 2. Malária - Pará. 3. Precipitação (Meteorologia) 4. La
 Niña (Corrente oceânica).5.El Niño (Corrente oceânica). I. Costa, Antônio
 Carlos Lôla da, orient. II. Título.

CDD: 23. ed. 614.532

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus.

À minha família, principalmente ao Wanderley Pereira, pelo apoio moral e emocional.

Ao professor Antônio Carlos Lôla da Costa que aceitou ser meu orientador e um entusiasta dessa proposta.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - PGRNA e Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA pela possibilidade de obtenção do título de mestre na cidade de Santarém.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo investimento, através da bolsa de mestrado.

A Secretaria Estadual de Saúde (SESPA) e a Divisão de Vigilância de Saúde de Santarém (SEMSA) pelos dados epidemiológicos e entomológicos.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional das Águas (ANA) pelos dados de precipitação pluviométrica.

Ao Walter e a Elma pelo tempo disponibilizado para o repasse dos dados epidemiológicos.

A todas as pessoas que direta, ou indiretamente, estiveram presentes na minha vida, me apoiando para a concretização desse trabalho, principalmente aos meus amigos de caminhada Alírio Neto, Elizandra Vasconcelos, Sheila Neto, Jucele Faustino, Márcia de Oliveira, Jackeline Braga, Izaura Pereira, Khayth Nagata, e outros mais. Cada um pôde contribuir para o meu crescimento, e me tornar uma pessoa muito melhor do que eu era.

CORRÊA, Jéssica Ariana de Jesus Corrêa. **Possíveis relações entre elementos meteorológicos e a epidemiologia espaço-temporal da dengue e malária no Estado do Pará.** 2013. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de Concentração: Interação Biosfera-Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2013.

RESUMO

A incidência de doenças transmitidas por vetores atualmente aparecem como um dos principais problemas de saúde pública. O ciclo de vida dos vetores de doenças, tais como a dengue e malária, são influenciadas pelas características ambientais do local. Na região amazônica a precipitação é a componente meteorológica de maior variabilidade podendo atuar de diferentes formas na distribuição espacial dessas doenças vetoriais. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi analisar a incidência de dengue e malária em sete municípios do Estado do Pará localizados em regiões com diferentes volumes de precipitação anual. Utilizando análise de correlação e regressão, verificou-se que a precipitação atua de forma diferenciada nas incidências de dengue e malária nas localidades pesquisadas. Espacialmente, não foi verificado que a localização em diferentes volumes de precipitações anuais seria determinante para justificar as diferenças nas incidências dessas doenças nos municípios. Temporalmente, a dengue e malária exibiram uma distribuição de forma heterogênea entre os municípios e variaram ao longo dos anos em maior e menor transmissão, inclusive em anos influenciados pelos ENOS. Sazonalmente, verificou-se que a dengue ocorreu no período chuvoso, enquanto que a malária no período seco.

Palavras-Chaves: Dengue, Malária, Precipitação.

CORRÊA, Jéssica Ariana de Jesus Corrêa. **Possible relationships between meteorological elements and spatio-temporal epidemiology of dengue and malaria in Pará State.** 2013. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de Concentração: Interação Biosfera-Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2013.

ABSTRACT

The incidence of vector-borne diseases currently appearing as a major public health problem. The life cycle of disease vectors such as malaria and dengue, are influenced by environmental characteristics of the site. In the Amazon region, precipitation is the largest component of weather variability can act in different form in the spatial distribution of these diseases vector. Accordingly, the objective of this study was to analyze the incidence of dengue and malaria in seven municipalities of Pará located in regions with different amounts of annual rainfall. Using correlation and regression analysis, it was found that precipitation acts differently in the incidence of dengue and malaria in different locations. Spatially, it was found that the location in different volumes of annual rainfall was decisive to justify the differences in the incidences of these diseases in municipalities. Temporally, dengue and malaria exhibited a heterogeneous distribution among municipalities and varied over the years in major and minor transmission, even in years influenced by ENSO. Seasonally, it was found that dengue occurred in the rainy season while in the dry malaria.

Key Words: Dengue, Malaria, rainfall.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
1.1.1 Dengue.....	03
1.1.2 Malária.....	08
1.1.2.1 Distribuição da Malária no Brasil e Amazônia.....	09
1.1.2.2 Clima e Malária.....	11
1.1.3 Principais eventos meteorológicos da região.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Área de Estudo.....	15
2.2 Dados Utilizados.....	16
2.2.1. Incidência dos casos de Dengue Notificados.....	16
2.2.2. Incidência Parasitária Anual e Mensal casos de Malária.....	17
2.2.3. Precipitação Pluviométrica.....	17
2.3. Testes Estatísticos.....	17
2.3.1. Teste de normalidade Shapiro Wilk.....	17
2.3.2. Teste de correlação.....	17
2.3.3. Análise de Regressão.....	18
CAPITULO I.....	19
INTRODUÇÃO.....	21

MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS.....	26
DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO.....	36
AGRADECIMENTOS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
CAPITULO II.....	40
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÃO.....	55
AGRADECIMENTOS.....	56
REFERÊNCIAS.....	56
CAPITULO III.....	59
INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS.....	64
DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÃO.....	70
AGRADECIMENTOS.....	71
REFERÊNCIAS.....	71
3. SÍNTESE INTEGRADORA.....	74
REFERÊNCIAS.....	75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Características geográficas dos municípios selecionados para a presente pesquisa.....24

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Spearman entre precipitação e incidência de Dengue.....33

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Tabela estatística da associação entre a malária com a precipitação.....53

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Índice de Infestação Predial no período chuvoso e seco em Santarém entre 2007-2010.....66

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis, 2007-2010.....67

Tabela 3 - Estatística de regressão da Incidência de Dengue média com as variáveis meteorológicas e IIP.....67

Tabela 4 - Estatística de regressão do IIP com as variáveis meteorológicas.....68

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1 - Ciclo de vida do vetor <i>Aedes Aegypti</i>	04
Figura 2 - Modo de Transmissão da dengue.....	05
Figura 3 - Áreas no mundo de risco de transmissão da dengue.....	06
Figura 4 - Casos notificados de dengue no Brasil e regiões brasileiras.....	07
Figura 5 - Distribuição da Malaria no Mundo.....	10
Figura 6 - Variação anual da precipitação no Estado do Pará.....	15
Figura 7 - Localização dos municípios no Estado.....	16

CAPÍTULO I

Figura 1 - Localização dos municípios no Estado.....	23
Figura 2 - Séries históricas dos dados anuais da incidência anual nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.....	26
Figura 3 - Análise de variância da incidência anual de dengue nos municípios de Belém (Blm), Breves (Brvs), Itaituba (Itb), Redenção (Rd), Rondon do Pará (RP), Santarém (Stm) e São Félix do Xingu (SFX).....	27
Figura 4 - Séries históricas dos dados anuais de precipitação nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.....	27
Figura 5 - Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.....	28
Figura 6 - Média mensal do IMD para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.....	29
Figura 7a - Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Belém, Breves, Itaituba.....	30

Figura 7b - Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Redenção e Rondon do Pará.....31

Figura 7c - Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Santarém e São Félix do Xingu.....32

CAPÍTULO II

Figura 1 - Localização dos municípios no Estado.....45

Figura 2 - Séries históricas dos dados anuais de malária dos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu: a) IPA, b) Precipitação.....47

Figura 3 - Série histórica de médias mensais de IPM e Precipitação para os municípios de Belém (a), Breves (b), Itaituba (c), Redenção (d), Rondon do Pará (e), Santarém (f) e São Félix do Xingu (g).....49

Figura 4 - Série da incidência mensal de malária e precipitação para os municípios de Belém (a), Breves (b), Itaituba(c).....51

Figura 5 - Série da incidência mensal de malária e precipitação para os municípios de Santarém (a) e São Félix do Xingu (b).....52

CAPÍTULO III

Figura 1 - Mapa de Localização de Santarém.....63

Figura 2 - Incidência de casos de dengue em Santarém.....65

Figura 3 - Temperatura do ar mensal e Precipitação mensal do período de 2007-2010.....66

1. INTRODUÇÃO GERAL

Clima e saúde, atualmente, perpassam pelas questões ambientais em suas mais diversas interfaces abrangendo desde aspectos entomológicos a mudanças climáticas (Epstein et al., 1998; Donalísio e Glasser, 2002; Moreno, 2006; Confalonieri, 2008; Confalonieri et al., 2009). O clima representa um elemento de grande relevância no contexto do meio ambiente, e seus efeitos afetam o padrão de doenças propiciando o crescimento de alguns organismos patogênicos e seus hospedeiros (Ayoade, 1996).

Agentes etiológicos e vetores de determinadas doenças possuem um ambiente particular para seu crescimento, sobrevivência, transporte e disseminação. Como parte desses ambientes tem-se fatores ambientais que geram diferentes impactos sobre a epidemiologia de várias doenças infecciosas. Reiter (2001) considera que o ciclo de vida de vetores hematófagos está fortemente influenciado pela temperatura e umidade do ar, sendo estes os elementos climáticos mais importantes. Contudo, outros, como vento e duração do dia também podem ser significantes.

Segundo Confalonieri (2003) o clima pode atuar tanto de maneira contínua como episódica (eventos extremos). De forma contínua os fenômenos biológicos são influenciados por elementos (temperatura, precipitação, umidade relativa, etc.) que afetam a sobrevivência e reprodução de agentes patogênicos e vetoriais como os que transmitem a malária. Já os eventos extremos, a exemplo enchentes e tempestades, propiciam a proliferação de doenças como a leptospirose que é uma doença disseminada pela água das inundações contaminadas.

No Brasil, doenças transmitidas por vetores como a dengue e malária são consideradas importantes causa de morbidade e mortalidade, outras de veiculação hídrica como a esquistossomose e a leptospirose permanecem com altas incidências (Brasil, 2008a). Esse quadro está associado às características geográficas do Brasil, país tropical com aspectos climáticos favoráveis ao desenvolvimento de inúmeras enfermidades. Características como alto índice pluviométrico e temperaturas elevadas são propícios ao desenvolvimento de endemias que ocorrem exclusiva ou especialmente nos trópicos e por isso tais doenças foram denominadas como doenças tropicais devido à proliferação em condições climáticas quentes e úmidas (Camargo, 2008). Nesse contexto, o ambiente brasileiro oferece condições ideais para o desenvolvimento de agentes etiológicos e vetoriais de várias doenças virais e bacterianas (Mendonça, 2005).

Na Região Amazônica, a distribuição de doenças infecciosas e parasitárias possui fortes vínculos com o ambiente. O clima, em geral quente e úmido, é um importante fator

regulador de processos biológicos, principalmente aqueles relacionados às doenças transmitidas por vetores (Confalonieri, 2005). No entanto, outros fatores podem influenciar uma maior ou menor prevalência de certas doenças como as atividades antrópicas e socioeconômica. Nesse último aspecto, na Amazônia altos índices de desenvolvimento por migração, alta concentração urbana sem o acompanhamento de infraestrutura sanitária ampliam as condições responsáveis por altos riscos à saúde humana.

Nos últimos anos, o Estado do Pará tem apresentado prevalência e permanência de doenças como dengue e malária. Segundo a soma dos dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde para o período de 2000 a 2010, o Estado do Pará foi o que teve mais casos notificados de dengue (106.433) na região norte. Enquanto que malária no período de 2000-2009 ficou atrás somente do Estado do Amazonas com 1.309.067 casos notificados. Esse comportamento pode estar associado a diversos fatores entre eles processos socioeconômicos e as condições abióticas da região.

Dentre os fatores que influenciam a incidência de doenças vetoriais, a componente meteorológica é crucial para o seu entendimento, contudo os efeitos sobre sua incidência é ainda complexo e pouco entendido. A compreensão da influência do clima sobre a dinâmica e distribuição de doenças vetoriais torna-se de grande relevância, pois oferece subsídios na elaboração de medidas para controle de epidemias. Assim sendo, torna-se oportuno o desenvolvimento de pesquisas direcionadas a saúde associadas a elementos meteorológicos para investigar se existe uma relação no comportamento de ocorrência de dengue e malária, com a variabilidade espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Dengue

Dengue é uma das mais importantes doenças infecciosas transmitidas por mosquitos e que pode infectar mais de 50 milhões de pessoas a cada ano (WHO, 2009). É causada por grupos de vírus do gênero *Flavivirus* da família *Flaviviridae*, agrupados em quatro sorotipos que são antígenicamente distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4) (Martín et al., 2010).

Essa doença pode manifestar-se de forma leve a graves, incluindo febre clássica da dengue (FCD), febre hemorrágica da dengue (FHD) e síndrome do choque da dengue (SCD) (Schreiber, 2001), estas designações são baseadas em critérios clínicos e laboratoriais. FCD é caracterizada por dores de cabeça, febres, dores musculares e articulações, com náuseas/vômitos ocasionais e erupções cutâneas. FHD é uma doença muito mais grave que afeta principalmente crianças e adultos jovens. Os sintomas incluem um início súbito de febre e manifestações hemorrágicas, que resultam em perda de fluido e pode levar ao choque - SCD. A taxa de letalidade de dengue hemorrágica na maioria dos países é de cerca de 5%: a maioria dos casos fatais é entre crianças (Gubler e Clark, 1995).

A dengue pode ser transmitida por mosquitos da espécie *Aedes*, como o *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. A espécie *Aedes aegypti* é o mais importante na transmissão da doença no Brasil. A maioria dos casos de transmissão de humano para humano ocorre através da picada de fêmeas do mosquito que, anteriormente, tornou-se infectado quando se alimentou de sangue de uma pessoa infectada. O *Aedes albopictus* está presente nas Américas, com ampla dispersão em todas as regiões do Brasil. No entanto não há casos registrados de seu envolvimento na transmissão da dengue, mesmo sendo apto a infecção pelo vírus (Barreto e Teixeira, 2008).

Segundo Consoli e Oliveira (1994), todos os mosquitos, tanto a fêmea quanto o macho, alimentam-se de seivas de plantas, mas a fêmea também se alimenta de sangue, uma vez que precisa para maturação dos seus ovos. Por este motivo só a fêmea quando infectada transmite o agente causador da doença, podendo assim transmitir o vírus por toda vida. A Figura 1 mostra as quatro fases do ciclo de vida do mosquito *Aedes Aegypti*: ovo, larva, pupa e adulto, sendo que as três primeiras fases desenvolvem-se na água. Assim, quando adulto, possui em média um período de vida de 30 a 35 dias. Normalmente, a fêmea põe

aproximadamente 100 ovos em local onde possui água limpa e parada, fazendo essa desova, durante sua vida, de 4 a 6 vezes (Brasil, 2008b). Além disso, o ovo do mosquito pode resistir por mais de um ano em ambientes secos eclodindo facilmente ao entrarem em contato com água (Consoli e Oliveira, 1994).

Três estágios do ciclo de vida do *Aedes aegypti* são dependentes de água para se desenvolverem; ovos precisam de água para eclodir, larvas e pupas para sobreviverem. Assim, para o *Aedes* as condições adequadas para sua propagação é dependente de reservatórios d'água existentes nas habitações urbanas que podem existir independentemente de chuvas, como caixas d'água, cisternas, latões, etc.. Contudo, o aumento do crescimento da população de vetor e números de casos da dengue têm sido registrados no Brasil, Índia e Tailândia antes e após o período de chuva (Rosa-Freitas et al, 2006; Cordeiro et al, 2007).

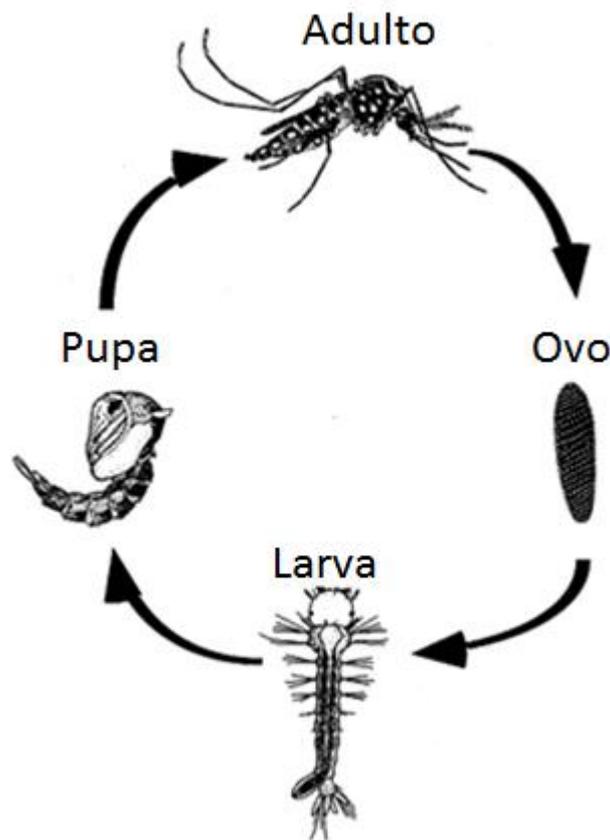


Figura 1 - ciclo de vida do vetor *Aedes Aegypti*.
Fonte: adaptado de Hopp e Foley (2001).

A transmissão da dengue é explicada pelos fenômenos envolvidos na produção dessa infecção, principalmente pela ecologia de populações no ambiente local, expansão geográfica dos vetores, densidade de mosquito e a circulação dos múltiplos sorotipos do vírus. Além disso, o mosquito da dengue apresenta-se hoje de forma domesticada, adaptada ao ambiente

urbano, portanto o vírus é transmitido e mantido em um ciclo que envolve humanos-*Aedes aegypti*. Devido a essa adaptação, os mosquitos colocam seus ovos principalmente nas paredes dos recipientes artificiais onde a água pode se acumular, tanto no interior dos edifícios ou em seus arredores.

A infecção com o vírus da dengue ocorre quando uma pessoa é picada por um mosquito infectante e após um período de incubação com duração de 3 a 14 dias, pode experimentar os sintomas da doença, num ciclo chamado de período de incubação intrínseco. Caso mosquitos não infectados picarem uma pessoa doente no estado de viremia, que é a presença do vírus no sangue, os mosquitos se infectarão e, posteriormente, poderão transmitir o vírus a outras pessoas após um período de incubação extrínseco que ocorre entre 8 a 12 dias (Gubler, 1997; Brasil, 2008b). A figura 2 apresenta o período de transmissibilidade da dengue.

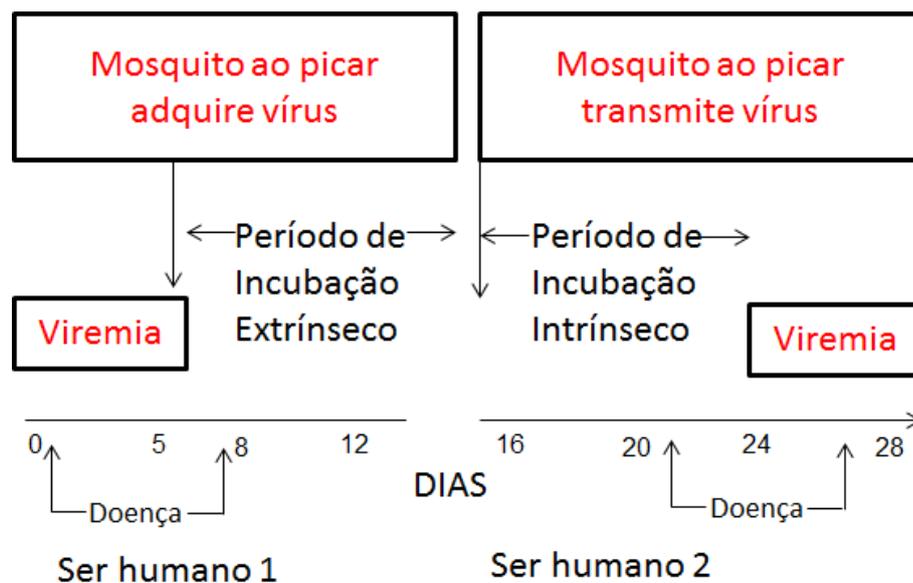


Figura 2 - Modo de Transmissão da dengue.
Fonte: Adaptado do Ministério da saúde (2008b).

Muitos autores associam à transmissão da dengue a expansão geográfica dos vetores, incluindo condições ecológicas e socioeconômicas (Câmara et al, 2007; Teixeira e Cruz, 2011). A incidência de dengue é comumente observada nas regiões tropicais e subtropicais, compreendidas principalmente entre os paralelos (latitudes) 35° N e 35° S, ou mesmo fora desses limites, mas bem próximo da isoterma de 20 °C (Figura 3) (Consoli e Oliveira, 1994). Observa-se que dentre as regiões que estão dentro da faixa de risco de transmissão, nas Américas foram reportadas importantes epidemias principalmente na América do Sul (Venezuela, Brasil e Paraguai). Martín et al (2010), através de dados da Organização Pan-

Americana de Saúde (PAHO) observou que durante as últimas três décadas o número de casos de dengue saiu de 1 milhão de casos durante os anos 80 para 4,7 milhões no período de 2000 a 2007, dos quais mais da metade desses casos ocorreram na América do Sul (4.752.149).

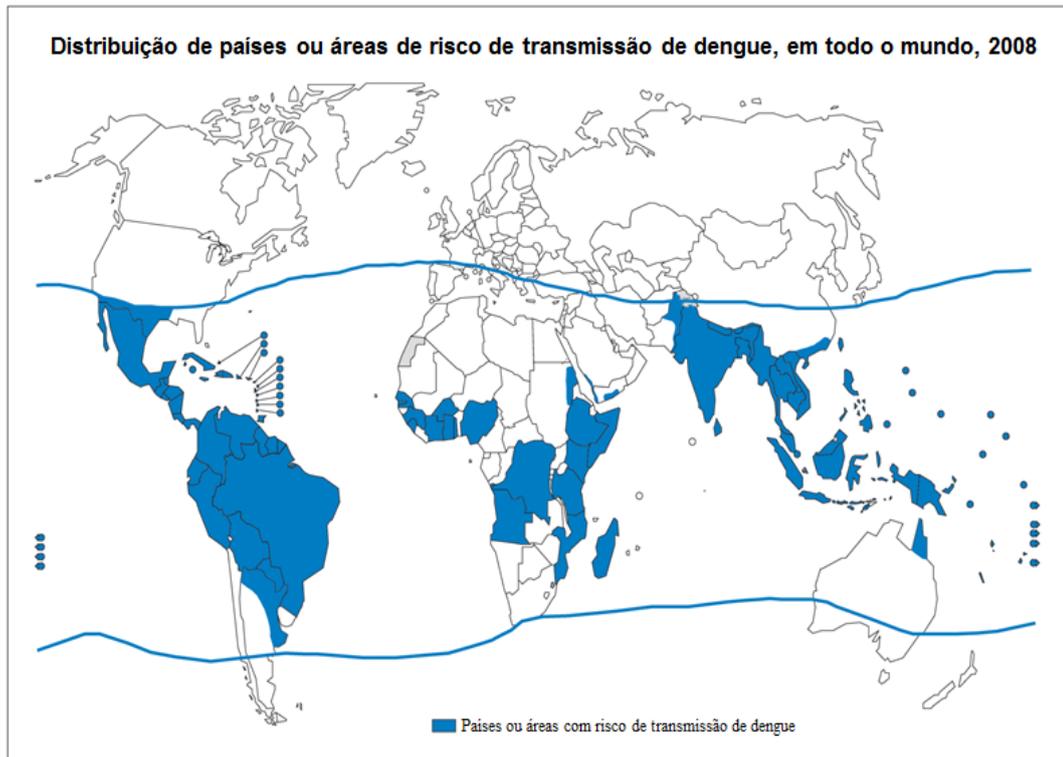


Figura 3 - Áreas no mundo de risco de transmissão da dengue.
Fonte: WHO, 2008.

No Brasil os dados do Ministério da Saúde demonstram que, no período de 2000 a 2010, ocorreram mais de 25.000 casos de dengue a cada ano, o que pode ser observado na figura 4. Observa-se que o número de casos no país vem aumentando ao longo dos anos, atingindo seus maiores índices no ano de 2002 e 2008 e 2010. Após atingir seu auge no ano de 2002, a incidência caiu apresentando valores mínimos em 2006, contudo desde então houve um crescimento atingindo pico máximo em 2010.

Estados como Pernambuco, Alagoas e Rio de Janeiro registraram surtos epidêmicos da doença no período entre 1986 e 1990. As regiões Sudeste e Nordeste apresentaram os maiores números de casos notificados do país no período de 1986 a 2003, com 37,2% e 48,3% respectivamente (Braga e Valle, 2007; Câmara et al. ,2007). Em termos de morbidade e mortalidade o Rio de Janeiro teve sua epidemia mais grave registrada em 2007-2008. Hoje a

dengue encontra-se presente em todos os estados devido principalmente à disseminação do *A. aegypti* pelo território brasileiro.

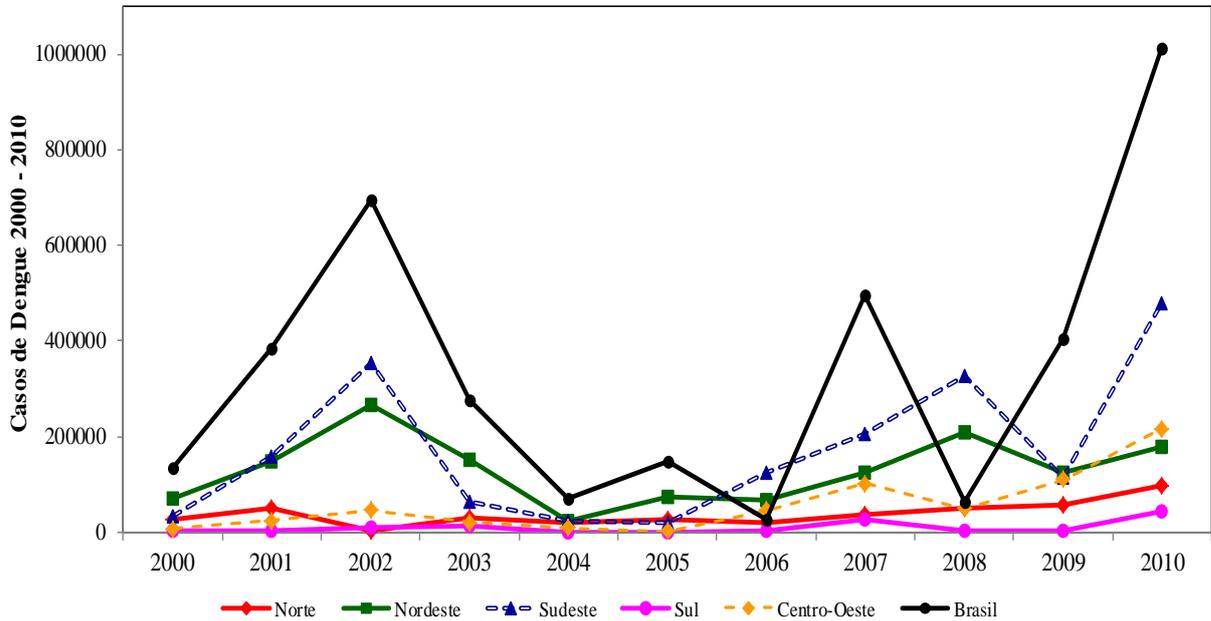


Figura 4 - Casos notificados de dengue no Brasil e regiões brasileiras.
Fonte: SVS/MS

Na região Norte, a cidade de Boa vista, em Roraima, foi a primeira a ter epidemia confirmada em laboratório em 1982. Em 1991, na cidade de Araguaína, Tocantins, houve uma epidemia do sorotipo DENV-2, com registro de 83.250 casos da doença, entre 15 de março a 31 de maio, constituindo, a primeira epidemia com este sorotipo no interior da Amazônia (Vasconcelos, et al., 1993, Câmara et al. ,2007). De acordo com Travassos da Rosa et al. (2000), a terceira epidemia de dengue na região norte ocorreu na cidade de Belém, Pará, em 1996-1997, com 17.440 casos confirmados.

Segundo dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde (2010), dos 409.073 casos notificados na região norte no período de 2000 a 2010, 106.433 ocorreram no Estado do Pará, o restante distribuído nos demais Estados. Os primeiros casos notificados de dengue ocorreram em 1995, nos municípios de Rendenção e Rondon do Pará, região sudeste do estado. Desde então, a dengue permanece presente na maioria dos municípios, atualmente com 32 municípios prioritários para o Programa Nacional de Controle da Dengue, dentre eles Altamira, Belém, Cametá, Conceição do Araguaia, Itaituba, Marabá, Monte Alegre, Santarém, Soure e Tucuruí.

A transmissão do vírus da dengue está condicionada a sobrevivência e reprodução do *Aedes aegypti* no ambiente, além de condições de temperatura e umidade adequada para replicação e maturação do vírus no vetor (Consoli e Oliveira, 1994). Temperaturas mais altas

diminui o período de incubação extrínseca nos mosquitos possibilitando, assim, maiores proporções de mosquitos infecciosos, além de aumentar a proporção de mosquitos infectados. Por exemplo, o período de incubação extrínseca para DENV-2 em 30°C é entorno de 12 dias, em contrapartida em 32-35°C somente 7 dias (Schreiber, 2001).

A precipitação é outro fator importante porque os mosquitos em seu ciclo de vida apresentam estágios aquáticos (ovo, larva e pupa), portanto precisam de água no ambiente para seu desenvolvimento. Além disso, a presença ou ausência de criadouros é dependente do período chuvoso, apesar de que estando habitando com os humanos, o aedes encontrem depósitos d'água disponíveis com mais frequência.

Assim, devido a esses aspectos relacionados a fatores meteorológicos, as incidências da doença estão relacionadas às variações sazonais. Segundo Câmara et al. (2007), os casos notificados de dengue no período de 1986-2003 estavam concentradas nos meses mais quentes das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, correspondendo ao primeiro trimestre com mais da metade dos casos ocorridos no ano.

No Rio de Janeiro, epidemias de dengue de magnitude crescente e severa acontecem a cada três a quatro anos além dos níveis endêmicos e casos cume acontecem durante a estação quente (Luz, 2008; Câmara et al, 2009). Ribeiro et al. (2006), analisando a associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas em São Sebastião, Estado de São Paulo, no período de 2001 a 2002, verificaram que ondas epidêmicas se concentraram de abril a junho, identificando associação entre o número de casos com a pluviosidade e temperatura.

A associação entre dengue e condições meteorológicas ainda não estão claras, principalmente aquelas relacionadas à precipitação. Fatores climáticos não são os únicos fatores que podem influenciar a existência da dengue, outros fatores que somados contribuem para explicá-los, Hopp e Foley (2001) destacaram a importância dos espaços urbanos, movimentos migratórios, educação pública e programas de erradicação do mosquito.

1.1.2. Malária

A malária é uma doença infecciosa transmitida a humanos através de mosquitos infectados por protozoários do gênero *Plasmodium*. As espécies que parasitam o homem são *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* e *Plasmodium ovale*. Destes *P. ovale* é de transmissão natural apenas na África, contudo casos importados já foram relatados nas Américas. Entre as quatro espécies de parasitas da malária que infectam os seres humanos, o *P. vivax* e o *P. falciparum* são responsáveis pela maior prevalência no mundo.

Destas duas, *P. falciparum* é considerado a grande ameaça, devido à elevada mortalidade, e à resistência às drogas antimaláricas (Mendis et al, 2001).

A transmissão da malária se dá a partir da picada da fêmea infectada do mosquito *Anopheles*, em que os principais vetores de importância no Brasil são: *Anopheles (Nyssorhynchus) Darling*, *Anopheles (Nyssorhynchus) aquasalis* e *Anopheles (Nyssorhynchus) albirtasis*, sendo o *An. Darling* o principal vetor na América Latina e especialmente na Amazônia Brasileira devido a sua capacidade de ser infectado por diferentes espécies de *Plasmodium* (Consoli e Lourenço, 1994; Conn et al., 2006).

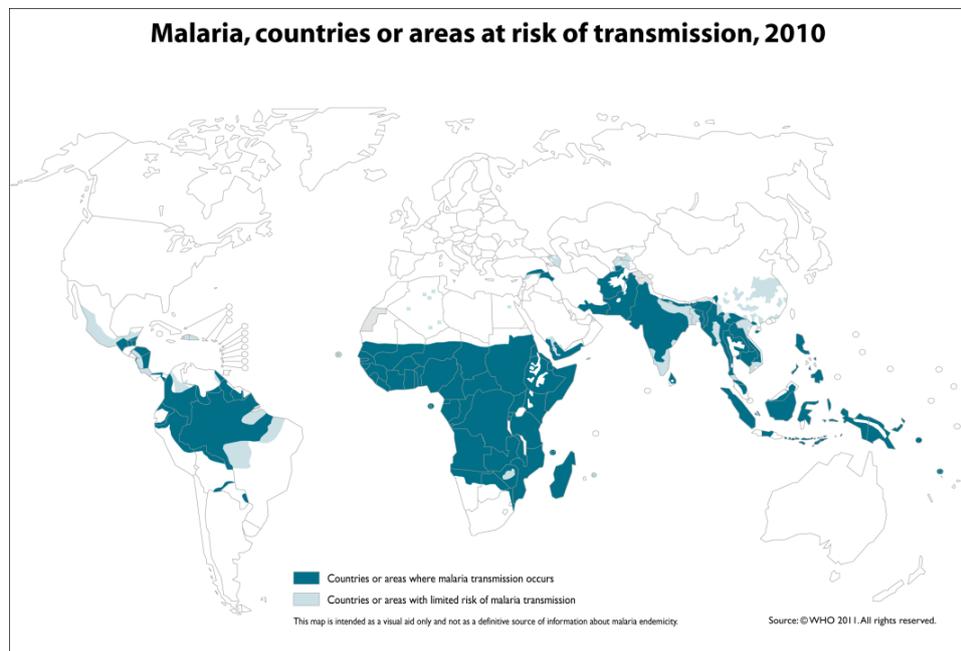
O ciclo biológico do parasito ocorre em duas fases, uma no homem (esquizogonia) e outra no vetor (esporogonia). No homem, o ciclo é assexuado iniciado após inoculação de esporozoítos através da picada do mosquito. A seguir, os esporozoítos circulam na corrente sanguínea e penetram nas células do fígado (hepatócitos), diferenciando-se em trofozoítos pré-eritrocíticos dando início a esquizogonia tecidual (mitose), que dura 6 dias para a espécie *P. falciparum* e 8 dias para a *P. vivax*. O parasito multiplica-se formando os chamados esquizontes que após ruptura dos glóbulos liberam merozoítas que invadirão os eritrócitos. Depois de algumas gerações de merozoítos sanguíneos, ocorre a diferenciação em estágios sexuais, os gametócitos, que não mais se dividem e que seguirão o seu desenvolvimento no mosquito vetor (Brasil, 2005a).

No vetor, o ciclo é sexuado (esporogônica) que ocorre no estômago do mosquito após a fêmea ingerir sangue humano infectado com parasitas gametócitos, células sexuadas. Posteriormente os gametócitos tornam-se gametas e fecundam-se, originando o zigoto. Este se transforma em uma forma móvel (ocineto) que migra até a parede do intestino médio do inseto, formando o oocisto, no interior do qual se desenvolverão os esporozoítos. Esses esporozoítos migram para as glândulas salivares do mosquito que ao realizar o repasto sanguíneo injeta-o no hospedeiro humano. O tempo requerido para que se complete o ciclo esporogônico nos insetos varia com a espécie de *Plasmodium* e com a temperatura, situando-se geralmente em torno de 10 a 12 dias (Brasil, 2005a).

1.1.2.1. Distribuição da Malária no Brasil e Amazônia

A malária tem sido uma das doenças mais graves entre as doenças transmissíveis. Ao lado da tuberculose e AIDS, têm sido um dos flagelos da humanidade. Atinge aproximadamente 500 milhões de pessoas no mundo por ano, resultando na morte de um milhão de crianças por ano na África sub-saariana (Castro e Singer, 2007, Lewison e

Srivastava, 2008). Esta doença já foi generalizada no mundo, contudo, atualmente a transmissão é restrita na América Latina, Ásia e África (Figura 5).



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.



Figura 5 - Distribuição da Malária no Mundo.
Fonte: WHO, 2010

Dos casos reportados nas Américas em 2008 (560.221), 89% ocorreu nos países que compartilham a floresta amazônica, entre eles o Brasil com a maior proporção dos casos. Foram relatados 315.553 casos, ou 56% do número total de casos nas Américas. Assim, o Brasil é um forte determinante da situação geral da malária nas Américas devido aos altos casos (PAHO, 2010).

No Brasil, a transmissão de malária está concentrada na Amazônia Legal, onde são registrados cerca de 99,5% do total dos casos (SVS, 2009). Embora existam áreas de transmissão da malária fora da Amazônia, estas são muito pequenas e respondem por apenas 0,3% dos casos do país. Rôndônia, Pará e Amazonas na última década representaram aproximadamente 78,57% dos casos na Amazonia Legal, em contrapartida Tocantins e Maranhão diminuíram consideravelmente o número de casos (PAHO, 2010).

Na região amazônica, a existência simultânea de fatores que contribuem para a infecção da malária são os principais responsáveis pela sua ampla difusão e seu difícil controle na região, dentre eles pode-se citar a intensa dinâmica populacional, projetos grandes minero-metalúrgicos e hidrelétricos, além disso, a existência de condições ambientais e a

extensão de ambientes aquáticos (rios, lagos, planícies inundáveis) que, na Amazônia brasileira é grande, são favoráveis à proliferação do vetor anofeles (Confalonieri, 2005; PAHO, 2010). Historicamente, os picos de malária têm sido determinados por movimentos migratorios para colonizar a Amazônia principalmente a partir da década de 1970. Atualmente os Estados estão em fase de desenvolvimento com expansão de grandes projetos centrados em agricultura, extração mineral, criação de gado, exploração dos recursos florestais incluindo, assim, vários focos de malária com estes tipos de atividades na Amazônia. Além disso, as próprias características geográficas (altas temperaturas, altos índices pluviométricos e a cobertura vegetal do tipo florestal são favoráveis à proliferação de vetores), ecológicas (desmatamentos e construção de hidroelétricas que podem aumentar o número de criadouros de mosquitos), biológicas (presença de altas densidades de mosquitos vetores e população migrante sem imunidade adquirida naturalmente contra a doença) e sociais (presença de numerosos grupos populacionais morando em habitações com ausência completa ou parcial de paredes) facilitam a transmissão da doença (Confalonieri, 2005).

Dentre os Estados da Amazonia brasileira, o Pará tem contribuído com uma parcela muito importante da incidência da malária. Cordeiro et al (2002) descreveu o perfil epidemiológico da malária no período de 1989-1999 observando comportamento crescente de malária no Pará com 127.941 (1989) e 248.233 (1999), sendo evidenciado um pico epidêmico no Estado no ano de 1999. Além disso, foi observado que a distribuição no Estado não se transmite com igual intensidade e rapidez em todas as áreas, existindo áreas em que a intensidade da transmissão é mais significativa, evidenciando 51 (35,7%) municípios com alto risco de transmissão, 41 (28,6%) com médio risco e 51 (35,7%) com baixo risco. Oliveira-Filho e Martinelli (2009) realizaram um levantamento dos casos notificados de malária entre 1998 e 2006 constatando uma redução dos casos a partir de 2001, com redução dos municípios com Incidência Parasitaria Anual (IPA) alta e aumento do número de municípios com IPA baixa e media atribuindo isso como reflexo das ações governamentais de controle e prevenção à malária na região.

1.1.2.2. Clima e Malária

A transmissão e a prevalência da malária são influenciadas por muitos fatores, entre os quais (variabilidade) elementos meteorológicos são considerados por desempenhar um papel importante. O clima afeta a incidência da malária na maior parte através de seus efeitos sobre a ecologia e o comportamento dos vetores, bem como sobre o seu ambiente. Assim, a distribuição e o padrão epidemiológico da malária será em resposta dos elementos

meteorológicas, particularmente temperatura e precipitação, no coportamento do mosquito vetor (espécies, dinâmica populacional, ciclo gonotrófico e sobrevivência) e no desenvolvimento do parasita da malária no interior do mosquito.

A temperatura afeta a transmissão da malária de várias maneiras, influenciando, por exemplo, o período esporogônico do Plasmodium, o período de desenvolvimento das fases aquáticas do vetor e a fecundidade dos adultos. Por exemplo, se a temperatura d'água onde os mosquitos depositam seus ovos é muito quente ou fria, menos ovos podem eclodir. Além disso, a temperatura ideal para a sobrevivência das larvas e pupas é entre 22 °C e 26 °C (Stresman, 2010). Impoinvil et al. (2007) observou uma faixa de temperatura entre 24-30 °C como a temperatura ótima para eclosão dos ovos do anopheles *gambiae*, principal transmissor da malária na África. Ikemoto (2008) estimou uma temperatura ideal aproximada entre 23 - 24 °C para este mesmo vetor, em que 80% dos ovos eclodem em 24 °C. Acima desse valor o desenvolvimento do vetor é gradualmente inibido.

O parasita também precisa de uma faixa de temperatura específica para o seu desenvolvimento no mosquito, tendo sido relatado uma faixa entre 25 °C e 30 °C. No *P. falciparum*, os efeitos da temperatura sobre o ciclo de transmissão são múltiplos, mas seus efeitos específicos sobre a duração esporogônico e sobrevivência do vetor são os mais importantes. O desenvolvimento deste parasita cessa em 16 °C, contudo abaixo de 18 °C a transmissão é improvável devido à baixa sobrevivência de mosquitos para completar o ciclo de esporogônia. Em 22 °C a sobrevivência do vetor é grande possibilitando o parasita a concluir seu ciclo em menos de três semanas. Assim temperaturas abaixo de 18 °C foram consideradas inadequadas, e acima de 22 °C satisfatória, para transmissão estável. O limite superior de temperatura é determinado pela sobrevivência do vetor, como a esporogônia ocorre em menos de uma semana, temperaturas acima de 32 °C causa aumento da mortalidade de vetores e a sobrevivência diária é zero a 40 °C (Craig et al., 1999).

A relação entre malária e chuva ainda é muito complexa, principalmente quando se trata da influência na abundância e sobrevivência de mosquitos vetores. Craig et al. (1999) afirma que essa relação deve ser estudada onde a temperatura não é um fator limitante, exemplo região Amazônica que possui pouca variação de temperatura mas alta variabilidade pluviométrica ao longo de sua extensão.

A princípio, a chuva pode aumentar a abundância de vetores devido à quantidade de criadouros em que os mosquitos depositarão seus ovos e também para o desenvolvimento das larvas e pupas. Além disso, a umidade proporcionada após a chuva ajudará na hidratação dos mosquitos (Reiter, 2001), aumentando sua sobrevivência. A intensidade e tempo de duração

da chuva também atuará diferenciadamente na reprodução do mosquito. Chuvas torrenciais podem arrastar as larvas e pupas das margens dos criadouros interrompendo seu desenvolvimento, porém chuva fraca não tem esse efeito, podendo promover a criação de reservatórios como valas e alagadiços (Stresman, 2010; Reiter, 2001).

1.1.3. Principais Sistemas meteorológicos da região

Na região a variável climática de maior variabilidade é a precipitação sendo considerada a mais importante no espaço-temporal. A maior parte dessa precipitação sobre o Estado ocorre nas estações de verão e outono austral (Marengo et., 2001), em associação aos padrões de circulação atmosférica ligados à Zonas de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A ZCIT é considerada o sistema meteorológico de grande escala como mais importante regulador de precipitação sobre a região equatorial. Além disso, o estabelecimento do período chuvoso e seco da região é decorrente de sua migração sazonal quando a ZCIT marcha de sua posição mais ao norte durante agosto-setembro, para sua posição mais ao sul, durante março-abril (Melo et al, 2009). Já a ZCAS é caracterizada pelo ciclo anual regular da precipitação na região, bem como as chuvas intensas que se estende desde a Amazônia até o Sudeste do Brasil característica do verão austral (Carvalho e Jones, 2009). Comumente, pode haver acoplamento de ZCAS e ZCIT para regular a climatologia da região.

Com relação à escala interanual, a variabilidade da precipitação é associada aos eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) que modula uma grande parte dessa precipitação, principalmente a fase negativa (fenômeno El Niño) e a fase positiva (fenômeno La Niña). ENOS é o termo mais adequado para expressar o fenômeno de aquecimento anormal das águas do oceano Pacífico Tropical, visto que relaciona de forma mais genérica um fenômeno de interação oceano-atmosfera (Monteiro e Mota, 2010; Coutinho et al., 2010).

Em escala sazonal, o período chuvoso ocorre de dezembro a maio, compreendendo o verão e outono austral sendo influenciado fortemente pela chegada da ZCIT e a ocorrência da ZCAS (Albuquerque et al., 2010). Além disso, verifica-se a atuação de Linhas de Instabilidades (LIs) que se formam ao longo da costa responsáveis pelos maiores índices pluviométricos na região próxima a Belém (Marengo e Nobre, 2009).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a ocorrência espacial e temporal dos casos de dengue e malária em relação à variabilidade da precipitação em diferentes localidades do Estado do Pará.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a variabilidade interanual da incidência de dengue e malária;
- Quantificar a correlação entre a ocorrência de casos das doenças com a precipitação e a temperatura;

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O Estado do Pará ocupa uma área de 1.247.950,003 Km², correspondente a 14,7% do território do país, sendo o segundo maior Estado do país. De acordo com o último censo, a população era de 7.581.051 habitantes, com uma densidade demográfica de 6,07 hab/km². Conta atualmente com 144 municípios, distribuídos em 6 mesorregiões e 22 microrregiões (IBGE, 2013).

O clima do Pará é quente e úmido. Apresenta altas temperaturas e elevados totais pluviométricos anuais. Devido a sua dimensão geográfica, a precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade. A sazonalidade é caracterizada por uma estação menos chuvosa que corresponde geralmente ao período de junho a novembro e outra chuvosa, que na maioria das localidades, compreende os meses de dezembro a maio. Na figura 6 pode-se observar que a região mais chuvosa do Estado do Pará, com valores anuais de 2.500 e 3.100 mm, é a Nordeste, incluindo a ilha de Marajó, enquanto que a menos chuvosa, com valores entre 1700 e 2.100mm, é a região Sudeste, abrangendo Paragominas até conceição do Araguaia (Rocha et al., (2009).

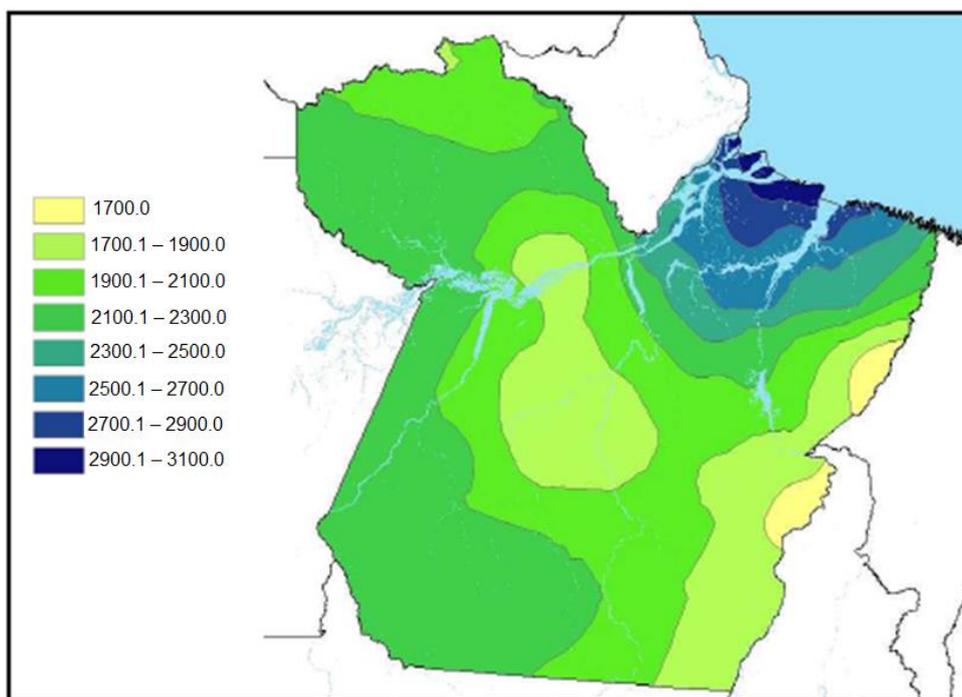


Figura 6- Variação anual da precipitação no Estado do Pará. Fonte: Rocha et al., (2009)

Nesse contexto, a pesquisa foi desenvolvida em sete municípios (Figura 7) representativos de diferentes regiões quanto ao volume de precipitação anual segundo o

critério estabelecido por Rocha et al., (2009): Belém (2700-2900 mm), Breves (2500-2700 mm), Itaituba (2100-2300 mm), Santarém e São Félix do Xingu (1900-2100 mm), Redenção e Rondon do Pará (1700-1900). Além disso, a disponibilidade de dados tanto de dengue e malária para um mesmo município quanto de precipitação também foram utilizados como critério para a escolha das localidades.

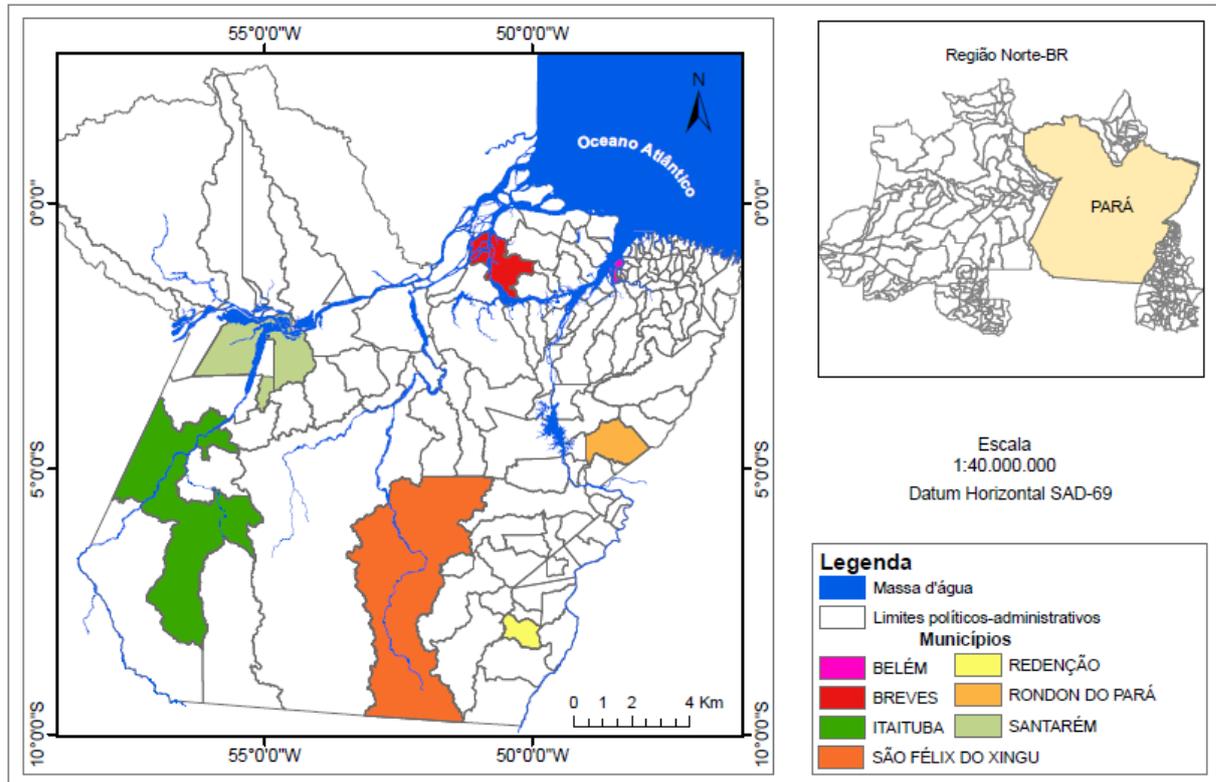


Figura 7 - Localização dos municípios no Estado. Fonte: Base cartográfica IBGE.

2.2. Dados Utilizados

2.2.1. Incidência dos casos de Dengue Notificados

Foram utilizados dados mensais dos casos notificados de dengue para os municípios referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. Os dados utilizados foram obtidos junto a Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados do Sistema de Notificação de Agravos de Notificação (SINAN).

O cálculo do coeficiente de incidência mensal dos casos notificados foi através da razão entre o número de casos notificado no município e a população do mesmo no respectivo período de tempo por 10.000 habitantes.

2.2.2. Incidência Parasitária Anual (IPA) e Mensal (IPM) dos casos de Malária

Os dados mensais de malária foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados do Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica da Malária - SIVEP. São dados mensais em número total de casos notificados por município referentes ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2011.

Utilizaram-se dados autóctones para o cálculo do (IPA) de cada município através da razão entre o número de casos notificados e a população do mesmo por 1000 habitantes, no respectivo período. Essa população que participa como variável no cálculo foi obtida no setor de epidemiologia da SESPA. O IPA corresponde ao risco que uma determinada área possui de transmissão, sendo classificada em: alto risco ($IPA > 49,9/1000$ hab.), médio risco ($49,9 > IPA > 10/1000$ hab.), baixo risco ($9,9 > IPA > 0,1/1000$ hab.), Área sem risco ($IPA = 0$) (Ministério da Saúde, 2005).

2.2.3. Precipitação Pluviométrica

A precipitação corresponde aos dados em totais mensais correspondentes ao mesmo período dos dados dos agravos e foram obtidos através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e Agencia Nacional das Águas (ANA).

2.3. Testes Estatísticos

2.3.1. Teste de normalidade Shapiro Wilk

O teste Shapiro Wilk, calcula uma variável estatística (W) que investiga se uma população provém de uma distribuição normal. O valor de W é obtido dividindo-se o quadrado da combinação linear apropriada dos valores ordenados da amostra pela variância simétrica estimada (Ayres, 2005; Lucambio, 2008). Com o nível de significância (p-valor) calculado, pode-se aceitar ou rejeitar a hipótese de que os dados seguem uma distribuição Normal. Essa verificação é decisiva para a aplicação ou não de técnicas inferenciais paramétricas com base na distribuição normal.

2.3.2. Teste de correlação

A correlação de Spearman é uma medida de correlação não paramétrica conhecida por calcular o coeficiente de relação entre variáveis mensuradas em nível ordinal. Este coeficiente não mostra, necessariamente, uma tendência linear e não exige que os dados provenham de duas populações normais.

2.3.3. Análise de Regressão

Para realizar a análise de regressão linear seria necessário que a variável dependente seguisse o pressuposto de distribuição normal. Neste caso optou-se por realizar o teste de ajustamento de curvas para verificar se as variáveis se relacionavam linearmente ou não. Uma das vantagens de se obter uma curva que se ajusta adequadamente é a possibilidade de prever os valores da função (variável dependente) para valores da variável explicativa que estão fora do intervalo fornecido, assim é possível determinar a relação de dependência entre duas variáveis.

O software BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007) foi utilizado para realizar todas as análises estatísticas. Além disso, considerou-se uma probabilidade de erro menor ou igual a 5% (p-valor $\leq 0,05$) de intervalo de confiabilidade.

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram organizados em três capítulos. No primeiro capítulo foram apresentados os resultados da associação da dengue com a precipitação pluviométrica em sete municípios do Estado do Pará no período de 2007 a 2011. No segundo capítulo foi apresentada a análise do comportamento da malária nos sete municípios do Estado do Pará e sua relação com a precipitação pluviométrica no período de 2003 a 2011. No terceiro capítulo foi apresentando os resultado da análise da relação da precipitação pluviométrica e temperatura do ar com a incidência de dengue no município de Santarém-PA no período de 2007 a 2010.

CAPÍTULO I

Influência da precipitação sobre a incidência espaço-temporal da dengue no Estado do Pará*

Jéssica Ariana de Jesus CORRÊA^{1*}, Antônio Carlos Lôla da COSTA².

1 Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - Universidade Federal do Oeste do Pará - Rua Vera Paz, S/N, 68040-250, Santarém – PA, Brasil.
jehssicorrea@yahoo.com.br*

2 Universidade Federal do Pará – Avenida Augusto Correa s/n, Guamá, 66075-110 – Belém-PA, Brasil

* Capítulo escrito de acordo com as normas da revista **Cadernos de Saúde Pública**.

Influência da precipitação sobre a incidência espaço-temporal da dengue no Estado do Pará

RESUMO

Dengue é hoje uma das mais importantes doenças transmitida por mosquitos, constituindo um grave problema de saúde pública. Fatores meteorológicos, tais como a precipitação, são importantes reguladores da distribuição espacial e temporal dos vetores da dengue. Esse estudo analisou a correlação existente entre a incidência de dengue e a precipitação em sete municípios do Estado do Pará, no período de 2007 a 2011. Utilizando análise de correlação e regressão, verificou-se que a precipitação atua de forma diferenciada nas incidências de dengue nos municípios localizados em regiões de diferentes volumes de precipitação anual. Análise de correlação de Spearman demonstrou haver associação positiva da precipitação com a incidência de dengue, mas em anos diferentes, sendo os municípios de Belém, Itaituba e Santarém os que mais apresentaram associação com a precipitação. Além disso, verificou-se que a sazonalidade da dengue compreende os primeiros meses do ano, correspondente ao período chuvoso da região.

Palavras-Chave: Dengue, chuva, sazonalidade.

SUMMARY

Dengue is now one of the most important mosquito-borne diseases, constituting a serious public health problem. Meteorological factors, such as precipitation, are important regulators of the spatial and temporal distribution of dengue vectors. This study examined the correlation between the incidence of dengue and rainfall in seven municipalities in the state of Pará, from 2007 to 2011. Using correlation and regression analysis, it was found that precipitation acts differently in dengue incidence in municipalities located in regions of different volumes of annual precipitation. Spearman correlation analysis showed a positive association with rainfall incidence of dengue, but in different years, the cities of Belém, Santarém and Itaituba those who were more associated with precipitation. Furthermore, it was found that seasonality dengue comprising the first months of the year, corresponding to the region rainy season.

Keywords: Dengue, rainfall, seasonality.

INTRODUÇÃO

A Dengue é hoje uma das mais importantes doenças transmitida por arbovírus aos humanos, constituindo um grave problema de saúde pública. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que entre 50 a 100 milhões de pessoas se infectem anualmente, em mais de 100 países, pondo quase a metade da população do mundo em risco¹.

A incidência de dengue é comumente observada nas regiões tropicais e subtropicais, compreendidas principalmente entre os paralelos (latitudes) 35° N e 35° S². Observa-se que dentre as regiões que estão dentro da faixa de risco de transmissão, nas Américas foram reportadas importantes epidemias, principalmente, na América do Sul (Venezuela, Brasil e Paraguai). Martín e colaboradores, através de dados da Organização Pan- Americana de Saúde (PAHO) observou que durante as últimas três décadas o número de casos de dengue saiu de 1 milhão de casos durante os anos 80 para 4,7 milhões no período de 2000 a 2007, dos quais mais da metade desses casos ocorreram na América do Sul³.

No Brasil a incidência da dengue vem aumentando devido, principalmente, à disseminação do principal vetor do vírus, o mosquito *Aedes aegypti*, em todos os Estados⁴. No Pará, os primeiros casos notificados de dengue ocorreram em 1995, nos municípios de Redenção e Rondon do Pará, região sudeste do Estado⁵. Desde então, a dengue permanece presente na maioria dos municípios, atualmente com 32 municípios prioritários para o Programa Nacional de Controle da Dengue. Além disso, o número de óbitos aumentou de uma média de 3,6 (2002-2006) para 19,4 (2007-2011), mostrando a importância de entender a dinâmica da doença no Estado.

A transmissão da dengue é influenciada por diversos fatores, os quais estão relacionados à sobrevivência do vetor, como os condicionantes ambientais (temperatura e a precipitação) que agem como limitante de sua expansão, bem como na dinâmica da sua distribuição espacial e temporal. Diversos estudos apresentaram a relação existente entre temperatura e transmissão de dengue^{6,7}, no entanto a precipitação ainda não ficou bem esclarecida em algumas regiões, ocasionado principalmente, pela ambiguidade existente do impacto da precipitação sobre os criadouros, além da possibilidade deles serem mantidos ou não pelo período de chuvas. Isso é devido às características urbanas do *Aedes aegypti*, pois a sua proliferação pode ocorrer tanto em área domiciliar, peridomiciliar e/ou espaços públicos que apresente condições adequadas a sua sobrevivência, tais como, disponibilidade de reservatório que acumulem água para a postura de seus ovos.

Embora existam vários estudos sobre os prováveis impactos de variáveis meteorológicas sobre a dinâmica da dengue, outros fatores relacionados às particularidades do clima regional poderiam distinguir a transmissão, principalmente em regiões com espaço geográfico amplo e com uma ampla variabilidade espacial e temporal da precipitação. Nesse contexto, o Estado do Pará apresenta condicionantes que justifiquem uma análise mais aprofundada sobre os possíveis efeitos que a precipitação causa na incidência de certas doenças de transmissão vetorial, em específico a dengue.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência da incidência de dengue em sete municípios do Estado do Pará e analisar suas possíveis relações com a precipitação pluviométrica no período de 2007 a 2011.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Estado do Pará ocupa uma área de 1.247.954,666 Km², correspondente a 14,66% do território do país, sendo o segundo maior Estado do país. De acordo com o último censo, a população é 7.581.051 habitantes, com uma densidade demográfica de 6,07 hab/km². Conta atualmente com 144 municípios, distribuídos em seis mesorregiões e vinte e duas microrregiões⁸.

O clima do Estado, quente e úmido, é devido estar localizado na faixa equatorial. A sua temperatura média anual varia entre 22 °C a 32 °C e precipitação pluviométrica entre 1300 e 3500 mm⁹. A precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade na região. Além disso, a maioria dessa chuva ocorre entre as estações de verão e outono¹⁰, sendo devidas principalmente a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A sazonalidade é caracterizada por uma estação menos chuvosa que corresponde geralmente ao período de junho a novembro e outra chuvosa, que na maioria das localidades, compreende os meses de dezembro a maio. De acordo com relatório do SIPAM¹³ a região mais chuvosa do Estado, com valores anuais de 2.500 e 3.100 mm, é a Nordeste, incluindo a ilha de Marajó, enquanto que a menos chuvosa, com valores entre 1700 e 2.100mm, é a região Sudeste, abrangendo Paragominas até Conceição do Araguaia^{14, 10}.

Neste estudo foram selecionados sete municípios (Figura 1) representativos de diferentes regiões quanto ao volume de precipitação anual segundo o critério estabelecido por Rocha e colaboradores¹³: Belém (2700-2900 mm), Breves (2500-2700 mm), Itaituba (2100-2300 mm), Santarém e São Félix do Xingu (1900-2100 mm), Redenção e Rondon do Pará

(1700-1900). Além disso, a existência de banco de dados de precipitação e de casos notificados de dengue para cada localidade correspondente ao período de 2007 a 2011 foram requisitos para a escolha dos municípios utilizados nessa pesquisa.

A escolha da variável precipitação para este trabalho é devido, além de ser uma das variáveis climáticas de maior variabilidade na região, a sua relação sobre a incidência de dengue ainda ser muito contraditório¹⁵, sendo encontrada associação entre estas variáveis em algumas regiões, enquanto em outras não¹⁶. Diferentemente da temperatura, que além de variar pouco tanto anualmente como sazonalmente na região, já foi explicado por diversos estudos sua influência na atividade do *Aedes aegypti*, e consequentemente na proliferação da doença^{17,18,7}.

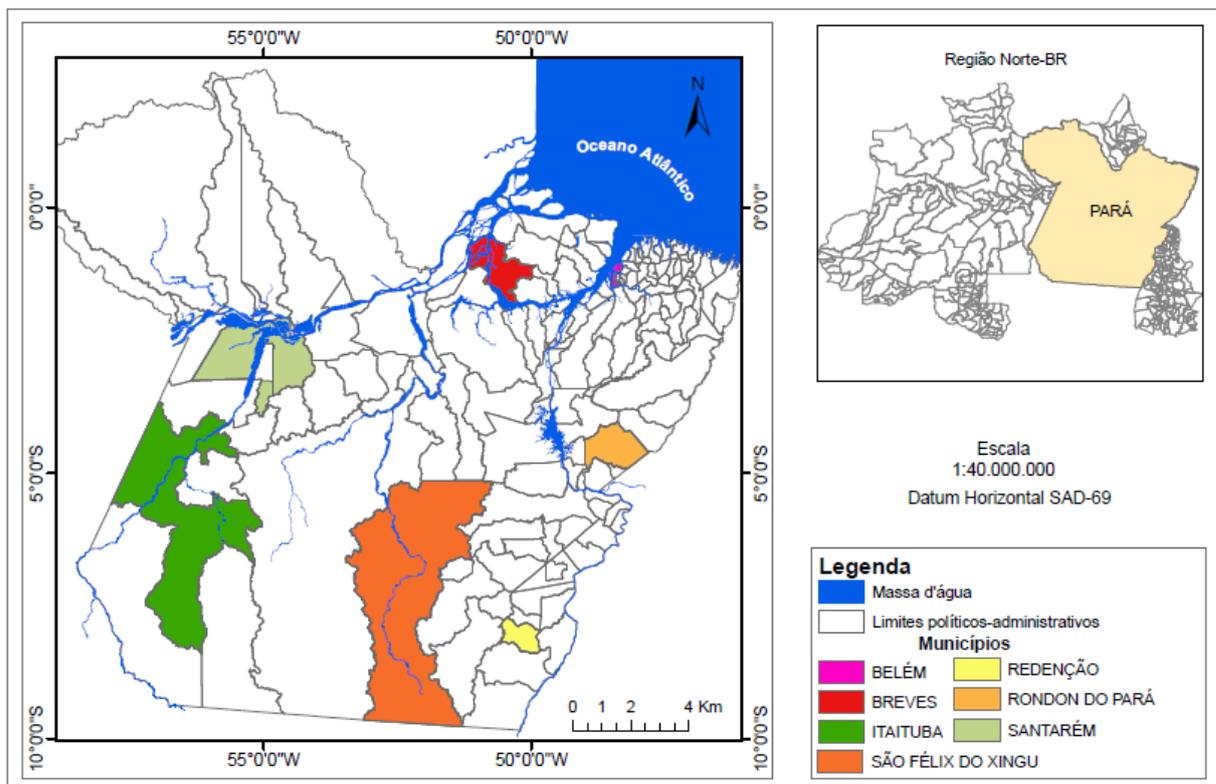


Figura 1. - Localização dos municípios no Estado. Fonte: Base cartográfica do IBGE

Na Tabela 1, estão descritas a localização das sete cidades de estudo com suas respectivas mesorregiões geográficas e população.

Tabela 1: Características geográficas dos municípios selecionados para a presente pesquisa.

Cidades	Latitude	Longitude	Mesorregião	Habitantes	Área (Km²)
Belém	01° 27' 20"	48° 30' 15"	Metropolitana de Belém	1.351.618	1.059,4
Breves	01° 40' 57"	50° 28' 48"	Marajó	92.283	9.550,4
Itaituba	04° 16' 24"	55° 59' 09"	Sudoeste Paraense	95.21	62.040,7
Redenção	08° 01' 39"	50° 01' 42"	Sudeste Paraense	72.908	3.823,8
Rondon do Pará	04° 46' 45"	48° 04' 00"	Sudeste Paraense	46.944	8.246,4
Santarém	02° 25' 30"	54° 42' 50"	Baixo Amazonas	291.122	22.886,6
São Félix do Xingu	06° 39' 30"	51° 59' 15"	Sudeste Paraense	90.908	84.213,3

Fonte: IBGE, 2013

Dados de Dengue e Precipitação

Os dados mensais de dengue foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados de notificações de dengue do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). São dados mensais notificados por município referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. O coeficiente de incidência mensal dos casos notificados de dengue de cada município se deu através da razão entre o número de casos notificados no município e a população do mesmo por 10.000 habitantes, no respectivo período. Essa população que participa como variável no cálculo foi obtida no setor de epidemiologia da SESPA, juntamente com o banco de dados de casos notificados.

Já os dados de precipitação totais mensais são provenientes de estações localizadas nos sete municípios do período de 2007 a 2011. Essas estações pertencem a Agência Nacional das Águas (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Métodos Estatísticos

As séries de incidência de dengue e precipitação foram testadas para a normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk que se baseia nos valores amostrais ordenados elevados ao quadrado¹⁹. Essa verificação é decisiva para a aplicação ou não de técnicas inferenciais paramétricas com base na distribuição normal. Devido a não normalidade do banco de dados da maioria das cidades optou-se por uma metodologia não paramétrica.

Análise de Correlação de Spearman (R_s) foi realizada para verificar o grau de intensidade da associação entre a precipitação e incidência de dengue. Esse coeficiente foi utilizado devido a não normalidade dos dados de incidência de dengue. Este coeficiente não mostra, necessariamente, uma tendência linear e não exige que os dados provenham de duas populações normais. O valor de R_s oscila entre -1 a 1 onde: $0,75 \leq R_s \leq 1$ indica uma correlação forte, $0,50 \leq R_s \leq 0,75$ indica uma correlação média, $|R_s| < 0,5$ indica uma correlação fraca, $R_s = 0$ indica ausência de correlação e $R_s = \pm 1$ indica uma correlação perfeita.

Utilizou-se análise de variância para testar a diferença entre os valores da incidência anual entre os municípios pelo teste de Kruskal-Wallis. Posteriormente, analisou-se entre quais fatores ocorreram às diferenças significativas pelo método de Dunn²⁰.

Para realizar a análise de regressão linear seria necessário que a variável dependente seguisse uma distribuição normal. Neste caso optou-se por realizar o teste de ajustamento de curvas para verificar se as variáveis se relacionavam linearmente ou não. Uma das vantagens de se obter uma curva que se ajusta adequadamente é a possibilidade de prever os valores da função (variável dependente) para valores da variável explicativa que estão fora do intervalo fornecido, assim é possível determinar a relação de dependência entre duas variáveis.

Os dados foram analisados no programa estatístico BioEstat 5.0²⁰, software gratuito, para aplicações estatísticas. Além disso, considerou-se uma probabilidade de erro menor ou igual a 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) de intervalo de confiabilidade.

Considerações éticas

Este trabalho trata-se de uma análise de dados secundários, nos quais não consta nome, sexo, idade, estado civil, bem como outras informações do estado da saúde dos sujeitos acometidos pela doença. Dessa forma, não há implicações éticas pelo fato dos dados analisados terem sido obtidos de fonte de domínio público.

RESULTADOS

Epidemiologia Descritiva

Analisando a série de dados dos casos de dengue registrados no período de 2007 a 2011, observou-se que as maiores incidências médias anuais de dengue foram registradas nos municípios de Redenção e São Felix do Xingú com 48,6 e 45,7 casos para 10.000 habitantes, respectivamente, enquanto a menor incidência de dengue ocorreu em Breves com 0,7 casos, conforme Figura 2. Ressalta-se que, espacialmente, houve uma distribuição heterogênea na incidência entre os municípios, com maior variabilidade interanual para Redenção em maior e menor transmissão de dengue.

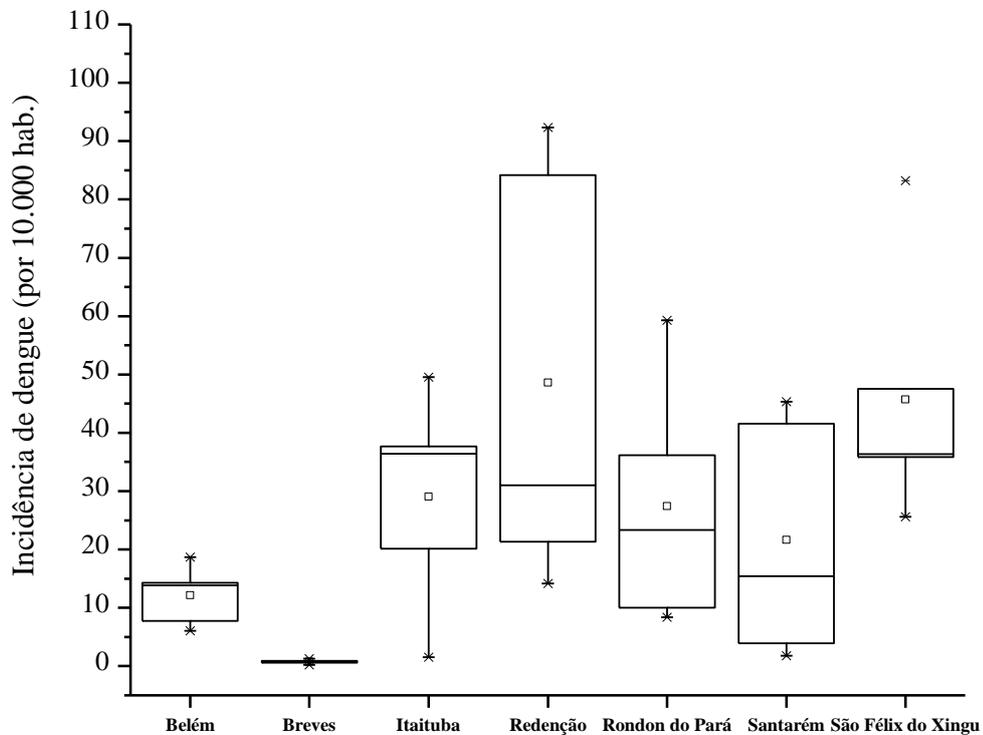


Figura 2 – Séries históricas dos dados anuais da incidência de dengue anual nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingú.

A análise de variância através do teste de Kruskal-Wallis ($H= 18.34$) apresentou resultado significativo ($p < 0,05$) de que os valores da incidência de dengue são diferentes entre os municípios. Além disso, as diferenças das médias anuais ocorreram entre Breves com Redenção e São Félix que são os municípios com maiores incidências anuais de dengue (Figura 3).

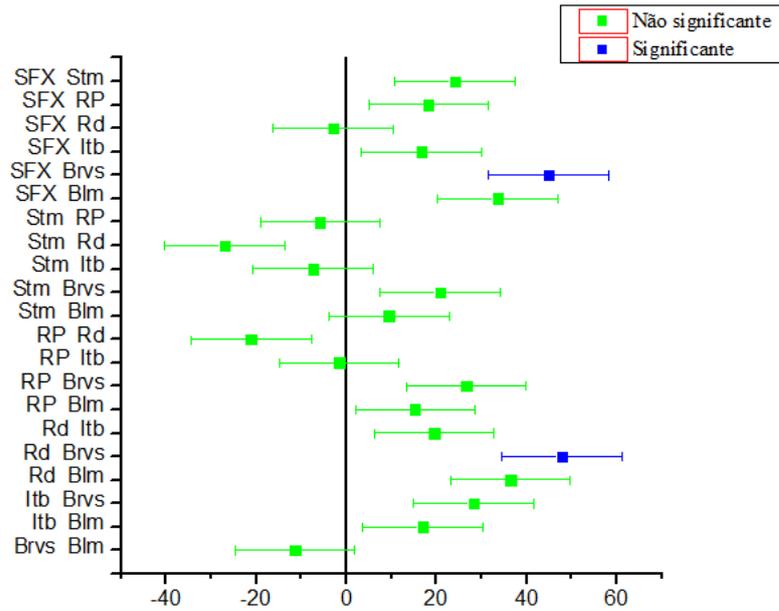


Figura 3 – Análise de variância da incidência anual de dengue nos municípios de Belém (Blm), Breves (Brvs), Itaituba (Itb), Redenção (Rd), Rondon do Pará (RP), Santarém (Stm) e São Félix do Xingu (SFX).

A distribuição da precipitação nos 7 municípios não apresentou padrão homogêneo de precipitação, com volumes acima de 3000 mm para Belém e acima de 1000 mm para Rondon do Pará. Esses valores estão dentro da faixa categorizados neste trabalho assim como de acordo com o trabalho de Moraes e colaboradores¹⁴. Observou-se que as maiores médias anuais estão nas cidades de Belém 3.349 mm e Santarém 2.392 mm, enquanto os menores em Rondon 1234 mm e São Félix do Xingú 1906 mm (Figura 4).

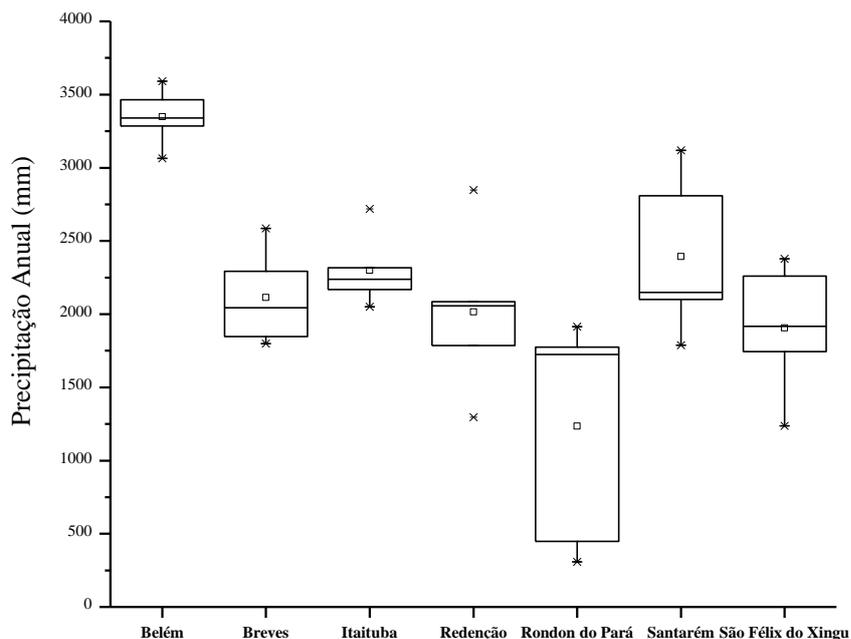


Figura 4 – Séries históricas dos dados anuais de precipitação nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

Os municípios com maiores valores médios de incidência de dengue com 48.6 e 45.7 casos por 10.000 habitantes (Redenção e São Félix do Xingu, respectivamente) apresentaram padrão de precipitação aproximado de acordo com a média anual em 1960 mm (Figura 5), contudo esses municípios estão localizados em faixas de distribuição de precipitação anual diferentes. Além disso, verificou-se que a incidência média de dengue não ocorre de forma homogênea entre os municípios localizados dentro da mesma faixa de distribuição de precipitação como, por exemplo, em Santarém e São Félix do Xingu em que suas médias anuais são em torno de 1900 a 2100 mm.

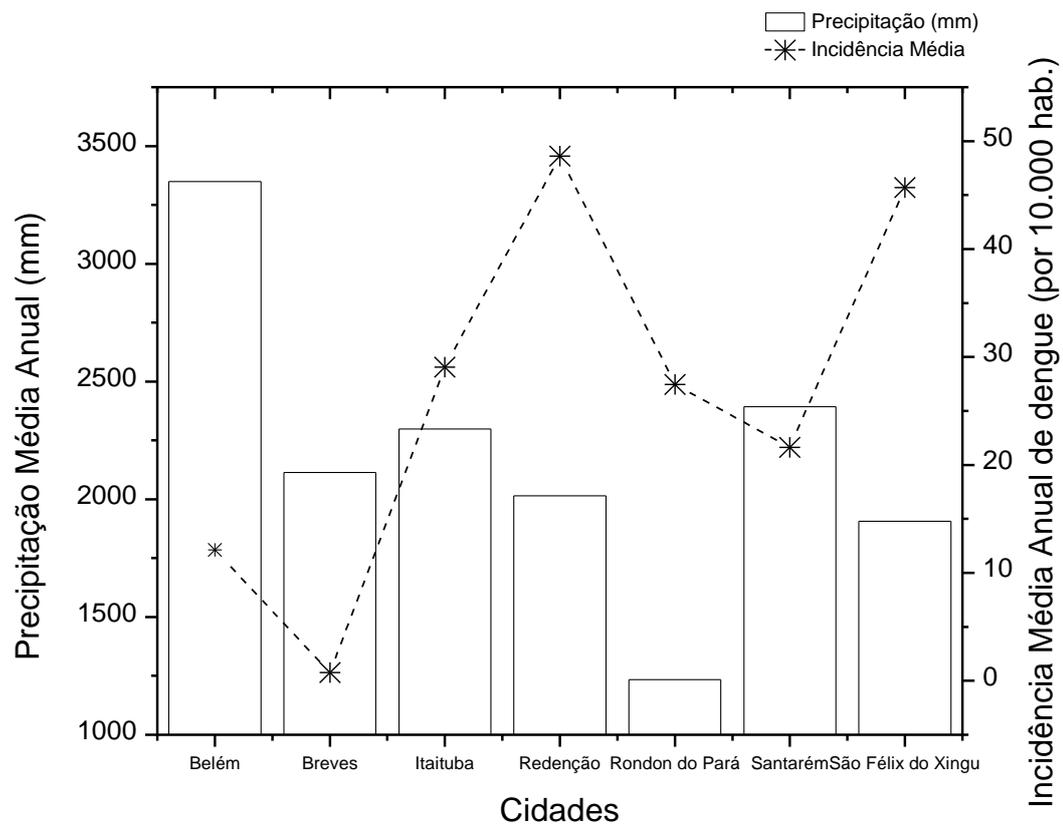


Figura 5 - Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

O padrão médio de incidência de dengue mensal nos sete municípios, como apresentado na Figura 6, não mostrou uma importante diferença nos valores de incidência de dengue entre os municípios conforme foi verificado pela análise de variancia, contudo, como nos dados anuais, Redenção e São Félix apresentam valores de incidência de dengue acima dos demais municípios.

Ao longo do ano, observaram-se máximos principais de incidência em janeiro, fevereiro e março, a maioria ocorrendo em março. Em geral a transição para os meses de

incidência mínima ocorre durante abril a novembro na maioria das localidades. Breves não apresentou máximos durante o período analisado devido a sua incidência ser baixa.

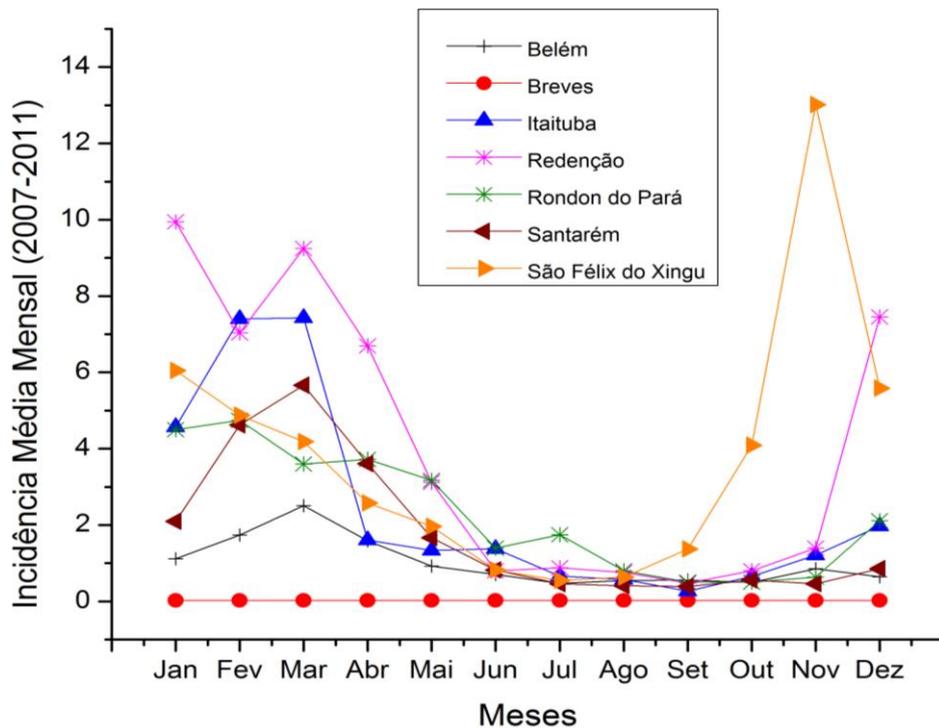


Figura 6. Média mensal do IMD para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

Observa-se nas Figuras 7a, 7b e 7c o perfil da dengue para cada um dos sete municípios em incidências mensais/10.000 habitantes, e o comportamento da precipitação para o mesmo período. É interessante notar inicialmente que as séries de incidência de dengue e de pluviosidade apresentaram um comportamento semelhante em algumas cidades, enquanto em outras não. Além disso, as duas séries apresentam uma variabilidade bastante acentuada entre os municípios.

Na primeira metade dos anos (correspondente aos meses de janeiro a abril) houve maior incidência de dengue e coincidiu com a maior quantidade de chuva. Exceto em São Félix do Xingu quando a incidência cresce a partir de outubro. Em Belém, Itaituba e São Félix pode-se observar claramente uma sazonalidade em ambas as séries. Essa sazonalidade usualmente inicia em janeiro, com picos em março e abril. A partir disto, percebe-se que há um maior favorecimento para a disseminação da dengue nos primeiros meses do ano^{21, 22}.

A incidência de dengue apresentou uma periodicidade, mas podendo ocorrer picos esporádicos ao longo do ano, com uma “explosão” nos meses de janeiro a março e mínimos nos meses de junho a setembro. Além disso, observou-se na incidência uma flutuação interanual nos municípios.

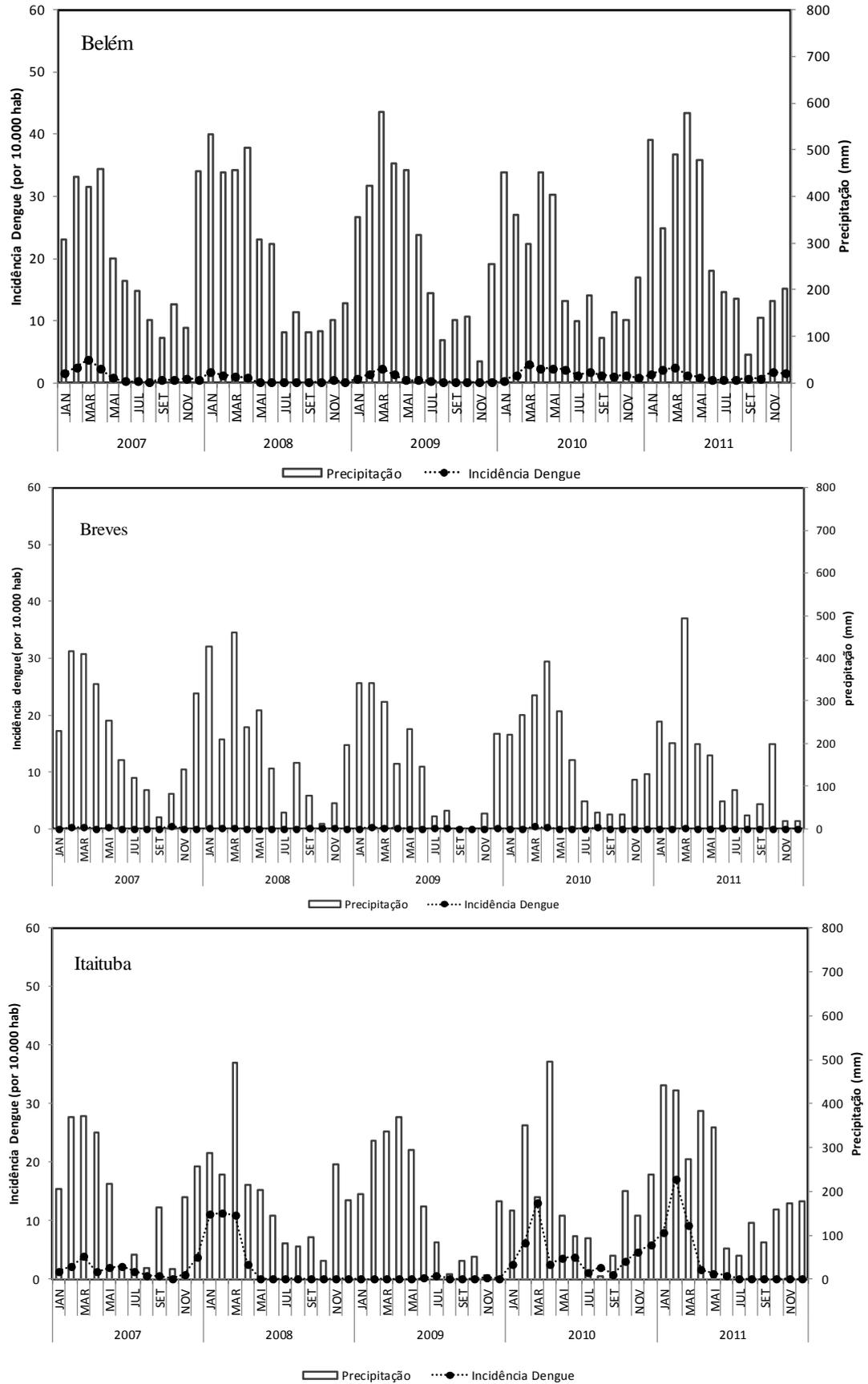


Figura 7a. Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Belém, Breves e Itaituba.

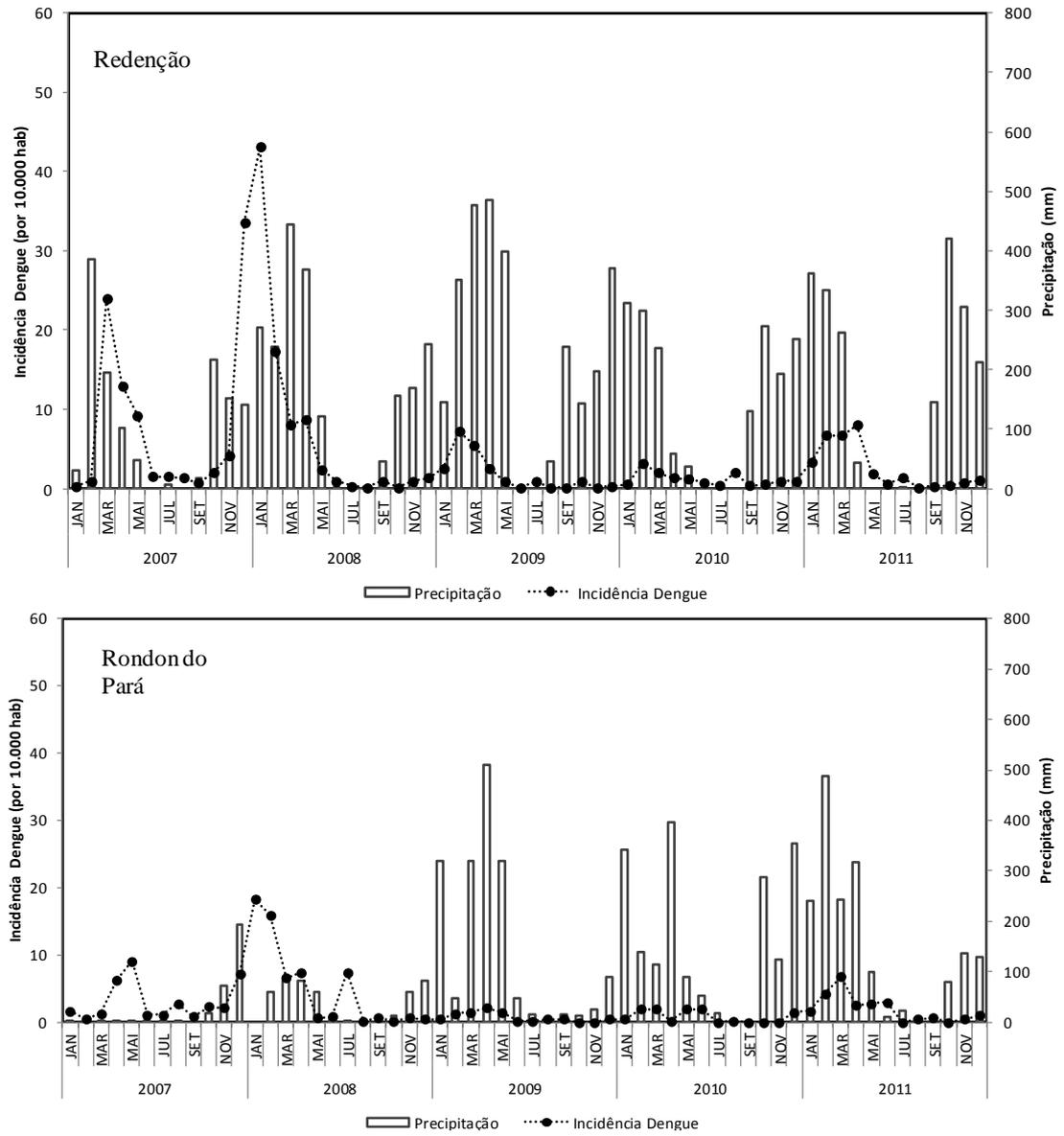


Figura 7b. Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Redenção e Rondon do Pará.

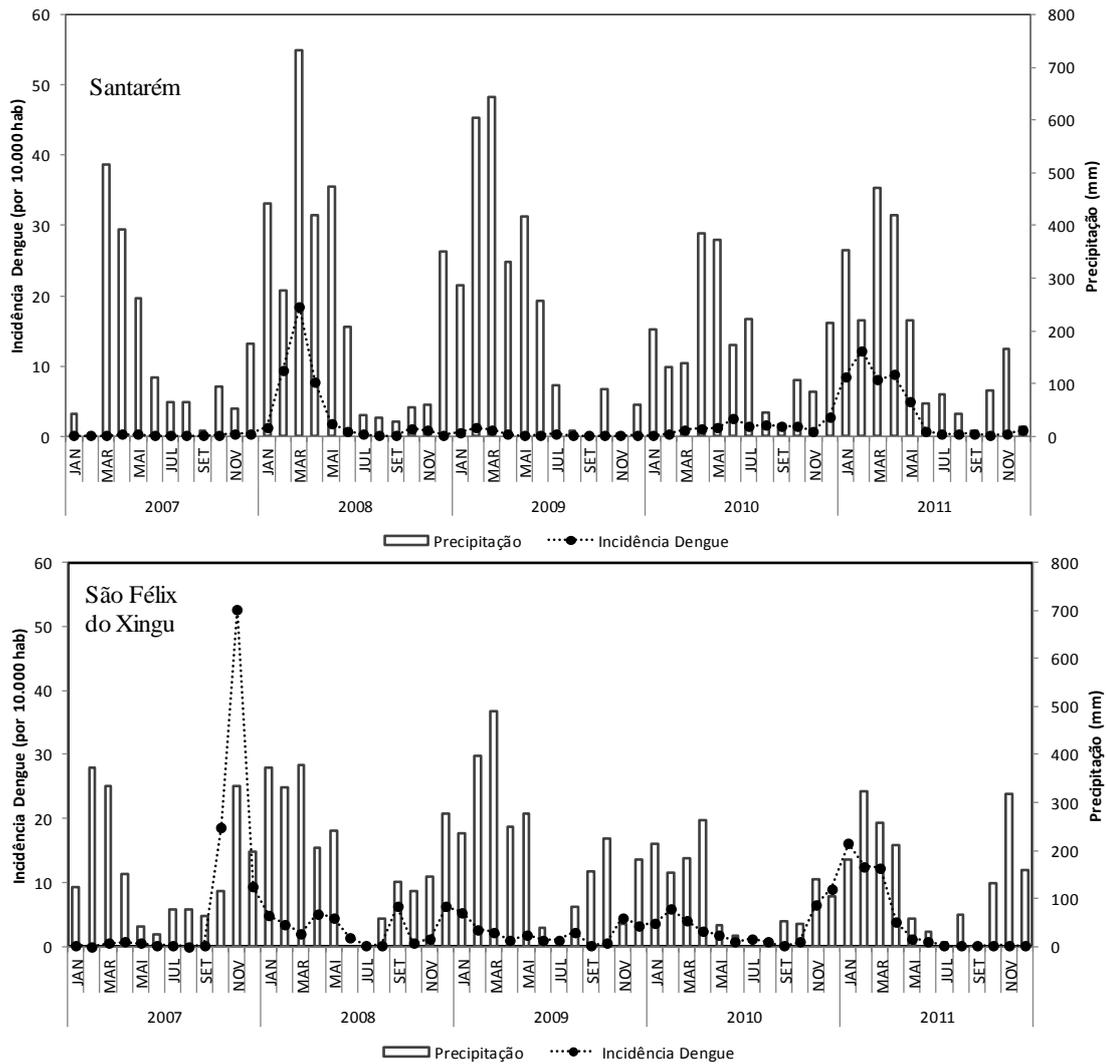


Figura 7c. Média anual do IMD e precipitação para os municípios de Santarém e São Félix do Xingu.

Correlação entre Incidência de Dengue e Precipitação

Analisando a existência de associação entre incidência de Dengue nos municípios e a precipitação pela correlação de Spearman, através da Tabela 2, observou-se que a correlação apresentou-se positiva, mas não houve uniformidade nos anos entre as cidades. Dentre as cidades, Breves não apresentou correlação significativa em nenhum dos anos estudados. Belém, Itaituba e Santarém foram os municípios mais correlacionados com a precipitação anual, apresentando-se moderada e forte em alguns anos (Tabela 2) de análise.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Spearman entre precipitação e incidência de Dengue.

Ano	Belém	Breves	Itaituba	Redenção	Rondon do Pará	Santarém	São Félix do Xingú
2007	0,63*	0,25	0,67*	0,36	-	0,37	0,27
2008	0,75*	0	0,74*	0,76*	0,04	0,78*	0,56
2009	0,80*	0,32	-0,52	0,47	0,69*	0,82*	0,14
2010	0,17	0,39	0,55	0,07	0,14	0,01	0,58*
2011	0,39	0,26	0,68*	0,21	0,53	0,64*	0,61*

*Significativo= $p < 0.05$

DISCUSSÃO

O comportamento plurianual da incidência de dengue nos municípios não foi periódico. Embora haja uma indicação sazonal que poderia caracterizar esse comportamento entre os anos. Isto pode não acontecer devido às particularidades de cada localidade, além do mais, a dinâmica das chuvas possui uma variabilidade interanual influenciada por outros agentes climáticos como os fenômenos El Niño e La Niña que modificam a distribuição da precipitação em várias regiões de formas diferenciadas.

A relação que a precipitação possui sobre a transmissão da dengue é muito complexa e contraditória. Essa contradição estaria no fato de que a chuva pode ser benéfica para reprodução de mosquitos quando moderada, mas pode destruir ou lavar criadouros existentes e interromper o desenvolvimento dos ovos do mosquito quando em excesso²³. Além disso, a chuva pode aumentar sobrevivência de mosquitos adultos, pois também aumenta a umidade relativa. A partir dos nossos resultados foi possível verificar que a distribuição da dengue nos municípios analisados apresentaram diferenciados padrões com relação à variabilidade espacial e temporal da precipitação.

No período de 2007 a 2011, São Félix e Redenção contribuíram para as maiores incidências anuais de dengue, apresentando-se correlacionados com a precipitação em 2008 para Redenção e 2010 a 2011 para São Félix. Esses municípios estão submetidos a diferentes padrões de precipitação anual¹⁴. São Félix do Xingú pertence a uma localidade com médio volume de precipitação, enquanto Redenção está sob o menor regime de precipitação anual no Pará, sugerindo que a precipitação pode não ser determinante para o incremento na incidência de dengue nesses locais, e sim que características específicas locais influem sobre a dinâmica da dengue. Além disso, observou-se que no ano de 2009, em que o volume de precipitação apresentou-se mais elevados, esses dois municípios não apresentaram suas maiores

incidências. Verificou-se também que comparando esses dois municípios, Redenção com o maior volume anual a incidência foi menor que São Félix com precipitação menor.

Em São Félix o início da estação chuvosa pode ocorrer no mês de outubro¹⁴ e conseqüentemente observou-se nos gráficos de incidência mensal que há um início de crescimento da dengue nos meses de outubro e novembro. Indicando que a incidência de dengue comece juntamente com as chuvas.

Em redenção, em dezembro de 2007 houve um surto epidêmico com oito casos de febre hemorrágica, forma mais grave da doença, e quatro casos de óbito de acordo com o Ministério da Saúde. Esse resultado é corroborado com o maior valor de incidência de dengue do ano.

Para os municípios de Redenção, Rondon do Pará e Santarém, no ano de 2008, a incidência de dengue foram os mais elevados da série. Os registros de chuva, desse ano, apresentaram aumento pluviométrico acima da média para Santarém de 259,8 mm. Além disso, há associação positiva entre a precipitação para Santarém com 52% de dependência linear, enquanto para Redenção único ano em que houve associação entre as variáveis com uma dependência geométrica de 40,3%. De acordo com CPTEC/INPE, o ano de 2008 foi de La Niña de intensidade forte, o que poderia justificar o volume de precipitação nesses municípios, já que esse evento altera a formação de nuvens convectivas propiciando o aumento da precipitação na região e assim podendo contribuir para a proliferação da doença, uma vez que condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações atmosféricas e temperaturas elevadas, em geral mostram relação positiva com a transmissão de dengue²⁴.

Em Belém, a precipitação apresentou associação significativa em três períodos 2007 a 2009. Em 2007 ocorreu a maior incidência de dengue da série histórica de Belém em março. Neste ano, no primeiro semestre houve influência de El Niño, mesmo período de incidência, porém a intensidade foi classificada como fraco. Esse fenômeno é uma importante força motriz que regula epidemias de diversas doenças em regiões diversas e o grau do impacto varia de acordo com a intensidade do evento. Contudo, é preciso verificar qual é sua influência na dinâmica dessa endemia no Estado. Além disso, o vetor da dengue pode produzir-se em locais onde há armazenamento de água durante o período de secas²⁵ porque a população tende ao armazenamento de água nesse período. Logo é interessante verificar se os criadouros predominantes são ou não mantidos pelo volume de chuvas em período de El Niño.

Observou-se ainda para Belém, que não houve uma grande variabilidade anual de precipitação. Isso pode ser devido a outros fenômenos meteorológicos atuando, como Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) e Linhas de Instabilidade (Lis)²⁶. Esses fenômenos modulam a precipitação no Estado, entre eles La Niña como ocorrido em 2008. Nesse ano a incidência apresentou diminuição comparada ao ano anterior, mas verificou-se uma dependência linear de 69,8% entre as variáveis, indicando que apesar do índice ser baixo comparado ao ano anterior esse foi influenciado pela precipitação. Além disso, no ano seguinte em que predomina o evento El Niño de fraca intensidade (CPTEC/INPE), verificou-se uma maior associação de dependência exponencial de que 78,8% da incidência de dengue fossem decorrentes do volume precipitação desse ano.

Itaituba apresentou correlação moderada em 2007, 2008 e 2011, sendo o maior valor da série de precipitação anual em 2011 com 2718.9 mm, no entanto quando verificado os valores anuais à incidência foi menor em relação ao ano anterior. Em 2010, observou-se valores altos o ano todo, com picos na estação seca, contudo não foi apresentada associação entre as variáveis. Nesse município as maiores incidências de dengue concentraram-se nos meses de janeiro a março período chuvoso na região. Portanto, o que deve ser considerado nesta relação é a sazonalidade das chuvas, e não o total precipitado anualmente²⁷.

A incidência de dengue no município de Breves foi baixa. Na análise de correlação, constatou-se que não existe associação significativa para o período analisado. Logo, o que pode estar influenciando nos casos nesse município deve ser decorrente das características espaciais do local. As características geográficas associadas a ocupação urbana em Breves favorecem a transmissão de doenças, principalmente aquelas associadas à proliferação de vetores²⁸.

A análise da distribuição da incidência da dengue apresentou resultados diferentes quanto a componente espacial e temporal. No que se refere à distribuição espacial o resultado encontrado mostrou que não há influência da precipitação nos municípios, portanto a localização dos municípios em diferentes volumes de precipitação não apresentam significância e que a incidência espacial pode estar associada a outros fatores. Já com relação à distribuição temporal, encontraram-se resultados diferentes entre as cidades. Conforme verificado nos resultados a variabilidade temporal da precipitação influência de modo heterogêneo a incidência da dengue nos municípios.

Nesse estudo abordou-se somente um dos fatores que podem explicar a distribuição de dengue no Estado do Pará. Essa doença é multidimensional, resultante de vários fatores que contribuem para a proliferação da doença como: coleta de lixo deficiente, densidade populacional alta, habitações sem água encanada e com recipientes inadequados de armazenamento e condições socioeconômicas precárias, logo a variável utilizada neste estudo

não explica totalmente a heterogeneidade espacial da dengue. No entanto, o resultado é importante na detecção e elaboração de estratégias de controle da dengue em municípios que apresente características semelhantes.

CONCLUSÃO

A influência da precipitação sobre os casos de dengue foi verificada com considerável associação. Contudo a variável utilizada não explica totalmente a heterogeneidade espacial, uma vez que a incidência desta doença é resultado da combinação de vários fatores que contribuem para sua proliferação.

Observou-se que durante a estação chuvosa na região (dezembro a maio) período que apresenta maiores totais pluviais na maioria das cidades, a incidência de dengue apresentou-se mais elevada, quando comparada ao período seco, verificou-se assim a sazonalidade da doença, ou seja, há o favorecimento do aumento da incidência a partir do início da estação chuvosa. No entanto, os casos que foram confirmados no período seco, podem ser decorrentes do acúmulo de água em recipientes artificiais nos domicílios urbanos, que servem como criadouros ao mosquito.

Embora haja limitações neste estudo, principalmente no que se refere a uma única variável explicativa, visto que é uma doença multifatorial, esta informação reflete a importância de estudos adicionais para a compreensão da dengue no Estado principalmente no que se refere à prevenção e mitigação dos efeitos da precipitação na epidemiologia da dengue.

AGRADECIMENTOS

A Secretaria Estadual de Saúde do Pará - SESPA pelos dados de dengue fornecidos. Ao INMET e ANA pelos dados de precipitação dos municípios e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

- 1 World Health Organization – WHO: 2012. Dengue. 2012. Disponível em:< <http://www.who.int/denguecontrol/en/index.html>>. Acesso em: 05 novembro 2012.
- 2 Consoli, R. A. G. B.; Oliveira, R. L.. Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.
- 3 Martín, J. L. S.; Brathwaite, O.; Zambrano, B.; Solórzano, J. O.; Bouckenooghe, A.; Dayan, G. H.; Guzman, M. The Epidemiology of Dengue in the Americas over the Last Three Decades: A Worrying Reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, v. 82, n. 1, p. 128-135, 2010.
- 4 Lima-Camara, T.M.; Honório, N.A.; Lourenço-de-Oliveira, R. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Díptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos Saúde Pública*, v. 22, p. 2079-2084, 2006.
- 5 Travassos da Rosa, A.P.A.; Vasconcelos, P. F.C.; Travassos da Rosa, E. S.; Rodrigues, S. G.; Mondet, B.; Cruz, A. C.R.; Sousa, M. R.; Travassos da Rosa, J. F.S. Dengue Epidemic in Belém, Pará, Brazil, 1996–97. *Emerging Infectious Diseases*, v. 6, n. 3, 2000.
- 6 Glasser, C. M.; Gomes, A. C. 2002. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. *Revista de Saúde Pública* 36 (2):166-172.
- 7 Wua, Pei-Chih; Layb, Jinn-Guey; Guoc, How-Ran; Lind, Chuan-Yao; Lungd, Shih-Chun; Suc, Huey-Jen. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the Total Environment*, v 407, p. 2224-2233, 2009.
- 8 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 20 dezembro, 2012.
- 9 Parente, A. T.; Souza, E. B.; Ribeiro, J. B. M. A ocorrência de malária em quatro municípios do estado do Pará, de 1988 a 2005, e sua relação com o desmatamento. *Acta Amazonica*, vol. 42: 41 – 48, 2012.
- 10 Albuquerque, M. F.; de Souza, E. B.; de Oliveira, M. C. F.; Souza e Souza, P.F.; Souza Júnior, J. A.; Barros, A. N. F. Distribuição Espacial da Precipitação Climatológica nas Mesorregiões do Estado do Pará, nas Últimas Décadas (1978- 2008). In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 16, Belém-PA, Anais. Belém-PA: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.
- 11 Melo, A. B. C.; Cavalcanti, I. F. A.; Souza, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Cavalcanti et al (Organizadores). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.
- 12 Carvalho, L. M. V.; Jones, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: Cavalcanti et al (Organizadores). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.
- 13 Rocha, E. J. P.; Souza, E. B.; Santos, F. A. A.; Lopes, M. N.; Santos, D. M.; Rolim, P. A. M.; Neto, B. S.; Maia, I. F. Zoneamento Climático: relatório preliminar ZEE-PA. BELÉM: SIPAM, 2009. 31p.

- 14 Moraes, B. C.; Costa, J. M. N.; Costa, A. C. L.; Costa, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica* 35:207 – 214, 2005.
- 15 Câmara, F. P.; Gomes, A. F.; Santos, G. T.; Câmara, D. C. P. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 42(2):137-140, 2009.
- 16 Lowe, R.; Bailey, T. C.; Stephenson, D. B.; Graham, R.J.; Coelho, C. A. S.; Carvalho, M. S.; Barcellos, C. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers and Geosciences* (2010), doi:10.1016/j.cageo.2010.01.008.
- 17 Watts, D.M.; Burke, D.S.; Harrison, B.A.; Whitmire, R.E.; Nisalak, A. Effect of Temperature on the Vector Efficiency of *Aedes aegypti* for Dengue 2 Virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 36, p.143-152, 1987.
- 18 Schreiber, K. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *Int. J. Biometeorol.*, v. 45, p. 81-89, 2001.
- 19 Leotti, V. B., Birck, A. R. e Riboldi, J., Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. In: XI Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO). Anais da 50ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS), 2005, Londrina.
- 20 Ayres, M.; Jr, M. A.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. BioEstat 5.0. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM/MCT/CNPq. 364P. 2007.
- 21 Confalonieri, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Fundação Oswaldo Cruz, 2003.
- 22 Souza, I. C. A.; Vianna, R. P. T.; Moraes, R. M. Modelagem da incidência do dengue na Paraíba, Brasil, por modelos de defasagem distribuída. [Cadernos de Saúde Pública](#), vol.23, 2007.
- 23 Wongkoon, S.; Jaroensutasinee, M; Jaroensutasinee, K. Climatic variability and dengue virus transmission in Chiang Rai, Thailand. *Biomedica* Vol. 27 (Jan. - Jun. 2011).
- 24 Ribeiro AF, Marques G, Voltolini JC, Condino MLF. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Rev Saúde Pública* 2006; 40:671-6.
- 25 Tipayamongkholgul, M.; Fang, C. T.; Klinchan, S.; Liu, C. M.; King, C. C. Effects of the El Niño-Southern Oscillation on dengue epidemics in Thailand, 1996-2005. *BMC Public Health*, v. 9, n. 422, 2009.
- 26 Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Clima da Região Amazônica. In: Cavalcanti et al (Organizadores). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.

27 Paula, E. V. Dengue: Uma análise climato-geográfica de sua manifestação no Estado do Paraná (1993-2003)[Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2005.

28 Xisto, I. S.; Oliveira Filho, A. B.; Oliveira, G. C. S. Condições ambientais associadas à saúde humana na área urbana do município de Breves, Ilha do Marajó-PA. In: Encontro Nacional da ANPPAS, Belém – PA, Anais. 2012.

CAPÍTULO II

Correlação espaço-temporal dos casos autóctones de malária e precipitação no Estado do Pará*

Jéssica Ariana de Jesus CORRÊA^{1*}, Antônio Carlos Lôla da COSTA².

1 Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - Universidade Federal do Oeste do Pará - Rua Vera Paz, S/N, 68040-250, Santarém – PA, Brasil.
jehssicorrea@yahoo.com.br*

2 Universidade Federal do Pará – Avenida Augusto Correa s/n, Guamá, 66075-110 – Belém-PA, Brasil

* Capítulo escrito de acordo com as normas da revista Acta Amazonica.

Correlação espaço-temporal dos casos autóctones de malária e precipitação no Estado do Pará

RESUMO

A malária é uma doença infecciosa transmitida por mosquitos infectados por protozoários do gênero *Plasmodium* e tem sido uma das doenças mais graves entre as doenças transmissíveis. A dinâmica da precipitação sobre os habitats dos vetores da malária é complexa na região Amazônica devido principalmente a configuração espacial da região. Nesse contexto, nesse estudo analisou-se a relação existente entre a incidência de malária e a precipitação em sete municípios do Estado do Pará, no período de 2003 a 2011. Análise de correlação de Spearman apresentou associação da precipitação com a incidência de malária, mas em anos diferentes, em seis dos sete municípios, sendo o município de Breves o mais correlacionado em anos diferentes. Verificou-se que nesses municípios os maiores casos de malária foram registrados no período seco.

Palavras-Chave: Malária, chuva, sazonalidade.

SUMMARY

Malaria is an infectious disease transmitted by mosquitoes infected by protozoa of the genus *Plasmodium* and has been one of the most serious diseases from communicable diseases. The dynamics of precipitation over the habitats of malaria vectors in the Amazon region is complex due mainly to the spatial configuration of the region. In this context, this study analyzed the relationship between the incidence of malaria and rainfall in seven municipalities in the state of Pará, in the period from 2003 to 2011. Spearman correlation analysis showed an association of precipitation with the incidence of malaria, but in different years, in six of the seven municipalities, the municipality of Breves the most correlated in different years. It was found that these municipalities the highest cases of malaria were recorded in the dry season.

Keywords: Malaria, rainfall, seasonality

INTRODUÇÃO

A malária é uma doença infecciosa transmitida ao homem através de mosquitos infectados por protozoários do gênero *Plasmodium* e tem sido uma das doenças mais graves entre as doenças transmissíveis. Ao lado da tuberculose e AIDS, têm sido um dos flagelos da humanidade. Atingindo aproximadamente 500 milhões de pessoas no mundo por ano, resultando na morte de um milhão de crianças por ano na África sub-saariana (Castro e Singer, 2007, Lewison e Srivastava, 2008; WHO, 2011). Esta doença já foi generalizada no mundo, contudo, atualmente a transmissão é restrita na América Latina, Ásia e África (PAHO, 2010).

No Brasil, a transmissão de malária está concentrada na Amazônia Legal, onde são registrados cerca de 99,5% do total dos casos (SVS, 2009). Embora existam áreas de transmissão de malária fora da Amazônia, estas são muito pequenas e respondem por apenas 0,3% dos casos do país. Rondônia, Pará e Amazonas na última década representaram aproximadamente 78,57% dos casos na Amazonia Legal (PAHO, 2010).

Na região amazônica, a existência simultânea de fatores que contribuem para a infecção da malária são os principais responsáveis pela sua ampla difusão e seu difícil controle na região, dentre eles pode-se citar a intensa dinâmica populacional, projetos grandes minero-metalúrgicos e hidrelétricos, além disso, a existência de condições ambientais e a extensão de ambientes aquáticos (rios, lagos, planícies inundáveis) que, na Amazônia brasileira é grande, são favoráveis à proliferação do vetor anofeles (Confalonieri, 2005; PAHO, 2010). Historicamente, os picos de malária têm sido determinados por movimentos migratórios principalmente a partir da década de 1970 incentivados pelo Governo Federal.

Dentre os estados da Amazônia brasileira, o Pará tem contribuído com uma parcela muito importante da incidência de malária. Cordeiro et al (2002) descreveu o perfil epidemiológico no período de 1989-1999, onde observou o comportamento crescente de malária no Pará naquela década. Além disso, foi observado que a distribuição no Estado não se transmite com igual intensidade e rapidez, existindo áreas em que a intensidade da transmissão é mais significativa. Entre o período de 2000 a 2006 constatou-se uma redução dos casos registrados com redução dos municípios com Incidência Parasitária Anual (IPA) alto e aumento do número de municípios com IPA baixo e médio atribuindo isso como reflexo das ações governamentais de controle e prevenção à malária na região (Oliveira-Filho e Martinelli, 2009).

A transmissão e a prevalência da malária são influenciadas por vários fatores, entre eles, os fatores climáticos são considerados por desempenhar um papel importante. O clima

afeta a incidência da malária principalmente através de seus efeitos sobre a ecologia e o comportamento dos vetores, bem como sobre o seu ambiente. Assim, a distribuição e o padrão epidemiológico da malária em determinada região será em resposta do impacto que os fatores meteorológicos, particularmente temperatura e precipitação, exercem na dinâmica e comportamento do vetor e no desenvolvimento do parasita no interior do mosquito.

De modo geral, sabe-se que o clima está correlacionado com as mudanças ocorridas na incidência da malária como mostram diversas pesquisas realizadas nessa área (Reiter, 2001, Impoinvil et al., 2007; Parente, 2007; Briët et al., 2008; Wolfart, 2011). Contudo, a relação da chuva com essa endemia ainda é muito complexa, principalmente quando se trata do impacto na abundância e sobrevivência de mosquitos vetores. Além disso, a relação encontrada é frequentemente não linear, sendo explicada pela incerteza do impacto das chuvas sobre os criadouros, principalmente quando em excesso (Najera et al., 1998). Craig et al., (1999) afirma que essa relação deve ser estudada onde a temperatura do ar não é um fator limitante, a exemplo da região Amazônica que possui pouca variação de temperatura do ar, mas alta variabilidade pluviométrica ao longo de sua extensão.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a incidência da malária em sete municípios do Estado do Pará no período de 2003-2011 e verificar suas possíveis relações com a quantidade de precipitação pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Estado do Pará ocupa uma área de 1.247.954,666 Km², correspondente a 14,66% do território do país, sendo o segundo maior Estado do país. De acordo com o último censo, a população é 7.581.051 habitantes, com uma densidade demográfica de 6,07 hab/km². Conta atualmente com 144 municípios, distribuídos em seis mesorregiões e vinte e duas microrregiões (IBGE, 2012).

O clima do Estado, quente e úmido, é devido estar localizado na faixa equatorial com temperatura média anual variando entre 22 °C a 32 °C e precipitação pluviométrica entre 1300 e 3500 mm (Parente et al., 2012). A precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade na região. Além disso, a maioria dessa chuva ocorre entre as estações de verão e outono (Albuquerque et al., 2010), sendo devidas principalmente a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A sazonalidade é caracterizada por uma estação seca que corresponde geralmente ao período de junho a novembro e outra chuvosa, que na maioria das localidades, compreende os meses de dezembro a maio. De acordo com Rocha et al. (2009), a região mais chuvosa do Estado, com valores anuais de 2.500 e 3.100 mm, é a Nordeste, incluindo a ilha de Marajó, enquanto que a menos chuvosa, com valores entre 1700 e 2.100mm, é a região Sudeste, abrangendo Paragominas até conceição do Araguaia. Esses valores estão condizentes com os trabalhos realizados por Moraes et al., (2005) e Albuquerque et al., (2010).

A característica climática do Estado do Pará propícia a distribuição e transmissão da malária. Nesse contexto, a precipitação por apresentar maior variabilidade espaço-temporal em relação à temperatura do ar, que oscila em uma faixa estreita, foi utilizada como variável que poderia explicar a variabilidade da incidência no estado, além de que para os municípios investigados a temperatura do ar (média variando entre 25 e 30 graus Celsius) está dentro da faixa apropriada para a reprodução de vetores, desenvolvimento do parasita e inoculação aos hospedeiros humanos (Stresman, 2010). Além disso, a influência sobre a incidência da malária ainda não é bem esclarecida devido principalmente às características de cada localidade. Segundo Olson et al., (2009) a precipitação conduz ao risco da malária, mas pode variar ao longo da bacia Amazônica devido as áreas geográficas.

Neste estudo foram selecionados sete municípios (Figura 1) representativos de diferentes regiões quanto ao volume de precipitação anual conforme Rocha et al., (2009): Belém (2700-2900 mm), Breves (2500-2700 mm), Itaituba (2100-2300 mm), Santarém e São Félix do Xingu (1900-2100 mm), Redenção e Rondon do Pará (1700-1900). Além disso, a existência de banco de dados de precipitação e de casos notificados de malária para cada localidade correspondente ao período de 2003 a 2011 foram requisitos para a escolha dos municípios utilizados nessa pesquisa.

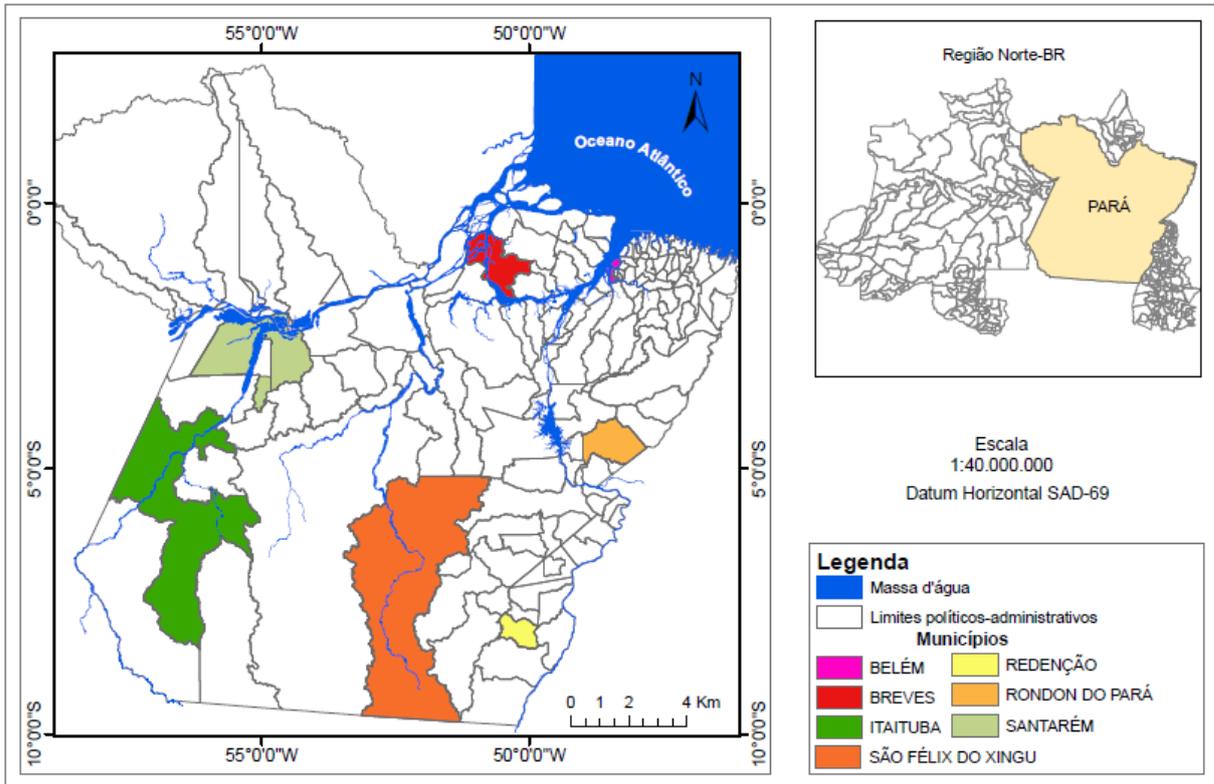


Figura 1. - Localização dos municípios no Estado.

Dados de Malária e Precipitação

Os dados mensais de malária foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados do Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica-Malária SIVEP. São dados mensais notificados por município referentes ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2011. Ressalva-se que para Rondon do Pará e São Félix do Xingu no ano de 2006 e 2003, respectivamente, não constava a informação de precipitação no banco de dados para esses anos.

Utilizaram-se dados autóctones para o cálculo do (IPA) de cada município através da razão entre o número de casos notificados e a população do mesmo por 1000 habitantes, no respectivo período. Essa população que participa como variável no cálculo foi obtida no setor de epidemiologia da SESPA. O IPA corresponde ao risco que uma determinada área possui de transmissão, sendo classificada em: alto risco ($IPA > 49,9/1000$ hab.), médio risco ($49,9 > IPA > 10/1000$ hab.), baixo risco ($9,9 > IPA > 0,1/1000$ hab.), Área sem risco ($IPA = 0$) (Ministério da Saúde, 2005).

Já os dados de precipitação totais mensais são provenientes de estações localizadas nos sete municípios do período de 2003 a 2011. Essas estações pertencem a Agência Nacional das Águas (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Métodos Estatísticos

As séries de incidência de malária e precipitação foram testadas para a normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk que se baseia nos valores amostrais ordenados elevados ao quadrado (Leotti et al., 2005). Essa verificação é decisiva para a aplicação ou não de técnicas inferenciais paramétricas com base na distribuição normal. Devido a não normalidade do banco de dados da maioria das cidades optou-se por uma metodologia não paramétrica.

Análise de Correlação de Spearman (R_s) foi realizada para verificar o grau de associação entre a Incidência Parasitária Mensal e a precipitação. Esse coeficiente foi utilizado devido a não normalidade dos dados de incidência de malária. Este coeficiente não mostra, necessariamente, uma tendência linear e não exige que os dados provenham de duas populações normais.

Utilizou-se análise de variância para testar a diferença entre os valores de IPA entre os municípios pelo teste de Kruskal-Wallis. Posteriormente, analisou-se entre quais fatores ocorreram às diferenças significativas pelo método de Dunn (Ayres et al., 2007).

Para realizar a análise de regressão linear seria necessário que a variável dependente seguisse o pressuposto de distribuição normal. Neste caso optou-se por realizar o teste de ajustamento de curvas para verificar se as variáveis se relacionavam linearmente ou não. Uma das vantagens de se obter uma curva que se ajusta adequadamente é a possibilidade de prever os valores da função (variável dependente) para valores da variável explicativa que estão fora do intervalo fornecido, assim é possível determinar a relação de dependência entre duas variáveis.

Os dados foram analisados no programa estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007), software gratuito, para aplicações estatísticas. Além disso, considerou-se uma probabilidade de erro menor ou igual a 5% (p -valor $\leq 0,05$) de intervalo de confiabilidade.

Considerações éticas

Este trabalho trata-se de uma análise de dados secundários, nos quais não consta nome, sexo, idade, estado civil, bem como outras informações do estado da saúde das pessoas que foram acometidas pela doença. Dessa forma, não há implicações éticas pelo fato dos dados analisados terem sido obtidos de fonte de domínio público.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do perfil de Incidência Parasitária Anual (IPA) das 7 cidades (Figura 2a), observou-se que Itaituba esteve no período estudado com IPA acima de 50 sendo classificado como de alto risco de transmissão. Em Breves houve uma variação entre os anos nos valores de IPA com risco de transmissão entre baixo, médio e alto. São Félix apresentou pequena variação com valores de IPA estando no período analisado na classe de baixo risco. Belém e Redenção IPA próximos à zero, e juntamente com Santarém e Rondon classificados em baixo risco. Assim, verificou-se que houve uma distribuição heterogênea entre os municípios em maior e menor risco na série estudada.

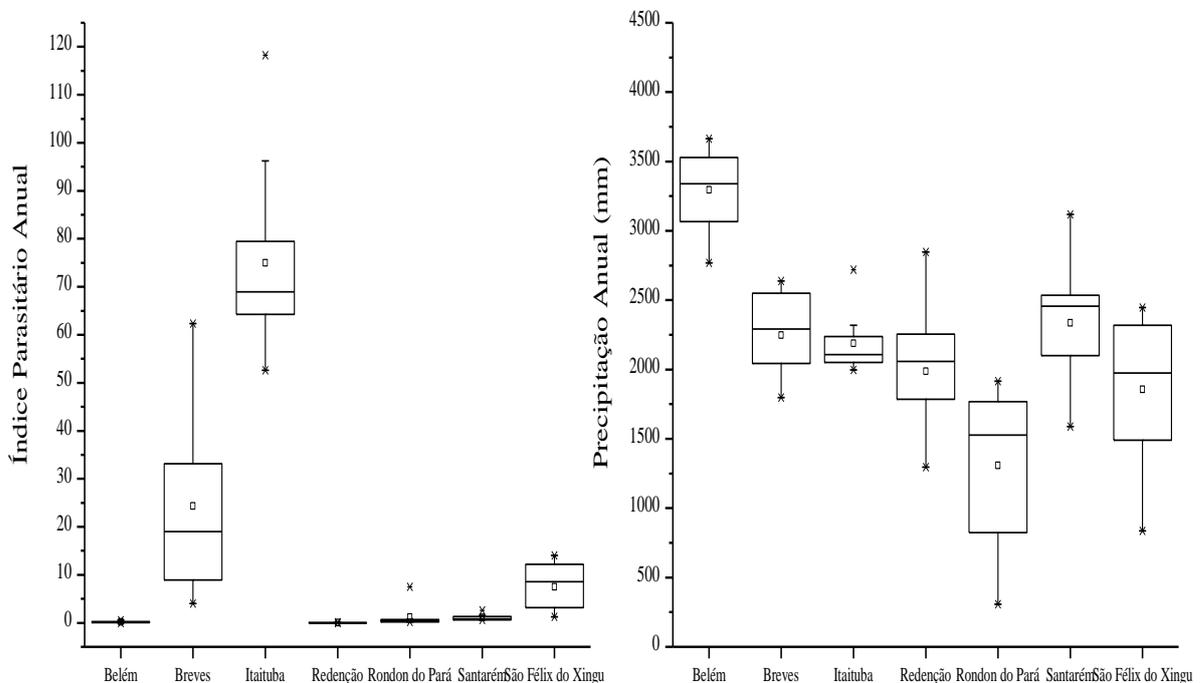


Figura 2 – Séries históricas dos dados anuais de malária dos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu: a) IPA, b) Precipitação.

A precipitação anual no Estado não apresentou padrão homogêneo, como mostra a Figura 2b para os sete municípios, com volumes acima de 3000 mm para Belém e até 1000 mm para Rondon do Pará. Além disso, o comportamento médio da precipitação está dentro dos valores da faixa climatológica prevista por Moraes et al., (2005) para Belém, Itaituba e Rondon do Pará, enquanto nas demais localidades ficaram com valores aproximados.

A análise de variância $H= 56,85$ mostrou um resultado significativo ($p < 0,05$) de que os valores de IPA são diferentes entre os municípios. Além disso, não houve diferença significativa entre os municípios classificados com o mesmo valor de precipitação.

As médias mensais de malária apresentaram uma periodicidade para a maioria das cidades, com acentuada Incidência Parasitária Mensal (IPM) a partir do mês de junho a dezembro (Figura 3), coincidindo com o período sazonal da doença na região (Neto, 2005). Itaituba, Santarém e São Félix do Xingu apresentaram uma sazonalidade acentuada com incremento a partir do mês de junho correspondente a estação seca. Em breves, ocorreram dois picos de malária, um no período chuvoso e outro no seco sugerindo que há um favorecimento mesmo no período em que deveriam ocorrer os menores casos.

Nas séries de precipitação existe uma periodicidade com volumes de chuva intensificados nos meses de janeiro a março na maioria das localidades, atingindo seu mínimo nos meses de junho a setembro (Figura 3).

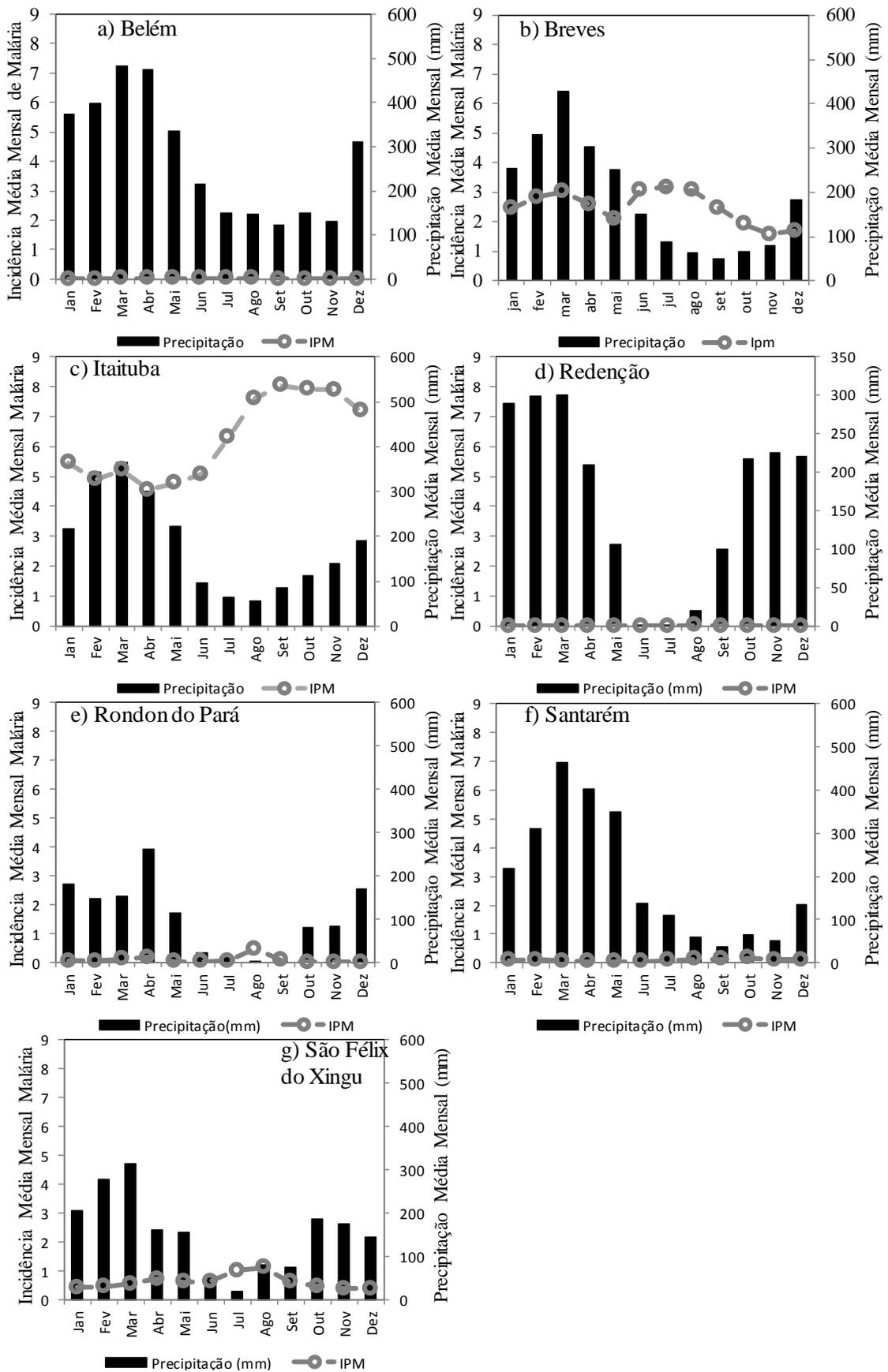


Figura 3 – Série histórica de médias mensais de IPM e Precipitação para os municípios de Belém (a), Breves (b), Itaituba (c), Redenção (d), Rondon do Pará (e), Santarém (f) e São Félix do Xingu (g).

De acordo com Assis et al., (2008) e Barcellos et al., (2009) as flutuações sazonais produzem um efeito na dinâmica das doenças vetoriais, como por exemplo, a maior incidência da malária na Amazônia durante o período de estiagem. Durante essa estação o nível d'água dos rios torna-se favorável à procriação da espécie, pois é necessário um criadouro estabilizado para que elas se desenvolvam. Além disso, na estação chuvosa, o meio torna-se desfavorável à proliferação do mosquito pelo grande escoamento superficial que carrega as larvas dos insetos para fora dos criadouros, inviabilizando-as (Confalonieri, 2003).

Observou-se na Figura 4, o comportamento interanual da malária e precipitação para Belém, Breves e Itaituba. Em Belém (Figura 4a), verificou-se que a incidência dos casos autóctones tem diminuído, esse comportamento é verificado nas capitais dos Estados da Amazônia, em que esses casos ocorrem principalmente em regiões periurbanas (Saraiva et al., 2009; Santos e Silva, 2011). Renault et al., 2007, verificou que a maioria dos casos registrados em Belém foram alóctones e que os casos autóctones na periferia poderiam ser decorrentes do processo de urbanização que contribuiu para o incremento do número de criadouros de vetores e possibilitou maior exposição à infecção.

Em Breves e Itaituba verificou-se a partir de 2009 que a incidência aumentou em relação aos anos anteriores. Além disso, percebeu-se que a precipitação e a incidência de malária têm fases opostas, apresentando maiores índices de malária quando as chuvas foram menores, enquanto que no período de maior precipitação a incidência diminuiu.

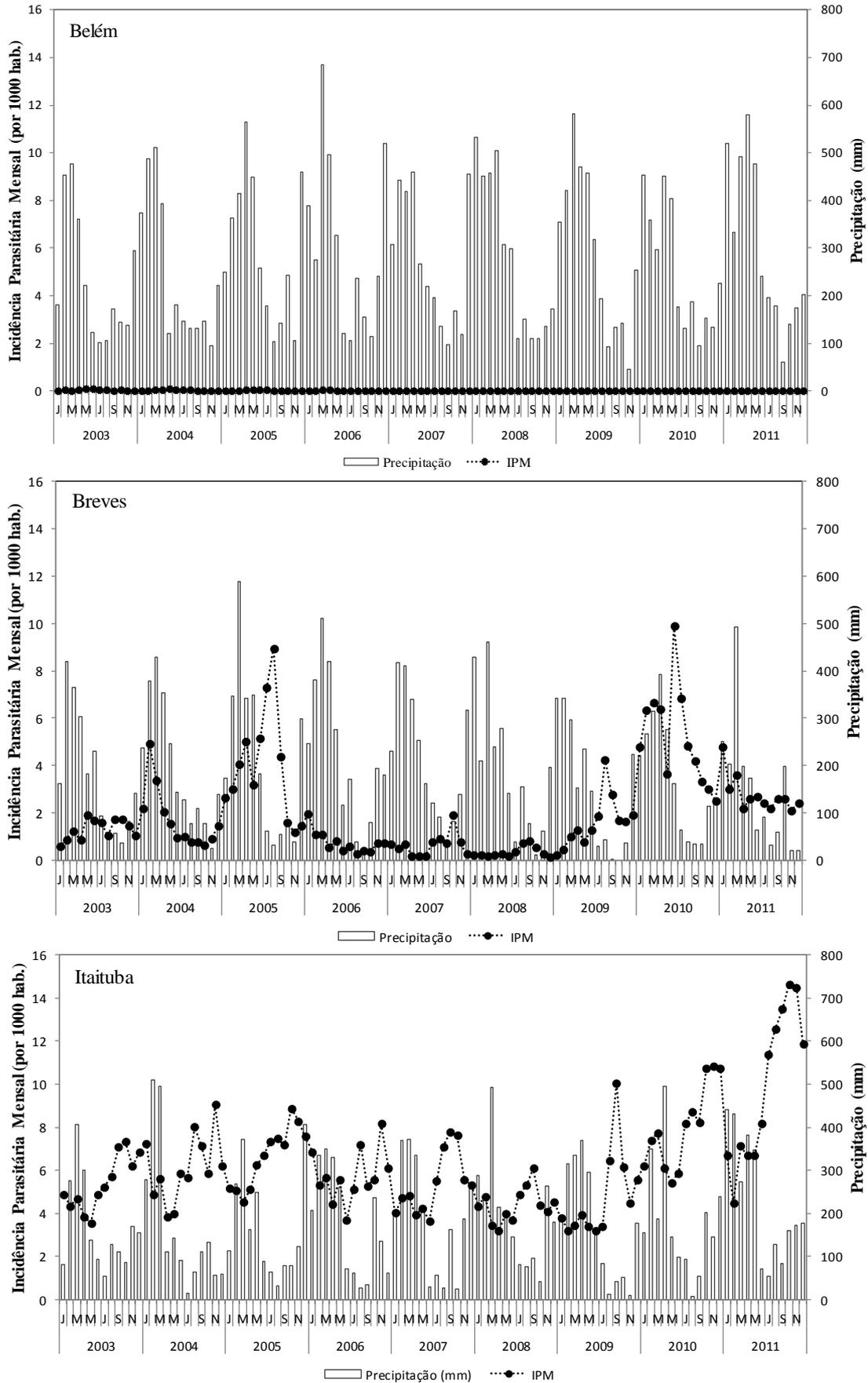


Figura 4 – Série da incidência mensal de malária e precipitação para os municípios de Belém (a), Breves (b), Itaituba(c).

Em Santarém a incidência máxima da série de malária ocorreu em outubro de 2008, ano em que ocorreu precipitação acima da média (Figura 5 a), além disso, observou-se que a incidência da malária ocorreu em fase oposta a precipitação. Já em São Félix do Xingu, a maior incidência de malária da série ocorreu em agosto de 2006 enquanto que a máxima de precipitação em 2009. Em São Félix do Xingu a incidência apresentou-se baixa quando o volume de precipitação foi maior e elevou-se quando a chuva diminuiu (Figura 5b).

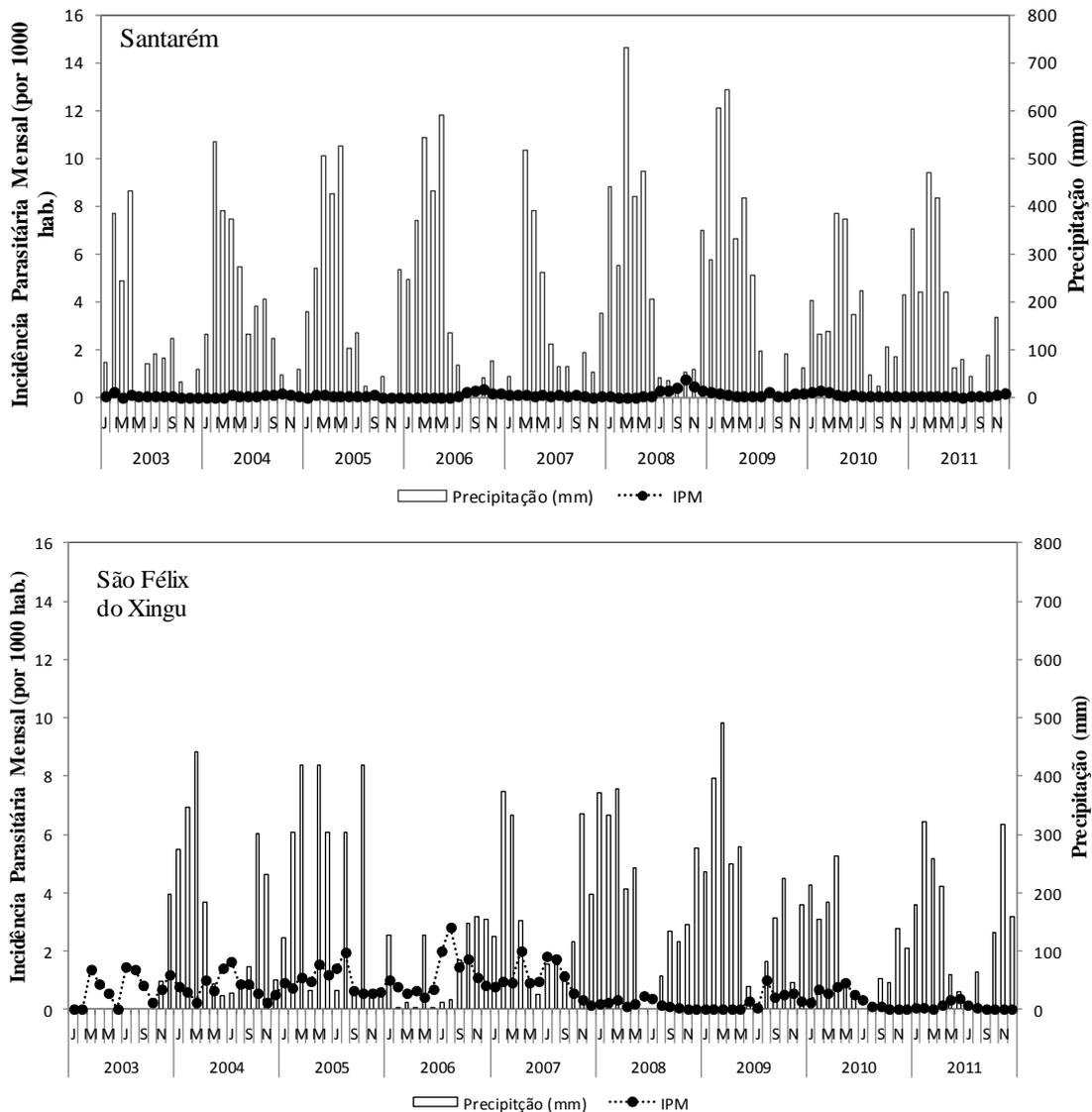


Figura 5 – Série da incidência mensal de malária e precipitação para os municípios de Santarém (a) e São Félix do Xingu (b).

A incidência da malária na Amazônia Brasileira está associada a diversos fatores entre os quais a variabilidade da precipitação é um importante contribuinte para a transmissão devido a seu impacto nos habitats do Anófeles, vetor dessa endemia, tais como rios, igarapés, epífitas, etc.. Além disso, essa região possui diversidade de ecossistemas que são favoráveis à

reprodução do vetor e a forma como a precipitação atua nesses ambientes amplia as possibilidades das relações existentes.

A tabela 1, mostra a correlação entre a precipitação e malária nos 7 municípios do Estado do Pará. Essas correlações são percebidas praticamente em todos os anos, sendo os municípios de Breves e Santarém os mais correlacionados significativamente em anos diferentes. De acordo com Olson et al., (2009) o sinal da associação muda dependendo da região e está relacionada à extensão das águas na Bacia Amazônica.

Tabela 1. Tabela estatística da associação entre a malária com a precipitação.

Ano	Belém	Breves	Itaituba	Redenção	Rondon do Pará	Santarém	São Félix do Xingú
2003	-0,29	-0,36	-0,42	-0,01	0,2	0,66*	-
2004	-0,15	0,89*	-0,47	-0,22	-0,01	-0,52	-0,68*
2005	0,32	-0,13	-0,43	-0,46	-0,62*	0,26	0,29
2006	0,28	0,76*	-0,10	-	-	-0,82*	0,28
2007	0,01	-0,64*	-0,45	-	-0,46	-0,29	-0,31
2008	0,07	-0,54	-0,56	-	-0,04	-0,76*	-0,09
2009	0,09	-0,77*	-0,56	-	0,17	-0,07	-0,67*
2010	-0,58*	0,32	-0,14	-	-0,15	0,44	0,21
2011	0,40	0,68*	-0,69*	-	-0,23	0,06	-0,39

*Significativo= $p < 0.05$

Seis dos sete municípios, em pelo menos um dos anos, apresentou correlação estatisticamente significativa com a precipitação indicando que a variabilidade interanual da precipitação atua de forma diferenciada na dinâmica da malária nesses municípios. Resultado similar foi encontrado por Wolfarth (2011) que correlacionou os casos de malária em quatro municípios do Estado do Amazonas, encontrando em pelo menos um ano associação com a precipitação.

Essa heterogeneidade temporal pode está associada às flutuações dos eventos climáticos responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação como ENOS (El Niño-Oscilação Sul) que modifica o volume da precipitação em cada região de forma diferenciada e consequentemente modifica a dinâmica de doenças vetoriais. Mantilla et al., (2009) encontrou diferenciações regionais na função do ENOS nas mudanças dos casos anuais de malária na Colômbia. A mudança de um grau Celsius na Temperatura de Superfície do Mar (TSM) contribui para um aumento aproximado de 20% nos casos de malária.

No que se refere aos ENOS, nesse trabalho, observou-se que no ano de influência de El Niño de intensidade moderada, 2003, os municípios não apresentaram valores elevados da série. Ressalta-se que para Santarém, houve correlação significativa da incidência, que pode

ser explicável, visto que o volume de precipitação anual ocorreu abaixo da média com 1,588 mm, fato este não encontrado nos demais municípios, que pode ter favorecido os componentes ecológico, biológico e entomológico dessa doença. Em contrapartida, no ano de La Niña, 2008, valores baixos de IPA foram reportados em Itaituba e Breves. Esse fenômeno intensifica a precipitação na região (Mourão et al., 2010) e assim, os valores de incidência podem diminuir devido ao impacto nos criadouros. Ressaltando, que em Santarém nesse ano ocorreu seu IPA máximo e precipitação acima da média 259 mm, resultado este verificado na correlação ($r_s = -0,76$) e no coeficiente de determinação ($R^2 = 69,4\%$) indicando assim outra interação desses fatores quando comparado com a literatura. Em Breves, a precipitação ocorreu abaixo da média (volume = 1798,4 mm) e talvez isso tenha influenciado nos valores de IPA com associação positiva ($r_s = 0,68$).

A heterogeneidade espacial pode ser explicada pela dinâmica de criadouros locais devido à presença ou ausência de ambientes inundáveis temporários ou permanentes como rios, lagos, etc. em cada município. Por exemplo, Breves, município situado na região de grande volume de precipitação, em torno de 2500 a 2700 mm anuais, também está inserida em uma área formada por um mosaico composto de terra firme, pequenos igarapés e áreas de brejos que propicia a sobrevivência de vetores todos os meses do ano. Essa composição da paisagem poderia explicar os altos valores de IPA dos municípios localizados na mesorregião de Marajó. Por outro lado, Itaituba com altos valores de IPA no período 2003-2011, apresentou somente um ano correlacionado com a precipitação, indicando que outros fatores são mais determinantes na incidência interanual. Além disso, em Itaituba as áreas de Garimpo são os principais locais responsáveis pela transmissão da malária (SESPA, 2011), sendo assim seus IPA devem estar mais associados a essa característica, assim, podendo considerar a precipitação como desencadeadora, mas não fator determinante na incidência.

A precipitação atua como limitante da malária em regiões de planaltos em que a relação mais precipitação é igual a mais/menos malária (Olson et al., 2009), a exemplo o município de Santarém, que nos anos de precipitação anual abaixo da média, tais como, 2003 (1588 mm) e 2007 (1787,3 mm), baixos valores de IPA foram registrados. No caso de precipitações muito acima da média, alta incidência. Além disso, de acordo com a SESPA-9º regional, os maiores casos registrados vêm acontecendo nas comunidades que ficam próximas à hidrelétrica de Curuá-Una, dessa forma corroborando com o autor citado acima.

Em uma análise todos os anos, Santarém foi o município que apresentou correlação significativa com associação média de 0,59 indicando que neste município a precipitação influencia a incidência da malária sendo responsável por 52,8% de determinação dos casos.

Nesse município o IPA está classificado como baixo, mas esse resultado mostra a importância do entendimento da influência dessa variável sobre essa endemia nesta localidade.

Esses resultados mostram a importância da compreensão dos fatores meteorológicos na incidência da malária, contudo, é importante ressaltar que essa doença é multifatorial que atuam concomitante para que permaneça endêmica, ou até apareçam surtos epidêmicos. Nesse contexto os municípios situados na região amazônica possuem diversidades ecológicas, demográficas, sociais e ambientais que contribuem para sua prevalência. Além disso, nessa região a atividade antrópica apresentou intensificação nas últimas décadas, possibilitando a modificação do espaço natural propício à permanência ou ressurgimento de determinadas doenças, como a malária e dengue.

O governo Federal através do Plano Nacional de Controle da Malária (PNCM) visa reduzir até 2014 o número de casos de malária em até 75% na Amazônia Brasileira, sendo que no período de 2000-2010 já conseguiu reduzir em quase 50% o número de casos. Nesse sentido, o Estado do Pará diminuiu as ocorrências, contudo nos últimos anos alguns municípios elevaram suas notificações, dentre os quais estão Itaituba e Breves. Vale ressaltar que nem todos os casos são registrados, além disso, podem ter ocorridos subnotificações decorrentes das mudanças no sistema de informação antes Sismal, atualmente Sivep-Malaria (SVS, 2011). Portanto, é importante a vigilância, pois qualquer descaso pode levar ao descontrole dessa endemia.

CONCLUSÃO

Ao se analisar a distribuição espacial e temporal da incidência da malária pode-se observar que os valores são diferentes nos municípios analisados, mas que a precipitação não apresenta ser um fator determinante para sua ocorrência ou prevalência nessas localidades, ou seja, municípios com alto volume de precipitação média anual não apresentou correlação significativa assim como municípios com volume menor. Dessa forma, pode-se dizer que a variabilidade da precipitação não é o fator principal de desencadeamento da malária. Isso pode ser atribuído a outros fatores que são determinantes como os relacionados ao uso e cobertura da terra além das diferentes condições espaciais relacionados à extensão de corpos d' água para condições ideais da reprodução do vetor.

Sazonalmente percebeu-se que as maiores incidências ocorreram nos meses correspondentes ao período seco na maioria das cidades.

As maiores correlações estatisticamente significativas foram verificadas nas cidades de Santarém e Breves embora tenham ocorridos em anos diferentes.

AGRADECIMENTOS

A Secretaria Estadual de Saúde do Pará - SESPÁ pelos dados de malária. Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e Agência Nacional das Águas - ANA pelos dados de precipitação dos municípios e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

BIBLIOGRAFIA CITADA

Albuquerque, M. F.; de Souza, E. B.; de Oliveira, M. C. F.; Souza e Souza, P.F.; Souza Júnior, J. A.; Barros, A. N. F. 2010. Distribuição Espacial da Precipitação Climatológica nas Mesorregiões do Estado do Pará, nas Últimas Décadas (1978- 2008). In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 16, Belém-PA, Anais. Belém-PA: Sociedade Brasileira de Meteorologia.

Assis, M. C.; Gurgel, H. C.; Antonio, B. M.; Angelis, C. F. 2008. Precipitação pluviométrica e a incidência de malária na bacia do rio Purus. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo. Anais do XV CBMET. São Paulo: SBMET.

Ayres, M.; Jr, M. A.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. 2007. BioEstat 5.0. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá –IDSM/MCT/CNPq. 364P.

Barcellos, C.; Monteiro, A. M. V.; Corvalán, C.; Gurgel, H. C.; Carvalho, M. S.; Artaxo, P.; Hacon, S.; Ragoni, V. 2009. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v.18.

Briët, O. J.T.; Vounatsou, P; Gunawardena, D. M; Galappaththy , G. N.L. ; Amerasinghe, P. H. 2008. Temporal correlation between malaria and rainfall in Sri Lanka. *Malaria Journal*, 7:77.

Castro, M.C.; Singer, B.H. 2007. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, v. 24, n. 2, p. 247-262.

Confalonieri, U. E. C. 2003. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. *Terra Livre*, São Paulo, v. 19-I, n. 20, p.. 193-204.

Confalonieri, U.E.C. 2005. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para análise de paisagens e doenças. *Estudos Avançados*, Rio de Janeiro, v.19, n.53.

Cordeiro, M. T.; Filomeno, C.R.M.; Costa, C.M.A.; Couto, A.A.R.D. 2002. Perfil Epidemiológico da Malária no Estado do Pará em 1999 com Base numa Série Histórica de Dez Anos (1989-1999). *Informe Epidemiológico do SUS*, v. 11, n. 2, p. 69 – 77.

Craig, M. H.; Snow, R.W.; Sauer, D. 1999. A climate based distribution model of malaria transmission in sub-Saharan Africa. *Parasitol Today*, 15:105-111.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 20 dezembro, 2012.

- Impoinvil, D.E.; Cardenas, G.A.; Gihture, J.I.; Mbogo, C.M.; Beier, J.C. 2007. Constant temperature and time period effects on *Anopheles gambiae* egg hatching. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, v. 23, p. 124-130.
- Leotti, V. B.; Birck, A. R. ; Riboldi, J. 2005. Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. In: XI Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica (SEAGRO). Anais da 50ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS), Londrina.
- Lewinson, G.; Srivastava, D. 2008. Malaria research, 1980–2004, and the burden of disease. *Acta Tropica*, v. 106, p. 96–103.
- Lindsay SW, Bodker R, Malima R, Msangeni HA, Kisinza W. 2000. Effect of 1997-98 El Niño on highland malaria in Tanzania. *Lancet* 355: 989–990.
- Mantilla, G.; Oliveros, H.; Barnston, A. G. 2009. The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960–2006. *Malaria Journal*, 8:6.
- Marengo, J.A.; Oliveira, G. S. 1998. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília – DF.
- Moraes, B. C.; Costa, J. M. N.; Costa, A. C. L.; Costa, M. H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica* 35:207 – 214.
- Mourão, C. E. F.; Angelo, J.; Pilotto, I.; Nora, E. D.; Barbosa, A. 2010. Análise espaço-temporal dos fatores ambientais associados à incidência de malária na região da Amazônia Legal Brasileira. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém – Pa.
- Najera JA, Kouznetzov R, L., Delacollette, C., 1998. *Malaria Epidemics: Detection and Control, Forecasting and Prevention*. Geneva: World Health Organization. WHO/MAL/98.1084.
- Neto, C. C. 2005. Uma avaliação das variações dos índices de chuva e malária no estado do Pará – Brasil. Relatório do Programa de Mudanças Ambientais Globais e Saúde e Núcleo de Biossegurança, Fundação Oswaldo Cruz.
- Oliveira-Filho, A.B.; Martinelli, J.M. 2009. Casos notificados de malária no Estado do Pará, Amazônia Brasileira, de 1998 a 2006. *Epidemiol. Serv. Saúde*, V. 18, N. 3, P. 277-284.
- Olson, S. H.; Gangnon, R.; Elguero, E.; Durieux, L.; Guégan, J-F. ; Foley, J. A.; Patz, J. A. 2009. Links between Climate, Malaria, and Wetlands in the Amazon Basin. *Emerging Infectious Diseases*, v.15.
- Pan American Health Organization – PAHO. 2010. Report on the Situation of Malaria in the Americas, 2008. Washington, D.C.: PAHO.

- Parente, A. T. 2007. Incidência de malária no estado do Pará e suas relações com a variabilidade climática regional. [Dissertação de mestrado]. Belém: Universidade Federal do Pará.
- Parente, A. T.; Souza, E. B.; Ribeiro, J. B. M. 2012. A ocorrência de malária em quatro municípios do estado do Pará, de 1988 a 2005, e sua relação com o desmatamento. *Acta Amazonica*, vol. 42: 41 – 48.
- Reiter, P. 2001. Climate Change and Mosquito-Borne Disease. *Environmental Health Perspectives*, v. 109, n. 1.
- Renault, C. S.; Bastos, F. A.; Filgueira, J. P. P. S.; Filgueira, J. P. P. S.; Homma, T. K. 2007. Epidemiologia da malária no município de Belém – Pará. *Revista Paraense de Medicina*, v.21.
- Rocha, E. J. P.; Souza, E. B.; Santos, F. A. A.; Lopes, M. N.; Santos, D. M.; Rolim, P. A. M.; Neto, B. S.; Maia, I. F. 2009. Zoneamento Climático: relatório preliminar ZEE-PA. BELÉM: SIPAM.
- Santos, I. G; Silva, R. S. U. 2011. Malária autóctone no Município de Rio Branco, Estado do Acre, Brasil, no período de 2003 a 2010. *Rev Pan-Amaz Saude*; 2: 31-37.
- Saraiva, M. G. G.; Amorim, R. D. S.; Moura, M. A. S.; Espinosa, F. E. M.; Barbosa, M. G. V. 2009. Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 42:515-522.
- Secretaria de Vigilância em Saúde. Malária. 2005. Guia de Vigilância Epidemiológica. 6ª edição. Ministério da Saúde, Brasília, p. 521-531.
- Stresman, G. H. 2010. Beyond temperature and precipitation: Ecological risk factors that modify malaria transmission. *Acta Tropica*, v. 116, 167-172.
- SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. 2007. Situação epidemiológica da malária no Brasil.
- Wolfart, B. R. 2011. Análise epidemiológica espacial, temporal e suas relações com as variáveis ambientais sobre a incidência da malária no período de 2003 a 2009 em 4 municípios do estado do Amazonas, Brasil [Dissertação e Mestrado]. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade do Estado do Amazonas – UEA.
- WHO. 2011. World Malaria Report 2011. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

CAPÍTULO III

Análise epidemiológica da dengue e sua relação com variáveis meteorológicas no município de Santarém/PA*

Jéssica Ariana de Jesus CORRÊA^{1*}, Antônio Carlos Lôla da COSTA².

1 Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - Universidade Federal do Oeste do Pará - Rua Vera Paz, S/N, 68040-250, Santarém – PA, Brasil.
jehssicorrea@yahoo.com.br*

2 Universidade Federal do Pará – Avenida Augusto Correa s/n, Guamá, 66075-110 – Belém-PA, Brasil

*** Capítulo escrito de acordo com as normas da Revista Brasileira de Epidemiologia.**

Análise epidemiológica da dengue e sua relação com variáveis meteorológicas no município de Santarém/PA

RESUMO

A dengue é hoje uma das mais recorrentes doenças virais transmitida por mosquitos constituindo um grave problema de saúde pública, emergindo em países previamente considerados livres e ressurgindo naqueles onde a doença já havia sido controlada. Variáveis meteorológicas, tais como a precipitação e temperatura do ar, são importantes no ciclo de vida do *Aedes aegypti*, principal vetor transmissor da doença. Nesse estudo analisou-se a influência de elementos meteorológicos sobre a incidência de dengue e o Índice de Infestação Predial - IIP no município de Santarém. Durante o período de 2007 e 2010, verificou-se que em todo o município a incidência de dengue variou entre 0.36 e 183.62 casos para 100.000 habitantes. Na análise de correlação de Spearman a incidência de dengue apresentou associação positiva com o IIP e precipitação, e negativa com a temperatura média do ar e temperatura máxima do ar. O IIP apresentou alta correlação com a precipitação de 0,86, temperatura média do ar de 0,80 e temperatura máxima do ar de 0,83, contudo essa correlação não foi linear. Outro resultado encontrado foi à relação não linear entre as variáveis.

Palavras-Chave: Dengue, IIP, precipitação, temperatura.

SUMMARY

Dengue is now one of the most important mosquito-borne viral diseases constituting a serious public health problem, emerging in countries previously considered free and reappearing in those where the disease had been controlled. Meteorological factors such as air temperature and rainfall are important in the life cycle of *Aedes aegypti*, the main vector that transmits the disease. In this study we analyzed the influence of meteorological factors on the incidence of dengue and IIP in the municipality of Santarém. During the period 2007 and 2010, it was found that throughout the municipality dengue incidence varied between 0.36 and 183.62 cases per 100.000 inhabitants. In Spearman correlation analysis the incidence of dengue presented positive association with the IIP and precipitation, and negative with the average air temperature and maximum air temperature. The IIP was highly correlated with precipitation of 0,86, mean air temperature of 0,80 and maximum air temperature of 0.83. Another result was found for non-linear relationship between variables.

Keywords: Dengue, IIP, rainfall, temperature.

INTRODUÇÃO

A Dengue é hoje uma das mais preocupantes doenças virais transmitida por artrópodes constituindo um grave problema de saúde pública, emergindo em países previamente considerados livres e ressurgindo naqueles onde a doença já havia sido controlada¹. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que entre 50 a 100 milhões de pessoas são infectadas anualmente, em mais de 100 países, pondo quase a metade da população do mundo em risco².

A incidência de dengue é comumente observada nas regiões tropicais e subtropicais, compreendidas principalmente entre os paralelos (latitudes) 35° N e 35° S (Consoli e Oliveira, 1994). Observa-se que dentre as regiões que estão dentro da faixa de risco de transmissão, nas Américas foram reportadas importantes epidemias, principalmente, na América do Sul (Venezuela, Brasil e Paraguai). Martín e colaboradores³, através de dados da Organização Pan-Americana de Saúde (PAHO) observou que durante as últimas três décadas o número de casos de dengue aumentou de 1 milhão de casos durante os anos 80 para 4,7 milhões no período de 2000 a 2007, dos quais mais da metade desses casos ocorreram na América do Sul.

No Brasil a incidência da dengue vem aumentando, devido principalmente, à disseminação do principal vetor do vírus, o mosquito *Aedes aegypti*, em todos os Estados⁴. No Pará, os primeiros casos notificados ressurgentes de dengue ocorreram em 1995, nos municípios de Redenção e Rondon do Pará, região sudeste do Estado⁵. Desde então, a dengue permanece presente na maioria dos municípios, atualmente com 32 municípios prioritários para o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD).

A transmissão da dengue pode ser explicada pelos fenômenos envolvidos na produção dessa infecção, principalmente, pela ecologia de populações no ambiente local, expansão geográfica dos vetores, densidade de mosquito e a circulação dos múltiplos sorotipos do vírus. Além disso, o mosquito da dengue apresenta-se hoje de forma domesticada, adaptada ao ambiente urbano, portanto o vírus é transmitido e mantido em um ciclo que envolve humanos-*Aedes aegypti*. Devido a essa adaptação, os mosquitos colocam seus ovos principalmente nas paredes dos recipientes artificiais onde a água pode se acumular, tanto no interior dos edifícios ou em seus arredores.

Ações de prevenção e controle da dengue estão centradas no controle da população de *Aedes aegypti* através de controle e erradicação de depósitos que podem armazenar água. Um dos índices utilizado para avaliar a presença ou ausência do mosquito vetor para prevenir a transmissão da dengue é o Índice de Infestação Predial (IIP) que é o percentual de prédios

encontrados com recipientes contendo água e larvas, em relação ao número total de predios examinados⁶. Apesar de existir divergências quanto ao uso desse índice na predição da ocorrência da doença, pois não se sabe o limite abaixo do qual a transmissão se interrompe, em pesquisas realizadas em Belo Horizonte e Goiás foram encontradas associações no número de casos ocorridos de dengue com a infestação de *Aedes aegypti*^{7, 8}. Embora o recomendado para prevenir o risco de transmissão de dengue seja abaixo de 1%, baixos índices não o eliminam⁹ porque múltiplos fatores estão envolvidos na transmissão e não são captados no IIP.

Incidência, distribuição espacial e a variabilidade sazonal da dengue são influenciadas pela temperatura do ar e precipitação¹⁰. Esses fatores afetam principalmente a capacidade vetorial da população de *Aedes aegypti*, além de influenciar na elevação da quantidade de casos¹¹.

A compreensão da influência dos fatores meteorológicos sobre a incidência da dengue tornar-se de grande relevância, pois pode oferecer subsídios na elaboração de medidas para controle e prevenção da doença. Assim sendo, torna-se oportuno analisar a existência de associação entre o índice de infestação predial, temperatura do ar e precipitação na incidência de dengue no município de Santarém-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Santarém, situado na região oeste do Pará, mesorregião do Baixo Amazonas e microrregião de Santarém, na confluência dos rios Amazonas e Tapajós, ocupa uma área de 22.887 km², sendo 77 km² de perímetro urbano e 22.810 km², rural.

O município possui uma população de 294.774 habitantes, do qual 215.947 residem na zona urbana, tendo como coordenada geográfica 2° 25' 30" de latitude Sul e 54° 42' 50" de longitude Oeste. A Figura 1 ilustra a localização do município de Santarém, com destaque para a malha urbana do mesmo.

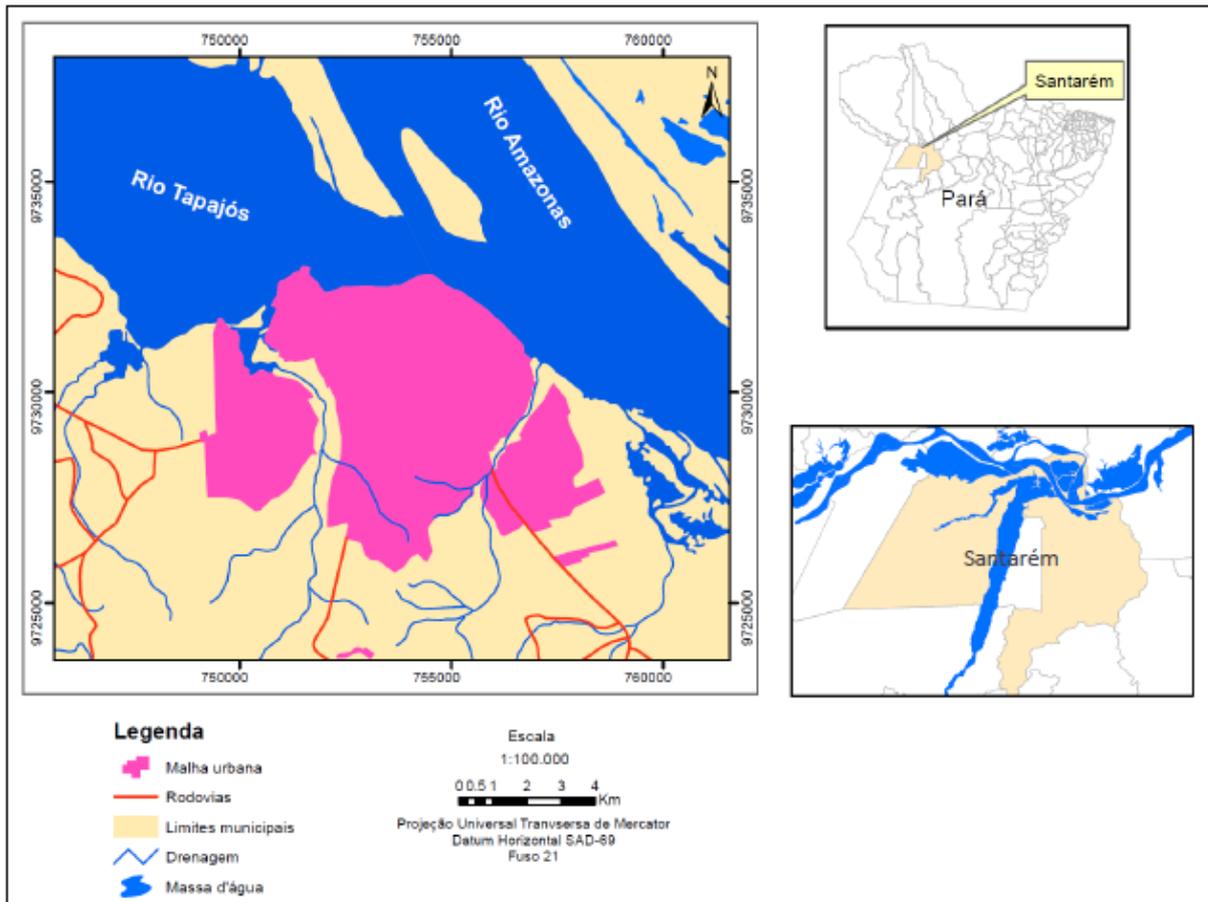


Figura 1- Mapa de Localização de Santarém. Fonte: Base cartográfica IBGE.

O clima dominante na região é quente e úmido, com temperatura média anual variando entre 25 e 28 °C. Apresenta pouca variabilidade na umidade e temperatura do ar. Segundo a classificação climática de Köppen, que leva em consideração os valores de temperatura e precipitação, Santarém enquadra-se no tipo climático Am, ou seja, o clima é equatorial úmido com uma estação seca bem definida e outra com elevados índices pluviométricos¹².

Dados Meteorológicos e de Dengue

Os dados mensais de dengue foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados de notificações do Dengue do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). São dados mensais notificados por município referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010. O coeficiente de incidência mensal dos casos notificados de Dengue se deu através da razão entre o número de casos notificados no município e a população do mesmo por 100.000 habitantes, no respectivo período. Os dados da população que participa como variável no cálculo foi obtida no setor de epidemiologia da SESPA, juntamente com o banco de dados de casos notificados.

Quanto aos dados de infestação do *Aedes aegypti* foram disponibilizados pela Divisão de Vigilância em Saúde de Santarém/SEMSA, correspondentes ao mesmo período da incidência de dengue e correspondem a dados mensais de IIP.

Os dados de precipitação e temperatura do ar (mínima, máxima e média) são mensais provenientes de estação meteorológica de superfície do aeroporto de Santarém, correspondentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010.

Métodos Estatísticos

As séries de incidência de dengue e precipitação foram testadas para a normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk que se baseia nos valores amostrais ordenados elevados ao quadrado¹³. Essa verificação é decisiva para a aplicação ou não de técnicas inferenciais paramétricas com base na distribuição normal. Devido a não normalidade da incidência de dengue optou-se por uma metodologia não paramétrica.

Análise de Correlação de Spearman (R_s) foi realizada para verificar o grau de intensidade da associação entre a precipitação e incidência de dengue. Esse coeficiente foi utilizado devido a não normalidade dos dados de incidência de dengue. Este coeficiente não mostra, necessariamente, uma tendência linear e não exige que os dados provenham de duas populações normais. O valor de R_s oscila entre -1 a 1 onde: $0,75 \leq R_s \leq 1$ indica uma correlação forte, $0,50 \leq R_s \leq 0,75$ indica uma correlação média, $|R_s| < 0,5$ indica uma correlação fraca, $R_s = 0$ indica ausência de correlação e $R_s = \pm 1$ indica uma correlação perfeita.

Realizou-se análise de regressão ajustamento de curvas para verificar qual das variáveis independentes poderiam explicar a incidência da dengue e o IIP no município de Santarém.

Os dados foram analisados no programa estatístico BioEstat 5.0¹⁴, software gratuito, para aplicações estatísticas. Além disso, considerou-se uma probabilidade de erro menor ou igual a 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) de intervalo de confiabilidade.

RESULTADOS

Analisando a incidência notificada de dengue durante o período de 2007 e 2010, verificou-se que em todo o município variou entre 0,36 e 183,62 casos para 100.000 habitantes. A Figura 2 apresenta a série mensal da incidência no município. No ano de 2008

no início do ano houveram os maiores valores do período analisado com máximo de 183,62 casos por 100.000 habitantes.

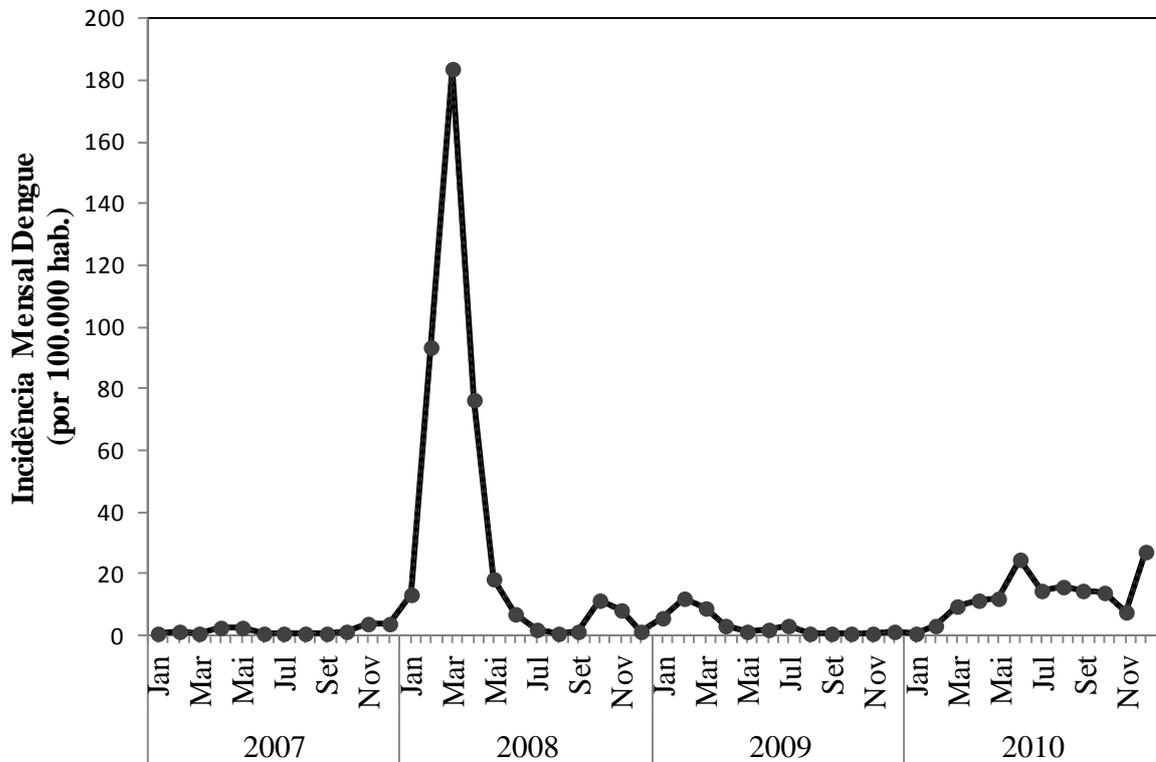


Figura 2 – Incidência de casos de dengue em Santarém por 100.000 habitantes no período de 2007 - 2010.

Em relação à série mensal do Índice de Infestação Predial (IIP) foi observado que este indicador apresentou variação entre 0,68 a 6,86 % em todo o período analisado. Sendo que de dezembro a junho, correspondente ao período chuvoso do município, o IIP foi sempre maior do que no período seco, correspondente aos meses de julho a novembro (Tabela 1). Além disso, na análise de variância foi observada diferenças significativas na infestação de *Aedes aegypti* entre o período chuvoso e seco ($H=5,33$, $P<0,05$).

Vale ressaltar que o Programa Nacional de Controle da Dengue determina que índices de infestação predial inferior a 1% não há risco de transmissão da dengue. Contudo, baixos índices de infestação reduzem o risco de transmissão, porém não o eliminam. Diante disto considerou-se na presente pesquisa que valores menores que 1% configura índice de infestação baixo; entre 1% e 3% IIP médio; entre 3% e 5% IIP alto; e acima de 5% IIP muito alto.

Em 2008 os IIP no período chuvoso estiveram acima de 3% o que pode ter determinado a incidência mais elevada da série dengue nos três primeiros meses do ano analisado.

Tabela 1 - Índice de Infestação Predial no período chuvoso e seco em Santarém entre 2007-2010.

	2007	2008	2009	2010
Chuvoso	3,18	4,17	3,53	3,72
Seco	2,09	1,45	1,81	2,16

No que se refere à temperatura do ar (Figura 3) pode perceber-se que as maiores temperaturas se iniciam no mês de junho, alcançando seu pico entre julho a novembro de cada ano e que os menores correspondem aos meses de maior nebulosidade e precipitação pluviométrica, o que contribui para o menor aquecimento da superfície. Analisando o perfil da precipitação observou-se que há uma sazonalidade bem clara com máxima precipitação nos meses de janeiro a maio.

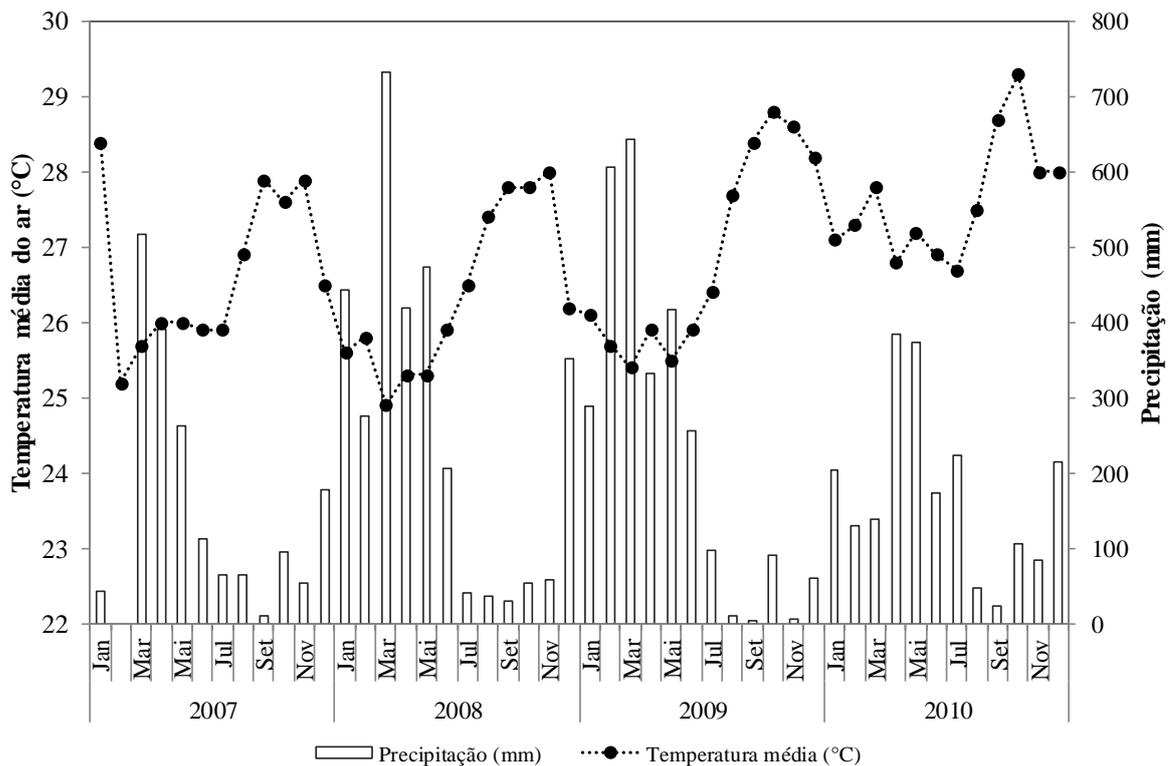


Figura 3 - Temperatura média do ar mensal e Precipitação mensal do período de 2007-2010.

Análise Estatística

A tabela 2 apresenta a correlação entre os valores médios mensais de IIP, precipitação, temperatura máxima e temperatura média com a incidência média mensal de dengue no município de Santarém no período analisado. Verificaram-se altas correlações com as

variáveis meteorológicas com 0,85 para a precipitação, 0,79 temperatura máxima do ar e 0,74 temperatura média do ar, bem como associação negativa das medidas de temperatura do ar. A correlação das variáveis meteorológicas com o índice de infestação predial também foi alta com 0,86 para a precipitação, -0,83 para temperatura máxima do ar e -0,80 temperatura média do ar.

Correlação não significativa, no entanto, foi encontrada entre a temperatura mínima do ar com a incidência da dengue -0,21 e com IIP -0,41 em Santarém.

Tabela 2 – Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis, 2007-2010.

	Incidência de Dengue	IIP
IIP	0,64*	1
PRP	0,85*	0,86*
Tmin	-0,21	-0,41
Tmax	-0,79*	-0,83*
Tmed	-0,74*	-0,80*

*P<0.05.

PRP = média da precipitação mensal

TMin = média da temperatura mínima mensal

TMax = média da temperatura máxima mensal

TMed = média da temperatura média mensal

A partir da análise de regressão Ajustamento de Curvas verificou-se que a incidência de dengue no município de Santarém, PA, não apresentou relação linear com as variáveis independentes IIP, precipitação, Tmin, Tmax, Tmed. De acordo com a Tabela 3, observa-se que 67,9% da incidência de dengue podem ser explicadas pela precipitação, 54,4% pela temperatura máxima do ar, 46,3% pelo IIP, 42,9% pela temperatura média do ar. Além disso, a temperatura mínima do ar foi a única variável meteorológica que não apresentou resultado significativo da relação sobre a incidência de dengue em Santarém.

Tabela 3 – Estatística de regressão da Incidência de Dengue média com as variáveis meteorológicas e IIP.

Incidência Dengue	r²	Regressão	p-valor
IIP	46,29%	Geométrica	0,0149
Precipitação	67,85%	Exponencial	0,001
Tmin	20,36%	Logarítmica	0,1408
Tmax	54,43%	Geométrica	0,0061
Tmed	42,90%	Geométrica	0,0207

Para o IIP, a análise de Ajustamento de Curvas retornou como variáveis explicativas com maior coeficiente de determinação a precipitação com 71,3%, temperatura média do ar com 62,2% e temperatura máxima do ar com 59,6% como as que mais contribuem para explicar a infestação de *Aedes aegypti* (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística de regressão do IIP com as variáveis meteorológicas.

IIP	r²	Tipo	p-valor
Precipitação	71,3%	Geométrica	0,0005
Tmin	25,5%	Exponencial	0,0942
Tmax	59,6%	Exponencial	0,0033
Tmed	62,2%	Exponencial	0,0023

DISCUSSÃO

No município de Santarém os casos de dengue tem sido frequente sendo um dos 32 municípios prioritários para o controle da doença no Estado do Pará. Essa permanência da doença no município pode ser atribuída, além de outros fatores, as condicionantes meteorológicas propícias como temperatura média do ar que varia entre 25 e 28 °C faixa esta ótima para a procriação do vetor, que está em torno dos 20 a 30 °C, e para a disseminação da doença que preferivelmente ocorre com temperaturas superiores a 20 °C¹⁵. Além disso, os totais pluviométricos do município com uma estação chuvosa bem distinta também oferece condições para abundância do mosquito vetor e conseqüentemente aumenta a probabilidade de infecção.

Em 2008 o município esteve com a incidência anual acima dos 300 casos para 100.000 habitantes, sendo considerado pelo PNCD como área de alta incidência de dengue. Nesse mesmo ano o IIP esteve acima de 3% de janeiro a abril, período com maior incidência da doença, o que pode indicar que maiores índices de infestação de *Aedes aegypti* contribuam para maior risco da transmissão da doença. Em Belo Horizonte no período de 1996-2001, Corrêa e colaboradores encontraram associação entre a incidência de dengue e o IIP, indicando que apesar das limitações deste índice para predizer a ocorrência de epidemias de dengue, esse índice contribuiu para a incidência de dengue⁷.

Embora a correlação de Spearman tenha apresentado associação das variáveis IIP, precipitação, Temperatura média do ar e temperatura máxima do ar com a incidência de dengue, verificou-se na análise de regressão que a precipitação apresentou maior coeficiente de determinação, com 67,8% de regressão exponencial na incidência de dengue. Além disso, a temperatura máxima do ar apresentou-se como variável que possa explicar a transmissão da dengue.

No que se refere ao *Aedes aegypti*, o IIP esteve associado com a maioria das variáveis com forte correlação. Contudo, a precipitação correspondeu com 71,3% na infestação do *Aedes aegypti* no município. A temperatura do ar, de forma particular, afeta a taxa de

multiplicação do vetor, o que por sua vez afeta a probabilidade de transmissão, caso esteja infectado pelos organismos patogênicos. Além disso, o tempo de vida do vetor também é importante, uma vez que a transmissão cessa com a morte do hospedeiro e isso pode ser reduzido por temperaturas elevadas¹⁶.

Quando o vetor não infectado pica uma pessoa doente no estado de viremia, que é a presença do vírus no sangue, o mosquito se infectará e posteriormente, poderá transmitir o vírus a outras pessoas após um período de incubação extrínseco que ocorre entre 8 a 12 dias^{17,18}. Nesse contexto, temperaturas mais altas diminui o período de incubação extrínseca nos mosquitos possibilitando, assim, maiores proporções de mosquitos infecciosos, além de aumentar a proporção de mosquitos infectados. Por exemplo, o período de incubação extrínseca para DENV-2 em 30 °C é aproximadamente de 12 dias, em contrapartida em 32-35 °C somente 7 dias¹⁹.

Observou-se que tanto a incidência de dengue quanto o IIP apresentaram associação negativa com a temperatura, em contrapartida positiva com a precipitação para ambos. Resultado similar foi encontrado em Belém-PA quando analisado as mesmas variáveis sobre a incidência de dengue. Além disso, a temperatura mínima, assim como nesse estudo, não apresentou associação significativa²⁰.

Observou-se nesse trabalho que a incidência de dengue ocorre durante a estação chuvosa, período que favorece a transmissão de patógenos. Esse comportamento é observado em algumas regiões do Brasil^{10,21,11}. Além disso, nessa estação o IIP também foi encontrado em maiores índices. Isso acontece porque a população do vetor tem sua densidade elevada pela influência das chuvas²².

Vale ressaltar que embora a incidência de dengue ocorra em maiores casos no período chuvoso, a temperatura do ar desse período também contribui para transmissão, devido está na faixa favorável a procriação do *Aedes aegypti* e disseminação da doença. Essas variáveis podem interagir para desenvolver conjuntamente bom cenário de atuação do vetor no verão austral.

A relação que a precipitação possui sobre a transmissão da dengue é muito complexa e contraditória. Essa contradição estaria no fato de que a chuva pode ser benéfica para reprodução de mosquitos quando moderada, mas pode destruir ou lavar criadouros existentes e interromper o desenvolvimento dos ovos do mosquito quando em excesso²³. Além disso, a contextualização da problemática deve levar em consideração a espacialidade do ambiente, pois é importante identificar se áreas de reprodução do *Aedes aegypti* são produzidos pela

precipitação ou são mantidos pelos dos domicílios, afinal, trata-se de um vetor adaptado as condições humanas.

A discussão envolvendo a influência dos elementos meteorológicos sobre a incidência da dengue é muito complexa, pois a interação de todos os fatores tais como umidade, temperatura, vento, etc. determina o efeito geral do tempo sobre a presença ou ausência e prevalência local da doença.

Santarém é uma cidade em expansão urbana, com precários sistemas de infraestrutura e saneamento básico, os quais podem contribuir para a transmissão da dengue, visto que esta é uma doença praticamente urbana. Além disso, outros fatores causais podem estar relacionados com o surgimento de criadouros de larvas de *Aedes aegypti*, como os resíduos sólidos que ainda não possuem tratamento na cidade. Dessa forma, a intensificação do processo de urbanização de forma não planejada, principalmente em cidades médias, pode acarretar na intensificação da endemia. Assim, a interrelação entre falta de saneamento ambiental e formas de organizar a vida em sociedade facilita a transmissão da dengue em áreas de maiores concentrações populacional²⁴.

Nesse sentido, esse estudo abordou somente alguns fatores que podem explicar a distribuição de dengue, pois essa doença é multicausal, resultante de vários fatores que contribuem para a proliferação da doença. Contudo, ressalta-se a importância de estudos adicionais para a compreensão da dengue, principalmente no que se refere à prevenção e mitigação dos efeitos de variáveis meteorológicas na epidemiologia da dengue no município de Santarém.

CONCLUSÃO

Verificou-se na análise realizada na cidade de Santarém-PA no período de 2007 a 2010 que as maiores notificações de dengue e IIP ocorreram no período da estação chuvosa, em comparação ao período seco.

A precipitação apresentou-se como fator explicativo mais forte tanto no IIP como no número de casos de dengue.

As temperaturas média e máxima apresentaram correlações negativas e estatisticamente significativas sobre a incidência de Dengue e IIP.

Observou-se que o comportamento entre as variáveis foi não linear, e que perspectivas de trabalhos futuros seria a aplicação de modelos que possibilitem o entendimento dessa relação. Ainda, é importante ressaltar que apesar, da relação entre dengue e as variáveis

precipitação pluviométrica e temperatura do ar existirem, conforme comprovado na relação estatística, o comportamento dessas variáveis não são determinantes para a ocorrência de casos.

AGRADECIMENTOS

A Secretaria Estadual de Saúde do Pará - SESPA pelos dados de dengue. A Divisão de Vigilância em Saúde de Santarém/SEMSA pelos dados entomológicos de dengue fornecidos e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

- 1 Shepard , D. S.; Coudeville, L.; Halasa, Y. A.; Zambrano, B.; Dayan, G. H. Economic Impact of Dengue Illness in the Americas. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2011, 84: 200–207.
- 2 World Health Organization – WHO: 2012. Dengue. 2012. Disponível em:< <http://www.who.int/denguecontrol/en/index.html>>. Acesso em: 05 novembro 2012.
- 3 Martín, J. L. S.; Brathwaite, O.; Zambrano, B.; Solórzano, J. O.; Bouckenooghe, A.; Dayan, G. H.; Guzman, M. The Epidemiology of Dengue in the Americas over the Last Three Decades: A Worrisome Reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2010, 82: 128-135.
- 4 Lima-Camara, T. M.; Honório, N. A.; Lourenço-de-Oliveira, R. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Díptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos Saúde Pública*, 2006, 22: 2079-2084,.
- 5 Travassos da Rosa, A.P.A.; Vasconcelos, P. F.C.; Travassos da Rosa, E. S.; Rodrigues, S. G.; Mondet, B.; Cruz, A. C.R.; Sousa, M. R.; Travassos da Rosa, J. F.S. Dengue Epidemic in Belém, Pará, Brazil, 1996–97. *Emerging Infectious Diseases*, 2000, 6.
- 6 Júnior, J. B. S.; Júnior, F. G. P. Epidemiologia da Dengue. In: Souza, L. J. (ed.). *Dengue – diagnóstico, tratamento e prevenção*. 2ª ed. – Rio Janeiro: Editora Rubio, 2008.
- 7 Corrêa, P. R. L.; França, E. ; Bogutchi, T. F. Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. *Revista de Saúde Pública*, 2005, 39: 33-40 33.
- 8 Souza, S. S. ; Silva, I. G.; Silva, H. H. G. Associação entre incidência de dengue, pluviosidade e densidade larvária de *Aedes aegypti*, no Estado de Goiás. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2010, 43: 152-155.
- 9 Tauil, P.L. Urbanização e ecologia do dengue. *Cadernos de Saúde Pública*, 2001, 17: 99-102.
- 10 Ribeiro AF, Marques G, Voltolini JC, Condino MLF. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Rev Saúde Pública*, 2006, 40:671-6.

- 11 Gomes, A. F.; Nobre, A. A.; Cruz, O. G. Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2009. *Cad. Saúde Pública*, 2012, 28: 2189-2197.
- 12 Tsukamoto Filho, A. A.; Campos, M. N.; Vasconcelos, L. M. R.; Matos, S. P.. Diversidade florística de um parque zoobotânico no município de Santarém-Pará. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu-MG.
- 13 Leotti, V. B., Birck, A. R. e Riboldi, J., Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. In: XI Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO). Anais da 50ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS), 2005, Londrina.
- 14 Ayres, M.; Jr, M. A.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. BioEstat 5.0. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM/MCT/CNPq. 364P. 2007.
- 15 Beserra, E. B.; Castro JR., F. P.; Santos, J. W.; Santos, T. DA.; Fernandes, C. R.M. Biologia e Exigências Térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) Provenientes de Quatro Regiões Bioclimáticas da Paraíba. *Neotropical Entomology*, 2006, 35:853-860.
- 16 Gubler DJ, Reiter P, Ebi KL, Yap W, Nasci R, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodentborne diseases. *Environ Health Perspect*, 2001, 109: 223-33.
- 17 Gubler, D. J. Epidemic Dengue/Dengue Haemorrhagic Fever: A Global Public Health Problem in the 21st Century. *Dengue Bulletin*, 1997, 21.
- 18 BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância em Saúde: Dengue, Esquistossomose, Hanseníase, Malária, Tracoma e Tuberculose. Série A. Normas e Manuais Técnicos, Cadernos de Atenção Básica, 2.ª ed., n. 21, 2008.
- 19 Schreiber, K. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *Int. J. Biometeorol.*, 2001, 45: 81-89.
- 20 Silva, H. J. F.; Assis, L. M. M.; Oliveira, M. C. F.; Sousa, F. B. B. Estudo das variáveis meteorológicas sobre a incidência de dengue na cidade de Belém/Pa, no período de 2005 a 2009. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 16, Belém-PA, Anais. Belém-PA: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.
- 21 Lima, E. A.; Firmino, J. L. N.; Gomes Filho, M. F. Relação da previsão da precipitação pluviométrica e casos de dengue nos estados de Alagoas e Paraíba nordeste do brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2008, 23: 264-269.
- 22 Consoli, R.A.G.; Oliveira, R.L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ; 1994.
- 23 Wongkoon, S.; Jaroensutasinee, M; Jaroensutasinee, K. Climatic variability and dengue virus transmission in Chiang Rai, Thailand. *Biomedica*, 2011, 27.

24 Johansen, I. C.; Carmo, R. L. Dengue e falta de infraestrutura urbana na Amazônia brasileira: o caso de Altamira (PA). *Novos Cadernos NAEA*, 2012, 15: 179-208.

3. SÍNTESE INTEGRADORA

Neste trabalho realizou-se um estudo espacial e temporal da série de casos de dengue e malária em sete municípios do Estado do Pará, tendo como variável explicativa a precipitação. Utilizando análise de correlação e regressão, verificou-se que a precipitação atua de forma diferenciada nas incidências de dengue e malária nas localidades pesquisadas.

Temporalmente, encontrou-se correlação entre as incidências de dengue e malária com a precipitação em anos diferentes. Essa variação pode ser explicada pela ação de diferentes fenômenos meteorológicos que resultem no aumento ou diminuição da precipitação que podem agir como desencadeadores ou inibidores da dengue e malária.

Espacialmente, não foi verificado que a localização em diferentes volumes de precipitações anuais seria determinante para justificar as diferenças nas incidências dessas doenças nos municípios, pois se verificou que nas localidades com maiores volumes anuais de precipitação as incidências tanto de malária quanto de dengue não foram necessariamente as maiores dentre os municípios pesquisados. Além disso, a precipitação não apresenta ser um fator determinante para a ocorrência ou prevalência de dengue e malária, mas como um fator desencadeador por influenciar na dispersão e sobrevivência dos vetores.

Dessa forma, pode-se dizer que a variabilidade espacial da precipitação não é o fator principal de desencadeamento de dengue e malária. Podendo ser atribuído a outros fatores na determinação tais como uso e cobertura da terra, além das diferentes condições espaciais relacionados à extensão de corpos d'água para condições ideais da reprodução do vetor da malária. Enquanto que para dengue pode-se somar vários problemas recorrentes da ausência de infraestrutura urbana, bem como dos principais serviços (abastecimento de água e coleta de lixo), que favorece a proliferação do vetor a partir de potenciais criadouros como pneus, calhas, vasos de plantas, caixas d'água.

Com relação à sazonalidade, verificou-se nas localidades estudadas, que a dengue ocorreu no período chuvoso, enquanto que a malária no período seco, estando de acordo com outras pesquisas da região.

REFERÊNCIAS

ACHA, P.N.; SZYFRES, B. Zoonosis y enfermedades transmisibles communes al hombre y a los animales. 3^a ed. Washington, D.C.: OPS, v. 3, n. 580, 2001.

AYOADE, J. O. Introdução a Climatologia para os Trópicos. 4^a Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BACELAR, M.D.R. Epidemias de malária no Pará e sua Relação com os Padrões de Uso da Terra nos Últimos Quarenta Anos – Uma Análise com Sistema de Informação Geográfica. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

BARRETO, M.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. In: Estudos Avançados, v. 22, n. 64, 2008.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v.16, n. 2, p. 113-118, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Mudanças Climáticas e Ambientais e seus Efeitos na Saúde: Cenários e Incertezas para o Brasil. / BRASIL. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008a.

_____. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de diagnóstico laboratorial da malária / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. (Série A. Normas e Manuais Técnicos) – Brasília: Ministério da Saúde, p. 112, 2005a.

_____. Guia de Vigilância Epidemiológica. Brasília. Ministério da Saúde, 6^a ed., 2005b.

_____. Vigilância em Saúde: Dengue, Esquistossomose, Hanseníase, Malária, Tracoma e Tuberculose. Série A. Normas e Manuais Técnicos, Cadernos de Atenção Básica, 2.^a ed., n. 21, 2008b.

_____. Guia prático de tratamento de malária no Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Diretoria Técnica de Gestão, 2008c.

CÂMARA, F. P.; GOMES, A.F.; SANTOS, G.T.; CÂMARA, D. C. P. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 42, n. 2, p.137-140, 2009.

CÂMARA, F. P.; THEOPHILO, R. L. G.; SANTOS, G. T.; PEREIRA, S. R. F. G.; CÂMARA, D. C. P.; MATOS, R. R. C. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 40, n. 2, p.192-196, 2007.

CAMARGO, E. P. Doenças Tropicais. In: *Estudos Avançados*, v. 22, n. 64, 2008.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: Cavalcanti et al (Organizadores). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.

CASTRO, M.C.; SINGER, B.H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, v. 24, n. 2, p. 247-262, 2007.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. *Terra Livre*, São Paulo, v. 19-I, n. 20, p.. 193-204, 2003.

CONFALONIERI, U.E.C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para análise de paisagens e doenças. *Estudos Avançados*, Rio de Janeiro, v.19, n.53, 2005.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança Climática Global e Saúde Humana no Brasil. *Parcerias estratégicas _ Brasília, DF _ N.27 _ dezembro*, 2008.

CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D. P.; RODRIGUEZ, R. E. Public health vulnerability to climate change in Brazil. *Climate Research*, v. 40, p. 175-186, 2009.

CONN, J.E.; VINEIS, J.H.; BOLLBACK, J.P.; ONYABE, D.Y.; WILKERSON, R.C.; PÓVOA, M.M. Population Structure of the Malaria Vector *Anopheles Darlingi* in a Malaria Endemic Region of Eastern Amazonian Brazil. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 74, n. 5, p. 798-806, 2006.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L.. *Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

CORDEIRO, M. T.; FILOMENO, C.R.M.; COSTA, C.M.A.; COUTO, A.A.R.D. 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, 2002.

CORDEIRO, M. T.; SILVA, A. M.; BRITO, C. A. A.; NASCIMENTO, E. J. M.; MAGALHÃES, M. C. F.; GUIMARÃES, G. F.; LUCENA-SILVA, N.; CARVALHO, E. M. F.; MARQUES JR., E. T. A. Jr. Characterization of a Dengue Patient Cohort in Recife, Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, v. 77, n. 6, p. 1128–1134, 2007.

COUTINHO, E. C.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S. Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña na Variabilidade da Precipitação no Município de Marabá-Pa no Período de 2001-2010. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. Anais do XV CBMET. Belém: SBMET, 2010.

CRAIG, M.H.; SNOW, R.W.; SUEUR, D. A climate based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *Parasitology Today*, v. 15, n. 3, 105-110, 1999.

DONALÍSIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância Entomológica e Controle de Vetores do Dengue. *Rev. Bras. Epidemiol.*, v. 5, n. 3, 2002.

EPSTEIN, P. R.; DIAZ, H. F.; ELIAS, S.; GRABHERR, G.; GRAHAM, N.; MARTENS, W. J. M.; MOSLEY-THOMPSON, E.; SUSSKIND, J. Biological and Physical Signs of Climate Change: Focus on Mosquito-borne Diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 79, n. 3, 1998.

GUBLER, D. J. Epidemic Dengue/Dengue Haemorrhagic Fever: A Global Public Health Problem in the 21st Century. *Dengue Bulletin*, v. 21, 1997.

GUBLER, D.J.; CLARK, G.G. Dengue/Dengue Hemorrhagic Fever: The Emergence of a Global Health Problem. *Emerging Infectious Diseases*, v. 1, n. 2, 1995.

HOPP, M. J.; FOLEY, J. A. Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *aedes aegypti*. *Climatic Change*, v. 48, p. 441-463, 2001.

IKEMOTO, T. Tropical malaria does not mean hot environments. *J. Med. Entomol.*, v. 45, p. 963-969, 2008.

IMPOINVIL, D.E.; CARDENAS, G.A.; GIHTURE, J.I.; MBOGO, C.M.; BEIER, J.C. Constant temperature and time period effects on *Anopheles gambiae* egg hatching. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, v. 23, p. 124-130, 2007.

LUCAMBIO, F. Diferentes testes para verificar normalidade de uma amostra aleatória. [Online].2008. Departamento de Estatística. Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR, 81531-990, Brasil. Disponível em : < http://people.ufpr.br/~lucambio/MReg/normal_test.pdf>. Acessado em 22 de dezembro de 2012.

LUZ, P. M.; MENDES, B. V. M.; CODEÇO, C. T.; STRUCHINER, C. J.; GALVANI, A. P. **Time Series Analysis of Dengue Incidence in Rio de Janeiro, Brazil.** *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 79(6), 2008, pp. 933–939.

MARTÍN, J. L. S.; BRATHWAITE, O.; ZAMBRANO, B.; SOLÓRZANO, J. O.; BOUCKENOOGHE, A.; DAYAN, G. H.; GUZMAN, M. The Epidemiology of Dengue in the Americas over the Last Three Decades: A Worrisome Reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, v. 82, n. 1, p. 128-135, 2010.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Cavalcanti et al (Organizadores). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.

MENDIS, K.; SINA, B.J.; MARCHESINI, P.; CARTER, R. The Neglected Burden of *Plasmodium Vivax* Malaria. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 64, n.1, 2, p. 97-106, 2001.

MENDONÇA, Francisco. Aspectos da Interação Clima – Ambiente - Saúde Humana: da Relação Sociedade-Natureza á (In) Sustentabilidade Ambiental. R. RA’EGA, Curitiba, n. 4, p. 85-99. 2000. Editora da UFPR. 2000.

MENDONÇA, F. Clima, Tropicalidade e Saúde: Uma Perspectiva a Partir da Intensificação do Aquecimento Global. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n. 1, 2005.

MONTEIRO, L. D. A.; MOTA, M. A. S. Análise da variação da temperatura e precipitação em Belém em anos de El Niño e La Niña. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. Anais do XV CBMET. Belém: SBMET, 2010.

MORENO, A. R. Climate change and human health in Latin America: drivers, effects, and policies. *Reg Environ Change* (2006) 6: 157–164
Pan American Health Organization. Report on the Situation of Malaria in the Americas , 2008. PAHO, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A.B.; MARTINELLI, J.M. Casos notificados de malária no Estado do Pará, Amazônia Brasileira, de 1998 a 2006. *Epidemiol. Serv. Saúde*, V. 18, N. 3, P. 277-284, 2009.

Pan American Health Organization – PAHO. Report on the Situation of Malaria in the Americas, 2008. Washington, D.C.: PAHO, 2010.

PATZ, A.J.; OLSON, S.H.; UEJIO, C.K.; GIBBS, H.K. Disease emergence from global climate and land use change. *Med. Clin. North Am.*, v. 92, p. 1473-1491, 2008.

REITER, P. Climate Change and Mosquito-Borne Disease. *Environmental Health Perspectives*, v. 109, n. 1, 2001.

ROCHA, E. J. P.; SOUZA, E. B.; SANTOS, F. A. A.; LOPES, M. N.; SANTOS, D. M.; ROLIM, P. A. M.; Neto, B. S.; MAIA, I. F. Zoneamento Climático: relatório preliminar ZEE-PA. BELÉM: SIPAM, 2009. 31p.

ROSA-FREITAS, M. G.; SCHREIBER, K. V.; TSOURIS, P.; WEIMANN, E. T. S.; LUITGARDS-MOURA, J.F. Associations between dengue and combinations of weather factors in a city in the Brazilian Amazon. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, v. 20, n. 4, 2006

SCHREIBER, K. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *Int. J. Biometeorol.*, v. 45, p. 81-89, 2001.

STRESMAN, G. H. Beyond temperature and precipitation: Ecological risk factors that modify malaria transmission. *Acta Tropica*, v. 116, 167-172, 2010.

TEIXEIRA, T.R.A.; CRUZ, O. G. Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 591-602, 2011.

TIPAYAMONGKHOLGUL, M.; FANG, C. T.; KLINCHAN, S.; LIU, C. M.; KING, C. C. Effects of the El Niño-Southern Oscillation on dengue epidemics in Thailand, 1996-2005. *BMC Public Health*, v. 9, n. 422, 2009.

TRAVASSOS DA ROSA, A. P.A.; VASCONCELOS, P. F.C.; TRAVASSOS DA ROSA, E. S.; RODRIGUES, S. G.; MONDET, B.; CRUZ, A. C.R.; SOUSA, M. R.; TRAVASSOS DA ROSA, J. F.S. Dengue Epidemic in Belém, Pará, Brazil, 1996–97. *Emerging Infectious Diseases*, v. 6, n. 3, 2000.

VASCONCELOS, P. F. C.; TRAVASSOS DA ROSA, E. S.; TRAVASSOS DA ROSA, J. F. S.; FREITAS, R. B.; DÉGALLIER, N.; RODRIGUES, S. G.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A. Epidemia de febre clássica de dengue causada pelo sorotipo 2 em Araguaína, Tocantins, Brasil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 35, p. 141-148, 1993.

World Health Organization – WHO: 2009. Dengue and dengue hemorrhagic fever. 2009. Disponível em:< <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>>. Acesso em: 15 outubro 2011.