

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO

GUSTAVO BUSSI CAMINITI

Padrões espaciais e variáveis climatológicas associados à dengue no município de Ribeirão Preto entre 2001 e 2010

RIBEIRÃO PRETO  
2015

GUSTAVO BUSSI CAMINITI

Padrões espaciais e variáveis climatológicas associados à dengue no município de Ribeirão Preto entre 2001 e 2010

Tese apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação Enfermagem em Saúde Pública.

Linha de pesquisa: Processo saúde-doença e epidemiologia

Orientador: Claudia Benedita dos Santos

RIBEIRÃO PRETO  
2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Bussi Caminiti, Gustavo

Padrões espaciais e variáveis climatológicas associados à dengue no município de Ribeirão Preto entre 2001 e 2010. Ribeirão Preto, 2015.

76 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Enfermagem Saúde Pública.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.Claudia Benedita dos Santos

1. Dengue. 2. Epidemiologia. 3. Saúde Pública. 4. Análise Estatística. 5. Análise Espacial.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

BUSSI CAMINITI, Gustavo

Padrões espaciais e variáveis climatológicas associados à dengue no município de Ribeirão Preto entre 2001 e 2010.

Tese apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação Enfermagem Saúde Pública.

Aprovado em        /        /

### Comissão Julgadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

À minha querida esposa Lucinéia, a quem tanto amo e admiro. Minha companheira para qualquer momento, sem ela a minha jornada acadêmica seria impossível. Meu amor por você cresce a cada dia e o seu carinho em momentos difíceis foram essências para esta conquista.

Aos meus filhos Lorenzo e Vinicius, que em muitos momentos queriam apenas brincar e o papai estava trabalhando e se dedicando a este projeto. Amo muito vocês obrigado pela compreensão.

Aos meus pais, Reinaldo e Laura, que sempre apoiaram e transmitiram valores para que eu pudesse compreender a jornada da vida.

À minha sogra Vanda, que sempre ajudou e dedicou seu valioso tempo ajudando em todos os momentos necessários desta jornada.

Amo todos vocês, pois durante toda caminhada para o desenvolvimento deste projeto compreenderam a minha vontade de aprender e estudar para que, de alguma forma e algum dia, eu possa retransmitir o conhecimento e experiência de vida conquistada.

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Professora Doutora Claudia Benedita dos Santos, minha orientadora, que me acolheu como um amigo e sempre esteve ao meu lado durante esses anos no desenvolvimento deste trabalho. E também, tive a oportunidade de conhecer uma pessoa **MUITO HUMANA**, preocupada com as pessoas e com isso também levo muitos valores para a vida.

Ao amigo Carlos Alberto Duran ao convívio e aconselhamento em qualquer momento.

Ao Bruno Amoroso Borg ao convívio e paciência.

## AGRADECIMENTOS

Aos Professores Prof. Dr. Pedro Fredemir Palha, Prof. Dr. Moacyr Lobo da Costa Júnior, Prof. Dr. Antonio Luiz Rodrigues Jr. as valiosas contribuições em minhas bancas, que possibilitaram a melhoria deste trabalho.

À Profa. Dra. Ana Maria e Almeida ao carinho e cordialidade.

À Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, aos colaboradores, ao Departamento de Enfermagem em Saúde Pública e em especial à Shirley Figueiredo, que sempre auxiliou com muito bom humor, alegria e carinho em vários momentos.

Ao Departamento de Vigilância Epidemiológica ao apoio na coleta de dados.

À Universidade de Ribeirão Preto que tive o prazer de fazer parte do quadro de professores e através desta atividade muito me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho.

"Seja tão simples como você pode ser, você ficará surpreso  
ao ver o quão simples e feliz sua vida pode se tornar."

*Paramahansa Yogananda*

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	População total para o município de Ribeirão Preto. 2001-2010.....	42
<b>Tabela 2 -</b>	Número de casos de Dengue, ocorridos entre residentes, segundo mês e ano de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001-2010.....	42
<b>Tabela 3 -</b>	Coefficientes de Incidência (100.000 mil habitantes) dos casos confirmados de Dengue, segundo mês de ocorrência, no período de 2001 a 2010. Ribeirão Preto. 2001-2010.....	43
<b>Tabela 4 -</b>	Associação entre número de casos e variáveis climatológicas segundo Coeficiente de correlação de Spearman ( $n < 50$ ), segundo ano, considerando <i>time lag</i> . Ribeirão Preto, 2001 – 2010.....	45
<b>Tabela 5 -</b>	Associação entre número de casos e variáveis climatológicas segundo Coeficiente de correlação de Spearman ( $n > 50$ ), considerando <i>time lag</i> , para todo período do estudo. Ribeirão Preto, 2001 – 2010.....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Internações mensais de casos de dengue hemorrágica em Bangkok, em hospitais da Tailândia, captura da fêmea do <i>Aedes aegypti</i> em armadilhas, precipitação e temperatura (°C) em 1962.....	26
<b>Figura 2</b> - Distribuição da dengue e da dengue hemorrágica no mundo antes e após 1960.....	27
<b>Figura 3</b> - Área de risco de transmissão da dengue para todos os continentes.....	28
<b>Figura 4</b> - Média anual de casos de dengue e dengue hemorrágica para todos os continentes segundo a OMS 2010.....	29
<b>Figura 5</b> - Estrutura geral de um Sistema de Informação Geográfica..	32
<b>Figura 6</b> - Mapa de Londres com óbitos por cólera identificados por pontos e poços de água representados por cruces, ano 1854.....	34
<b>Figura 7</b> - Estimador de intensidade de distribuição de pontos.....	40
<b>Figura 8</b> - Figura 8: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2001.....	48
<b>Figura 9</b> - Figura 9: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue Ribeirão Preto – SP, 2002.....	48
<b>Figura 10</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2003.....	49
<b>Figura 11</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2004.....	49
<b>Figura 12</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2005.....	49
<b>Figura 13</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2006.....	49
<b>Figura 14</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2007.....	50
<b>Figura 15</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2008.....	50

<b>Figura 16</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2009.....	50
<b>Figura 17</b> - Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2010.....	50
<b>Figura 18</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2001.....	51
<b>Figura 19</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2002.....	51
<b>Figura 20</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2003.....	52
<b>Figura 21</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2004.....	52
<b>Figura 22</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2005.....	53
<b>Figura 23</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2006.....	53
<b>Figura 24</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2007.....	54
<b>Figura 25</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2008.....	54
<b>Figura 26</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2009.....	55
<b>Figura 27</b> - Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por <i>Kernel</i> . Ribeirão Preto – SP, 2010.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Distribuições dos Coeficientes de Incidência da Dengue, segundo mês de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001 – 2010.....	44
<b>Gráfico 2</b> - Distribuições dos Coeficientes de Incidência da Dengue, segundo mês de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001 – 2009.....	44
<b>Gráfico 3</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2001.....	51
<b>Gráfico 4</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2002.....	51
<b>Gráfico 5</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2003.....	52
<b>Gráfico 6</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2004.....	52
<b>Gráfico 7</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2005.....	53
<b>Gráfico 8</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2006.....	53
<b>Gráfico 9</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2007.....	54
<b>Gráfico 10</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2008.....	54
<b>Gráfico 11</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2009.....	55
<b>Gráfico 12</b> - Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2010.....	55

## **LISTA DE SIGLAS**

**CEPAGRI** Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura

**CIAGRO** Centro de Integração de informações agrometeorologias

**CODERP** – Companhia de desenvolvimento econômico de Ribeirão Preto

**CSR** - *Complete Spatial Random*

**DATASUS** Banco de dados do sistema único de saúde

**DENV** Vírus da dengue

**DFH** Dengue Hemorrágica

**DSS** Síndrome de choque da dengue

**EERP** Escola de Enfermagem Ribeirão Preto

**EMBRAPA** Empresa brasileira de pesquisa agropecuária.

**FHD** - Dengue Hemorrágica

**IAC** Instituto Agrônomo de Campinas

**IBGE** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INPE** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**MS** Ministério da Saúde

**OMS** Organização Mundial da Saúde

**OPAS** Organização pan americana da saúde

**RIS** – Regulamento Internacional Sanitário

**SAGA** - Sistema de Análise Geo-Ambiental

**SAGRE** Sistema automatizado de gerência da Rede Externa

**SIG** Sistema de Informação Geográfica

**SMS** Secretaria Municipal de Saúde

**SINAN** Sistema Nacional de Agravos de Notificação

**SITIM** Sistema de Tratamento de Imagens e SGI – Sistema de Informações Geográficas

**SPRING** Sistema para processamento de informações geográficas.

**SVS** Secretaria de Vigilância em Saúde

**UFRJ** Universidade Federal Rio de Janeiro

**USP** Universidade de São Paulo

**WHO** – World Health Organization

## RESUMO

CAMINITI, G. B. **Padrões espaciais e variáveis climatológicas associados à dengue no município de Ribeirão Preto entre 2001 e 2010**. 2015. 76 p. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

A dengue é a mais importante, dentre as arboviroses, que afeta o homem e constitui-se em sério problema de Saúde Pública. No Brasil a dengue encontra-se presente em todos os 27 estados da Federação, distribuída por 3.794 municípios, sendo responsável por cerca de 60% das notificações nas Américas. Um dos municípios do estado de São Paulo, com um dos maiores índices de casos confirmados, é Ribeirão Preto. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o padrão espacial e associar os casos de dengue às variáveis climatológicas no município de Ribeirão Preto no período entre 2001 a 2010. Estudo com delineamento híbrido, ecológico e de tendência temporal. A população constituiu-se dos casos confirmados de dengue de residentes. Os dados foram coletados junto ao Sistema Nacional de Agravos de Notificação, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, DATASUS e Instituto Agrônomo de Campinas. A geocodificação foi realizada por meio do método por endereçamento. O comportamento dos padrões dos pontos dos casos geocodificados, foi descrito de acordo com o Estimador de Intensidade por *Kernel* e analisado segundo o método do vizinho mais próximo. Para o cálculo da correlação linear bivariada entre os casos novos de dengue e as variáveis climatológicas foram utilizados os Coeficiente de Correlação Linear de Spearman e Pearson, segundo conceito *time lag*. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Os mapas temáticos, complementados pela análise de vizinhança, mostraram concentração dos casos em regiões do município de alta densidade demográfica, habitações horizontalizadas, menores condições socioeconômicas, com visível acúmulo de materiais recicláveis não acondicionados, favorecendo a formação de depósitos de água. O método *time lag* mostrou que as condições climáticas apresentaram relação positiva com a transmissão de dengue entre dois e quatro meses de sua ocorrência. Os resultados aqui apresentados podem ser utilizados como estratégia para planejamento de ações de organismos públicos, visando à melhoria da saúde da população.

Descritores: Dengue, Epidemiologia, Saúde Pública, Análise Estatística, Análise Espacial

## ABSTRACT

CAMINITI, G.B. **Spatial patterns and climatological variables associated with dengue in the city of Ribeirão Preto between 2001 and 2010**. 2015. 76 p. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

Dengue is the most important among the arboviruses, which affects man and represents a severe Public Health Problem. In Brazil, dengue is present in all 27 states of the Federation, distribution across 3,794 cities, and is responsible for about 60% of the notifications in the Americas. One of the cities in the State of São Paulo with one of the highest confirmed case ratios is Ribeirão Preto. This study aimed to characterize the spatial pattern and associate the cases of dengue with the climatological variables in the city of Ribeirão Preto between 2001 and 2010. Research with a hybrid, ecological and temporal trend design. The population included the confirmed cases of dengue among residents. The data were collected from the National Disease Notification System, the Brazilian Institute for Geography and Statistics, DATASUS and Instituto Agrônomo de Campinas. For the purpose of geocoding, the addressing method was used. The behavior patterns of the geocoded case points were described using Kernel density estimation and analyzed according to the nearest neighbor method. To calculate the bivariate linear correlation between new dengue cases and the climatological variables, Spearman and Pearson's Linear Correlation Coefficients were used, according to the time lag concept. Approval for the project was obtained from the Institutional Review Board at the University of São Paulo at Ribeirão Preto College of Nursing. The thematic maps, complemented by the neighborhood analysis, showed a concentration of cases in regions of the city that show high demographic density, horizontal habitations, lower socioeconomic conditions, with a visible accumulation of non-conditioned recyclable material, favoring the creation of water deposits. The time lag method showed that the climatic conditions were positively related with the transmission of dengue between two and four months after its occurrence. The results presented here can be used as a strategy to plan public actions to improve the population's health.

Descritores: Dengue, Epidemiology, Public Health, Statistical Analysis, Spatial Analysis

## RESUMEN

CAMINITI, G.B. **Patrones espaciales y variables climatológicas asociados al dengue en el municipio de Ribeirão Preto entre 2001 y 2010.** 2015. 76 p. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

El dengue es el más importante entre los arbovirus, que afecta al hombre y representa problema serio de Salud Pública. En Brasil, el dengue está presente en todos los 27 estados de la Federación, distribuida por 3.794 municipios, siendo responsable por acerca del 60% de las notificaciones en las Américas. Uno de los municipios del estado de São Paulo con uno de los mayores índices de casos confirmados es Ribeirão Preto. La finalidad de este estudio fue caracterizar el patrón espacial y asociar los casos de dengue a las variables climatológicas en el municipio de Ribeirão Preto entre 2001 y 2010. Estudio con diseño híbrido, ecológico y de tendencia temporal. La población abarcó a los casos confirmados de dengue de residentes. Los datos fueron recolectados en el Sistema Nacional de Agravios de Notificación, Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística, DATASUS y Instituto Agrônomico de Campinas. La geocodificación fue llevada a cabo mediante el método de direccionamiento. El comportamiento de los patrones de los puntos de los casos geocodificados fue descrito según la Estimación de la densidad por Kernel y analizado según el método del vecino más cercano. Para calcular la correlación lineal bivariada entre los casos nuevos de dengue y las variables climatológicas fueron utilizados los Coeficientes de Correlación Linear de Spearman e Pearson, según el concepto time lag. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto de la Universidad de São Paulo. Los mapas temáticos, complementados por el análisis de vecindad, mostraron concentración de los casos en regiones del municipio de alta densidad demográfica, habitaciones horizontales, menores condiciones socioeconómicas, con acúmulo visible de materiales reciclables no acondicionados, favoreciendo la formación de depósitos de agua. El método time lag mostró que las condiciones climáticas tuvieron relación positiva con la trasmisión de dengue entre dos y cuatro meses de su ocurrencia. Los resultados presentados pueden ser utilizados como estrategia para planificar acciones de organismos públicos, visando a mejorar la salud de la población.

Palavras claves: Dengue, Epidemiología, Salud Pública, Análisis Estadístico, Análisis Espacial

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE GRÁFICOS .....	12
LISTA DE SIGLAS .....	13
RESUMO .....	15
ABSTRACT.....	16
RESUMEN .....	17
1. Introdução .....	19
1.1. Dengue .....	20
1.2. Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial .....	29
2. HIPOTHESES DO ESTUDO .....	36
3. Relevância do Estudo.....	36
4. Objetivos do Estudo.....	37
4.1. Geral .....	37
4.2. Específicos .....	37
5. Método.....	37
5.1. Local do estudo e período de coleta de dados .....	38
5.2. População do estudo .....	38
5.3. Variáveis de estudo e fonte de coleta de dados.....	38
5.4. Análise dos dados .....	39
5.5. Aspectos Éticos .....	41
6. Resultados.....	42
6.1. Caracterização dos casos de Dengue.....	42
6.2. Caracterização das variáveis climatológicas utilizados no estudo .....	44
6.3. Distribuição espacial e geocodificação dos casos de dengue .....	48
7. Discussão .....	56
8. Conclusões.....	60
9. Limitações do estudo e proposta para trabalhos futuros .....	61
9.1. Limitações.....	61
9.2. Trabalhos Futuros .....	61
10. Referências .....	62
Anexos .....	70
Apêndices.....	72

## 1. Introdução

A dengue é a mais importante dentre as arboviroses, viroses transmitidas de um hospedeiro para outro por meio de um ou mais tipos de artrópodes, que afeta o homem e constitui-se em sério problema de Saúde Pública no Brasil onde as condições do meio ambiente favorecem o desenvolvimento e a proliferação do vetor. A dengue está relacionada com os chamados macrofatores (ambientais, socioeconômicos, políticos e sociais) e os microfatores (dependentes das características biológicas do vírus, do vetor e da pessoa afetada) (OPAS, 2009).

No Brasil a dengue encontra-se presente em todos os 27 estados da Federação, distribuídas por 3.794 municípios, sendo responsável por cerca de 60% das notificações nas Américas (CÂMARA et al., 2007).

Um dos municípios do estado de São Paulo com um dos maiores índices de casos confirmados é Ribeirão Preto que está localizado a noroeste do estado de São Paulo, região que tem como característica climática o verão chuvoso com temperatura média 25 °C. Estas condições são favoráveis à dengue, pois os reservatórios naturais e artificiais de água, quando não cuidados, proporcionam locais ideais para o mosquito vetor depositar seus ovos e assim contribuir para a infestação do *Aedes aegypti*.

Para análise da distribuição espacial dos novos casos de dengue foi realizado a geocodificação dos mesmos utilizando a Sistema de Informação Geográfica (SIG) *ArcView* versão 3.0a e após esta etapa foi utilizado outro SIG denominado *TerraView* 4.2.2 o que permitiu identificar *clusters* e aglomerados o que nos proporcionou a identificação visual após da elaboração de mapas utilizando o método Estimador de Intensidade por Kernel.

A geocodificação desses eventos de saúde tem sido descrita como uma ferramenta importante à análise e avaliação de riscos à saúde coletiva, particularmente os relacionados ao meio ambiente e ao perfil sócio-econômico da população. Tal recurso participa na investigação em que se verificam fatores determinantes de agravos à saúde, auxiliando na identificação da interdependência de processos espaciais, que se refletem na sua configuração social, ambiental e epidemiológica (MACHADO; OLIVEIRA; SOUZA-SANTOS, 2009).

## 1.1. Dengue

Para o entendimento da epidemiologia dos vírus da dengue é necessário entender a bionomia de seu principal vetor o mosquito *Aedes aegypti*. A interação dos vírus da dengue com esta espécie. Também deve ser considerado o impacto do comportamento humano em relação à sobrevivência do mosquito e outros importantes fenômenos tais como condições climáticas e meteorológicas. E por último fatores virais e do hospedeiro serão apresentados como agravantes de infecção incluindo aprimoramento da viremia, imunidade do enxame, aglomeração e transporte de mosquitos hospedeiros e vetor e da evolução e seleção de vírus da dengue (HALSTEAD, 2008).

Evidências mostram que o vírus da dengue em humanos evoluiu como um parasita de primatas (TRPIS; HAUSSERMANN, 1986). Animais infectados com o vírus ancestral da dengue devem ter sido separados por períodos prolongados, permitindo assim a evolução do vírus envelopado proteínas diferentes o suficiente para escapar da neutralização cruzada. Resultando assim os quatro tipos de vírus (denv1, denv2, denv3 e denv4). A provável propagação da África durante os tempos históricos de *Aedes aegypti* em todo o mundo criou um nicho ecológico permitindo, inclusive, um ciclo de transmissão urbana (ILKAL et al., 1991). Evidência genética das poucas cepas estudadas sugere que os quatro vírus silvestres foram importados de forma independente para o ciclo urbano nos últimos 1.000 anos (TRPIS; HAUSSERMANN, 1986) e, a partir de evidências ecológicas, isso pode ter ocorrido na Ásia tropical.

A dengue é causada por qualquer um dos quatro tipos ou sorotipos: denv-1, denv-2, denv-3 ou denv-4. A infecção por um sorotipo não significa estar protegido de outros, e infecções sequenciais deixam as pessoas em maior risco para a Dengue Hemorrágica (FHD) (denv-2) e a Síndrome do Choque da Dengue (DSS) (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2011).

Todos os vetores dos quatro vírus conhecidos da dengue pertencem aos vetores do gênero *Aedes*. A Dengue é transmitida por meio do mosquito *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* que são encontrados em todo mundo, principalmente nos países tropicais. Os insetos que transmitem a doença são vetores.

Atributos dos vetores da dengue deste gênero, tais como a competência e capacidade vetorial têm sido estudados e uma grande variação entre as subpopulações disponíveis para estudos de laboratório (GUBLER, 1976; ROSEN et al., 1985).

Esta espécie evoluiu na África, onde uma forma silvestre ancestral do *Aedes*, *Aedes formosus*, é enzoótica na África Oriental e Central (TRPIS; HAUSSERMANN, 1986).

*Aedes formosus* é antropofílico, ou seja, são parasitas que apresentam preferência de hospedar-se em seres humanos e não em outros animais. Formas mais leves se tornaram domesticadas e adaptadas aos habitat humano e são abundantes nas aldeias e em cidades na África Ocidental onde, conhecido como *Aedes aegypti*, tem sido o vetor da epidemia urbana da febre amarela. Devido à sua capacidade de se reproduzir em água armazenada utilizada para beber ou se lavar e a resistência à dessecação, o *Aedes aegypti* foi capaz de sobreviver às longas viagens da época de veleiros. Sem dúvida o comércio entre a África Ocidental e o resto do mundo resultou na introdução de *Aedes aegypti* na Ásia e nos trópicos americanos. É provável que isso iniciasse após as viagens dos portugueses de descobrimento que levaram ao estabelecimento de rotas de comércio em torno do Cabo da Boa Esperança, da Europa à Índia e Extremo Oriente. Isto foi seguido pela expansão colonial europeia na América durante o século XVI e no início do comércio de escravos (HALSTEAD, 2008).

A importação quase simultânea do vírus da febre amarela e do *Aedes aegypti* no continente americano ocorreu durante o mesmo período. Há boas evidências de que cada um dos quatro vírus da dengue evoluiu como parasitas em primatas, mas a análise evolutiva da pequena coleção de linhagem zoonótica ainda não estabeleceu a sua origem geográfica (WANG et al., 2000). Vírus da dengue tipo 2 é enzootico na população de primatas na África, e todos os quatro vírus no sudeste asiático (RUDNICK; LIM, 1986). Os vírus da dengue também são enzooticos no subcontinente indiano, mas insuficientemente estudado (HALSTEAD, 2008).

Durante a Era Glacial, o arquipélago indonésio estava ligado como uma única massa de terra. Com o fim da Era Glacial, o nível do mar subiu e criou muitas ilhas, hoje preenchido com diferentes espécies de primatas. É interessante que o DENV-2 recuperado de primatas Africanos é mais estreitamente relacionado com o genótipo

Americano de DENV-2 do que vírus DENV-2 da Ásia. É possível que apenas o genótipo DENV-2 da América passou da Ásia tanto para o hemisfério americano e na África durante o século XX (HALSTEAD, 2008).

Somente após isolar e caracterizar o vírus da dengue durante a 2ª Guerra Mundial foi possível atribuir surtos a eles. Enquanto a dengue, como doença, foram encontrados relatos na China em 992 e nas Índias Ocidentais em 1600, mas sem um quadro clínico não seria apropriado afirmar que esses focos seriam da dengue.

A ecologia do *Aedes aegypti* adultos, em ambientes domésticos, urbanos é caracterizada por forte antropofilia e alimentação diurna, geralmente com dois picos - um no meio da manhã e no fim da tarde. É provável que maioria do mosquito fêmea possa se alimentar duas ou até três vezes durante um único ciclo gonadotrófico (HERVY, 1977; PANT; YASUNO, 1973; TRPIS; HAUSSERMANN, 1986). Os locais preferidos de descanso dos adultos são abrigos em espaços escuros dentro das casas. O tempo de vida médio da fêmea do mosquito vetor é de 5 a 8 dias e o macho do mosquito é de 3 a 6 dias.

É reconhecido por muitos pesquisadores, que o mosquito fêmea, realiza múltiplas refeições antes de completar um ciclo gonadotrófico, (GOULD et al., 1970; YASUNO; TONN, 1970). Os experimentos clássicos de Siler (1926) demonstraram que os mosquitos fêmea, uma vez infectados, permanecem infectantes durante toda a fase adulta, mesmo após repetidas picadas em seres humanos. Assim, em uma população suscetível, alimentação múltipla, contribui para a disseminação explosiva do vírus da dengue por um pequeno número de mosquitos. Importante, adquirido o vírus por mosquitos em uma segunda refeição através de uma pessoa virêmica pode neutralizar a primeira refeição se conteve anticorpos neutralizantes e se a segunda refeição foi realizada dentro de 6 horas da primeira (CHEN; CHEN, 1990).

A dispersão espontânea de mosquitos é geralmente limitada, com a média entre 30 a 50 metros por dia para as fêmeas, o que significa que uma fêmea raramente visita mais do que duas ou três casas durante sua vida. Em alguns lugares, como em Porto Rico, a distância do vôo da fêmea pode ser relativa com a disponibilidade de locais para depositar seus ovos e isso pode ser bem mais distante. A dispersão passiva de ovos e larvas é comum, Incluindo trens, barcos e aeronaves. Devido à fraca dispersão espontânea da espécie e a fácil dispersão passiva o Regulamento Internacional Sanitário - RIS determina que a área a 400

metros de portos e aeroportos internacionais devem ser mantidos livres do *Aedes aegypti* (HALSTEAD, 2008).

Os sintomas da infecção começam geralmente entre 4<sup>o</sup> e o 7<sup>o</sup> dias após a picada do mosquito e, normalmente duram entre 3 e 10 dias. Para que ocorra a transmissão o mosquito deve se alimentar do sangue de uma pessoa no período de 5 dias após a pessoa ser picada, pois neste período é quando existe uma grande quantidade de vírus circulando no sangue. E esse período geralmente começa antes da pessoa ser tornar sintomático. Algumas pessoas podem não ter apresentado sintomas da doença, mas mesmo assim podem infectar os mosquitos. O mosquito permanecerá infectado pelo resto de sua vida, o que pode levar dias ou algumas semanas. Em casos excepcionais o vírus da dengue pode ser transmitido por meio de transplante de órgãos ou transfusão por doadores infectados e há evidências de transmissão de gestantes para seu feto. Mas na maioria dos casos a infecção ocorre pela picada do mosquito infectado (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2011).

A fêmea do mosquito deposita seus ovos individualmente nas paredes de ambos os reservatórios de água artificial e natural. Esses ovos resistem à dessecação por semanas e meses, e eclodem quando submersos em água. As larvas e pupas preferem água limpa em diferentes tipos de recipientes artificiais como em locais de armazenamento de água (tanques, potes, cisternas, vasos), contêineres ornamentais (suporte de flor, armadilhas para formigas) e itens descartados (pneus, recipientes de plástico, garrafas). As espécies também, ocasionalmente, depositam seus ovos em *habitats* naturais como bromélias e fendas de árvores. Recipientes colocados do lado de fora das casas e que podem ser preenchidos com água das chuvas e tornam-se ambientes apropriados a reprodução do mosquito. Recipientes protegidos ou em área coberta podem produzir pupas durante todo o ano. Quando os *habitats* larvas estão em ambientes naturais a prevalência de larvas e mosquito adulto é freqüentemente sujeita a variações sazonais. A duração do estágio larval é de 7 e 9 dias em uma temperatura de 25<sup>o</sup> Celsius e o estágio pupa é de 2 a 3 dias na mesma temperatura (HALSTEAD, 2008).

Dois principais fatores que controlam a população do *Aedes aegypti* são: clima e a disponibilidade de locais para reprodução (criadouros). As alterações da população podem ou não estar correlacionadas às condições climáticas. A

variabilidade diária, sazonal e interanual da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação influenciam os mosquitos de diversas maneiras (HALSTEAD, 2008).

O número de dados limitado de estudos sobre *Aedes aegypti* fêmea mostrou que a longevidade variando de 8,5 dias (SHEPPARD et al., 1969) a 42 dias (TRPIS; HAUSSERMANN, 1986). A longevidade foi de 9 dias, em condições naturais na África Oriental (TRPIS; HAUSSERMAN, 1986). Em simulações de computador, as taxas de sobrevivência variam entre 0,895 a 0,91 com uma média de 0,908 (FOCKS et al., 1993).

Uma pequena alteração na taxa de sobrevivência diária tem um impacto considerável na transmissão. Por exemplo, em um modelo matemático de transmissão do vírus *chikungunya* por *Aedes aegypti*, uma mudança na taxa de sobrevivência diária de 0,89 a 0,94 alterou o curso da doença a partir de uma epidemia relativamente curta, auto-limitando a um estado endêmico estável (DE MOOR; STEFFENS, 1970). A maioria, se não todos, os pesquisadores que trabalham em modelos matemáticos de infecções de artrópodes aceitam a hipótese de que a probabilidade de sobrevivência do mosquito é constante por toda sua vida. Esta idéia foi apoiada por uma publicação mais recente (CLEMENTS; PATERSON, 1981). De acordo com Smith (1975), no entanto, que é improvável, e estudos de campo ainda são recomendados. A temperatura afeta não só a longevidade, mas também a duração do ciclo gonadotrófico, contribuindo fatores correlacionados com a sazonalidade da dengue na Tailândia (PANT; YASUNO, 1973).

No final dos anos 1950, a Organização Mundial de Saúde - OMS, a pedido do governo da Tailândia, criou uma Unidade de Investigação do *Aedes*, para estudar a ecologia e controle do *Aedes aegypti*. A hipótese testada foi a de que as mudanças sazonais estavam correlacionadas com as epidemias anuais de dengue. Habitações em Templos eram similares as do lado de fora das residências do complexo. Também típico de outras residências de Bangkok foram os tipos de recipientes cheios de água, principalmente de grandes jarros de água 100-200 litros utilizados para armazenamento, vasos e armadilhas de formigas. *Aedes aegypti* foi único mosquito que se reproduziu na grande maioria dos recipientes (SHEPPARD et al., 1973; TONN; SHEPPARD; BANG, 1969). Ao longo do período do estudo, existiam cerca de 100 frascos de 50 vasos e 50 armadilhas para formigas no templo, com cerca de 53% deles ocupados por *Aedes aegypti*. O número de recipientes cheios

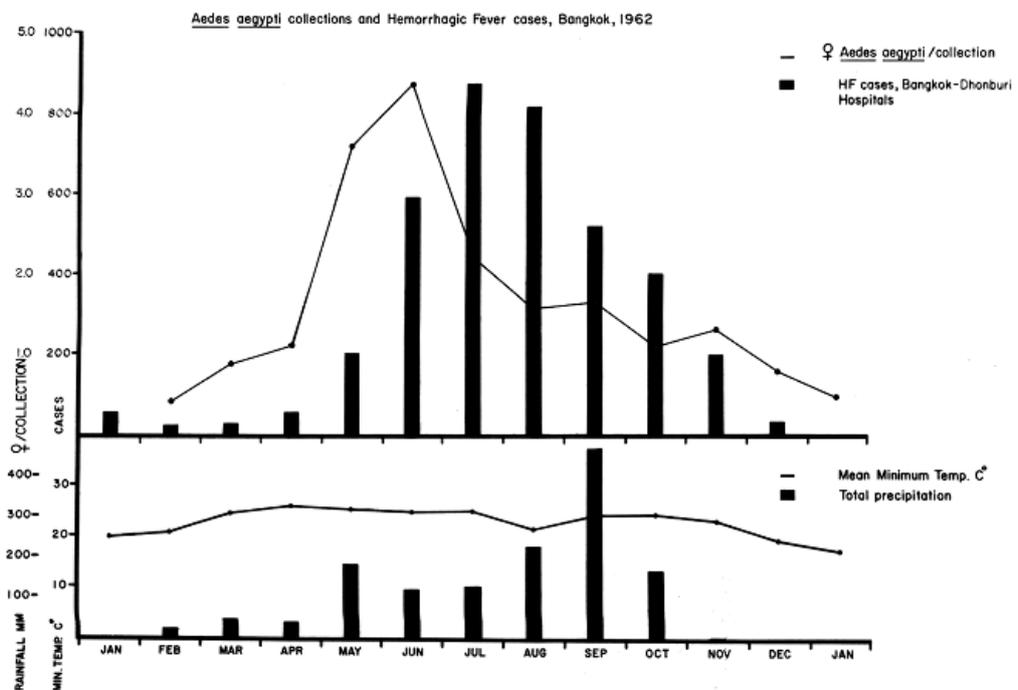
de água e a proporção de mosquitos foram notavelmente constantes. Com exceção de uma parte do veneno para formigas, todos os recipientes foram preenchidos manualmente e não foram influenciados pela precipitação. Observou-se que não houve flutuação na produção e densidade na população de mosquitos em resposta as chuvas. Em vez disso, houve um aumento sazonal em mosquitos sobreviventes devido à temperatura e umidade atmosférica. Concluiu-se que a associação de epidemias de dengue com chuvas pode ser explicada pelo aumento de mosquitos e atividade alimentar desses mosquitos vetores (HALSTEAD, 2008). Em contraste com o estudo no Templo de Bangkok, estudos longitudinais em Porto Rico mostraram uma correlação positiva entre a precipitação e abundância do vetor, com a correlação sendo mais forte na seca, nas áreas ao sul da ilha (DE MOORE; CLINE; TIBEN, 1978).

A abundância de mosquitos vetores não variou com a temperatura, mas com a abundância e produtividade dos recipientes de retenção de água. Em contraste com a reprodução familiar em Bangcoc, a maioria dos reprodutores em Porto Rico, ocorre ao ar livre e em recipientes cheios pela água da chuva como vaso de flores e principalmente bebedouros de animais e pneus descartados. Moore et al., (1978) descrevem a relação entre a precipitação, a abundância do vetor e transmissão da seguinte forma: "Pelo menos no sul de Porto Rico o aumento rápido da densidades do *Aedes aegypti* dá-se com o início das chuvas em julho e agosto. Esta relação leva ainda a uma relação bastante estreita entre a precipitação sazonal e incidência de dengue, o pico ocorre em aproximadamente 6 a 8 semanas após o pico das chuvas e que os padrões de precipitação parecem ser um indicador razoavelmente eficaz do tempo de transmissão da dengue". A produtividade do recipiente não é limitada pela temperatura ou oviposição, mas por sobrevivência das larvas, em última análise, conduzido pela quantidade de alimento presente ou formado fotossinteticamente no container.

Dados semelhantes associando o aumento nas populações de mosquitos no início da estação chuvosa foram obtidos em estudos realizados na Faculdade de Medicina SEATO através do Laboratório de Pesquisa em Bangkok, na Tailândia. Durante 1962, cinco áreas em Bangkok foram monitoradas por populações de mosquitos com armadilhas com isca humana. Colecionadores estavam presentes em cada uma dessas áreas 0400-1.300 e 1.500-2.300, cinco dias por semana,

durante todo o ano. Ao alimentá-los, 3.674 *Aedes aegypti* foram capturados pelos coletores (SCANLON, comunicação pessoal, relatório anual, SEATO Laboratório de Pesquisas Médicas, 1963). Esses mosquitos resultaram em 21 linhagens do vírus da dengue e 7 linhagens do vírus *chikungunya*, um togavírus transmitidos pelo *Aedes aegypti*. Internações mensais de casos de dengue hemorrágica em Bangkok, em hospitais da Tailândia, captura da fêmea do *Aedes aegypti* em armadilhas, precipitação e temperatura (°C) em 1962 são mostrados na figura 1.

**Figura 1:** Internações mensais de casos de dengue hemorrágica em Bangkok, em hospitais da Tailândia, captura da fêmea do *Aedes aegypti* em armadilhas, precipitação e temperatura (°C) em 1962

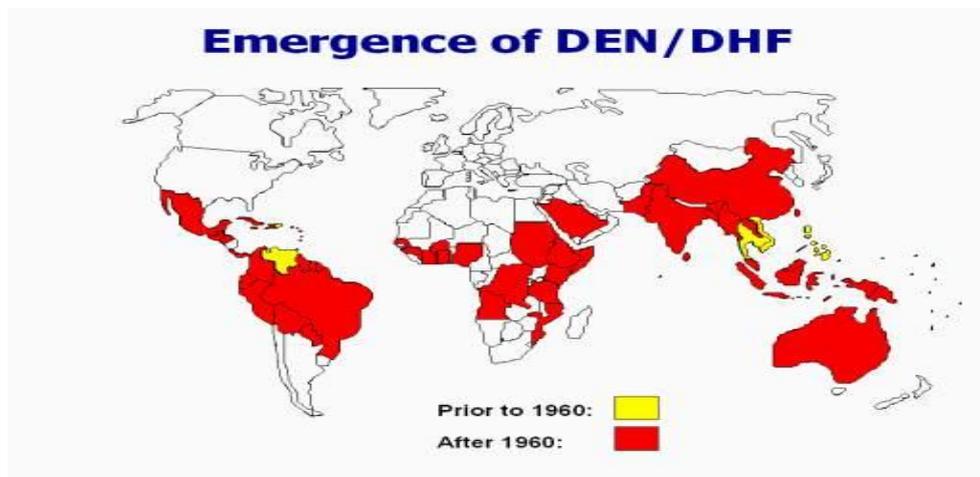


**Fonte:** GUBLER, 1976

Ao longo da história, surtos da dengue foram registrados em todos os continentes com exceção da Antártica (HALSTEAD, 1980). Durante os séculos XVIII e XIX ocorreram epidemias em terras recém colonizadas, amplamente por causa da necessidade de armazenamento doméstico de água em áreas de fronteira. A bordo de navios ou em locais de armazenagem de água os surtos em não indígenas e ou visitantes foram relatados na África, no subcontinente indiano e sudoeste asiático

(LUMLEY; TAYLOR, 1943; SILER; HALL; HITCHENS, 1926). Não se sabe quantos vírus da dengue foram introduzidos no hemisfério ocidental desde o início do comércio internacional iniciado após 1492. O genótipo americano da dengue tipo 2, foi isolado pela primeira vez em Trinidad em 1951, pode ter sido transmitido nos trópico americano durante a metade do século XX e que pode ter sido a causa do surto no Panamá e Cuba antes da Segunda Guerra Mundial (GUZMAN et al., 1990; ROSEN, 1958). Durante a Segunda Guerra Mundial, a infecção pelo vírus da dengue era comum entre os combatentes do Pacífico, espalhando-se para bases aéreas como no Japão, Havaí e Polinésia (SABIN, 1952). Nos 50 anos seguintes a Segunda Guerra Mundial, após a introdução de todos os quatro sorotipos do sudeste da Ásia, os principais surtos da dengue hemorrágica ocorreram nas ilhas do Pacífico, América tropical e sul da Ásia (GUBLER, 1997; HALSTEAD, 1980). A Figura 2 mostra a distribuição da dengue e da dengue hemorrágica no mundo antes e após 1960.

**Figura 2:** Distribuição da dengue e da dengue hemorrágica no mundo antes e após 1960



**Fonte:** OMS, 2009

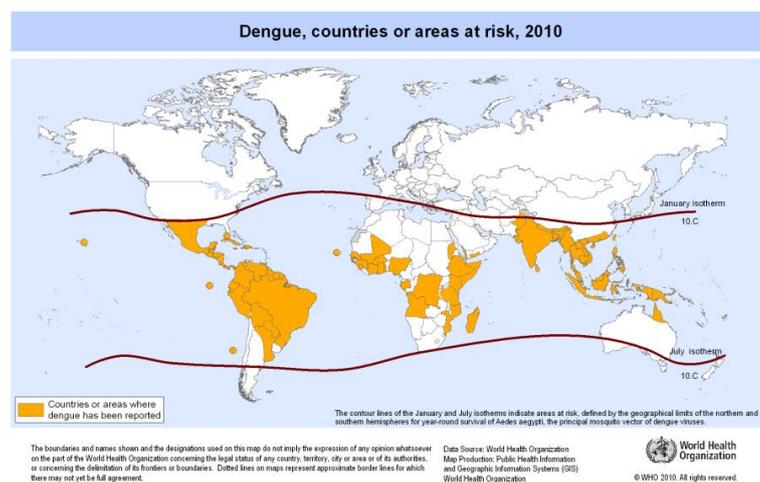
O sorotipo *denv-1* de origem Asiática apareceu no Caribe em 1977 e espalhou-se e permaneceu endêmica na região costeira da América Central e na América da Sul, Brasil e México (GUBLER, 1996; HALSTEAD, 1984). Este vírus teve uma rápida passagem pelos Estados Unidos da América ao longo do Texas até aos limites com o México. Uma forte epidemia do sorotipo *denv-2* do sudeste Asiático deixou

116.000 pessoas hospitalizadas em Cuba em 1981. De 1986 a 1990 o dengue tipo 1 espalhou-se pela maior parte da costa brasileira e de lá para o Paraguai e então para o Peru e Equador (GUBLER, 1996). Em 1990, mais de 9000 casos de dengue foram registrados na Venezuela, onde 2600 desses casos foram classificados com dengue hemorrágica com 74 mortes registradas. Dengue tipo 1, 2 e 4 foi isolado a partir dessas epidemias. Desde então, dengue hemorrágica (DHF) e a síndrome do choque da dengue (DSS) já havia se espalhado pela Colômbia, Guiana Francesa, Guiana, Brasil e Nicarágua e uma pequena parte de Porto Rico. Uma epidemia da dengue-2 interessante na América foram encontradas infecções secundárias em Iquitos no Peru, mas esses casos não resultaram em DHF/DSS. Em 1995 o genótipo dengue-3 foi introduzido nessa região.

Uma Epidemia interessante do genótipo dengue-2 da América foi encontrado milhares de infecções secundárias em Iquitos, Peru.

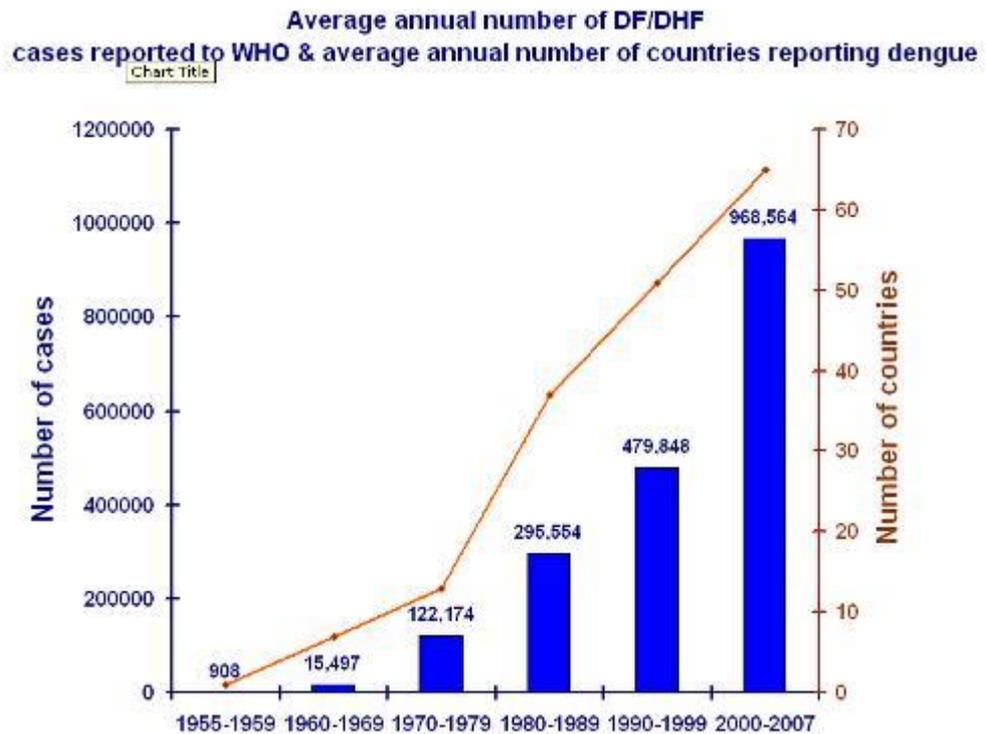
As Figuras 3 e 4 mostram, para todos os continentes, as áreas de risco de transmissão da dengue e a média anual dos casos de dengue e dengue hemorrágica, respectivamente.

**Figura 3:** Área de risco de transmissão da dengue para todos os continentes



**Fonte:** OMS, 2009

**Figura 4:** Média anual de casos de dengue e dengue hemorrágica para todos os continentes segundo a OMS 2010



**Fonte:** OMS, 2009

Em muitas partes dos países tropicais e subtropicais, a dengue é endêmica, isto é, ocorre em vários anos, geralmente durante o período em que a população do *Aedes* é muito alto/densa, muitas vezes, quando a chuva favorece a reprodução. A epidemia da dengue tem como requisito a coincidência entre um número elevado de mosquitos infectados com um número de pessoas sem imunidade a um dos quatro tipos de sorotipos (DENV 1, DENV 2, DENV 3, DENV 4) e oportunidade de contato entre as duas.

## 1.2. Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial

Segundo Queiroz e Câmara (2001), no Brasil o geoprocessamento iniciou-se a partir de esforço de divulgação e formação de pessoal junto à Universidade Federal do Rio de Janeiro no início dos anos 80. E após dois anos com a vinda para o Brasil

do responsável pelo desenvolvimento do primeiro SIG –Sistemas de Informação Geográfica, o *Canadian Geographical Information System*, surgiram nos grupos interessados em desenvolver a tecnologia como no quadro 1.

**Quadro 1:** Aplicações de técnicas de geoprocessamento, segundo grupos de pesquisa e desenvolvimento

<b>Grupo</b>	<b>O que foi desenvolvido</b>	<b>Aplicação</b>
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	SAGA – Sistema de Análise Geo-Ambiental	Capacidade de análise geográfica.
MaxiDATA	MaxiCAD – Sistema para automatização de processos cartográficos	Utilizado principalmente em aplicações de mapeamento por computador
CPqD/TELEBRÁS	SAGRE – Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa	Aplicações de geoprocessamento no setor de telefonia.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	SITIM – Sistema de Tratamento de Imagens e SGI – Sistema de Informações Geográficas (1984 a 1990)  SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas (a partir de 1991)	Tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto, mapas cadastrais, temáticos, redes e modelos numéricos de terreno.

**Fonte:** QUEIROZ; CÂMARA 2001

Os SIG são sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas em suas características alfanuméricas, mas também de sua localização espacial/geográfica e oferecem aos profissionais de diversas áreas uma visão inédita de seu ambiente de trabalho ou objeto de estudo, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. E sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como saúde, agricultura, planejamento urbano entre outras, há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG segundo Queiroz e Câmara (2001):

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos;

- como um banco de dados geográfico, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Tais visões do SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. A seguir são apresentadas algumas definições de SIG para esclarecer melhor o assunto:

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF, 1989).

“Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (BURROUGH, 1998).

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 1988).

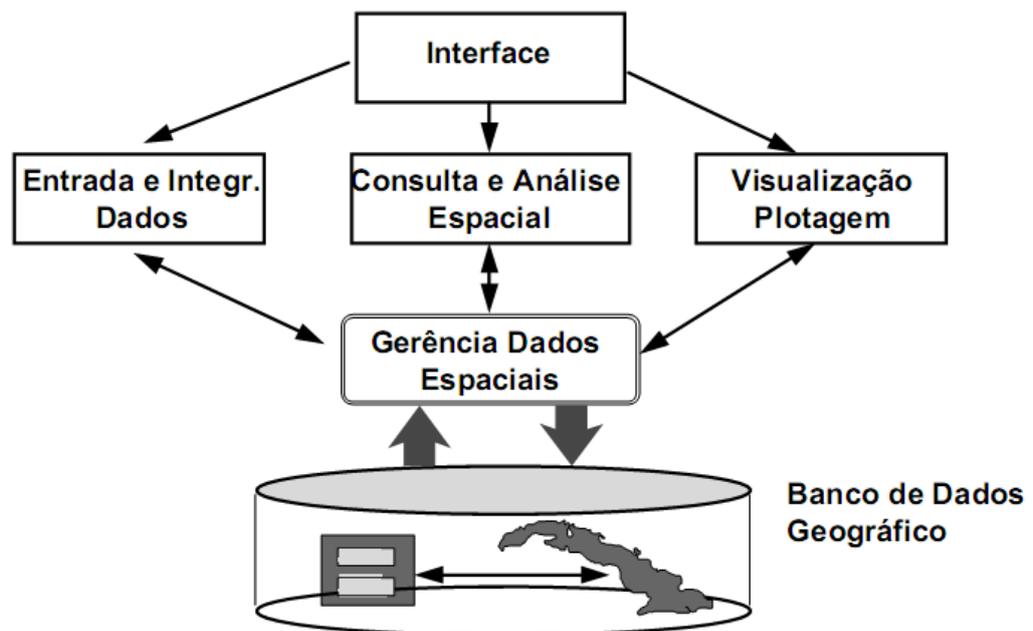
“Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (SMITH et al., 1987).

Tais definições de SIG mostram a multiplicidade de usos e visões possíveis dessa tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Dessa forma, é possível apresentar as principais características de SIG's:

- Inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastros urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

A Figura 5 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG.

**Figura 5:** Estrutura geral de um Sistema de Informação Geográfica



**Fonte:** QUEIROZ; CÂMARA, 2001

A análise espacial foi influenciada por pressupostos estatísticos e modelos matemáticos oriundos da geometria analítica, os algoritmos de análise espacial foram rapidamente adaptados a *softwares* por meio de linguagem computacional o que, atualmente, se tornou o cerne dos Sistemas de Informações Geográficas. Os dados geográficos digitais são produtos da sociedade informacional. A informação geográfica, ou dado geográfico acompanhado de explicações comunicadas em mapas é, sobretudo informação espacialmente endereçada em formato gráfico e baseada em dados (VITTE, 2007). Por outro lado, segundo Berry (1993) o conhecimento geográfico é a informação geográfica utilizada em um determinado

contexto metodológico para explicar um fenômeno, enquanto a sabedoria geográfica inclui, além de dados, informações e conhecimento, o tempo e a raridade.

Análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que consiste explicitamente do relacionamento espacial presente no fenômeno. Os modelos inferenciais espaciais são apresentados em três grupos: variação contínua, variação discreta e os processos pontuais. A resolução de problema pode envolver a utilização de um deles ou a interação de mais dois. Compreender a distribuição espacial de dados que tem como origem fenômenos ocorrido no espaço contribui atualmente um grande esforço para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, em ambiente, em geologia, em agronomia, entre tantas outras (DRUCK, 2004).

Além da percepção visual da distribuição espacial do problema, é muito útil traduzir os padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis, como nos seguintes casos (COSTA, 2014):

- Epidemiologistas coletam dados sobre ocorrência de doenças. A distribuição dos casos de uma doença forma um padrão no espaço? Existe associação com alguma fonte de poluição? Evidências de contágio? Variação no tempo?
- Deseja-se investigar se existe alguma concentração espacial na distribuição de roubos/homicídios que ocorrem em determinadas áreas estão correlacionadas com características sócio-econômicas dessa área?

Todos esses problemas fazem parte da análise espacial de dados geográficos. A ênfase da Análise Espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita (DRUCK, 2004). Um estudo clássico é o realizado pelo médico britânico John Snow que, analisando uma epidemia de cólera ocorrida em Londres, no ano de 1954, procurou demonstrar associação entre mortes por cólera e suprimento de água por meio de diferentes bombas públicas de abastecimento (SNOW, 1999). Duas companhias de água concorrentes forneciam água encanada aos lares de Londres: a *Lambeth Company* e a *Southwark and Vauxhall Company*. Uma das companhias, *Lambeth*, captava água do rio Tâmisa, antes da entrada de

esgoto de Londres, e a outra companhia retirava água depois desse ponto. Essa era a grande oportunidade para investigar se a água contaminada pelo esgoto causava o cólera. Snow obteve uma lista das mortes por cólera na cidade e comprometeu-se a descobrir quais casas utilizavam água de qual companhia. Os resultados foram conclusivos: enquanto em 10 mil casas abastecidas pela *Lambeth Company* ocorreram 37 mortes, em 10 supridas pela *Southwark and Vauxhall Company* houve 315 mortes. Dessa forma, Snow foi gradativamente construindo um dos pontos de maior importância do seu método, que é o de buscar conhecer os fatos em seus aspectos mais íntimos, para então formular uma possível explicação causal para eles (SNOW, 1999).

A Figura 6 mostra o mapa da cidade de Londres e distribuição espacial dos casos de cólera e poços de água.

**Figura 6:** Mapa de Londres com óbitos por cólera identificados por pontos e poços de água representados por cruzes, ano 1854



**Fonte:** SNOW, 1999

O estudo da variação espacial dos eventos produz um diagnóstico comparativo que pode ser utilizado das seguintes maneiras: indicar os riscos a que a

população está exposta, acompanhar a disseminação dos agravos à saúde, fornecer subsídios para explicações causais, definir prioridades de intervenção e avaliar o impacto das intervenções. Portanto, a geocodificação dos eventos de saúde é importante na análise e avaliação de riscos à saúde coletiva, particularmente as relacionadas com o meio ambiente e com o perfil socioeconômico da população (PEREIRA, 2002).

Segundo Druck et al. (2004) a taxonomia mais utilizada para caracterizar os problemas de análise espacial considera três tipos de dados:

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

A partir das definições anteriores é necessário identificar em qual tipo de dados o objeto de estudo está relacionado e dentro das várias ferramentas disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) escolher aquela que possibilitará uma análise dos dados geográficos de forma que identifique ou não os padrões espaciais esperados.

## **2. HIPOTHESES DO ESTUDO**

Frente ao apresentado, o presente estudo tem como hipóteses:

- Existe um intervalo de tempo necessário para que a ocorrência dos casos de dengue correlacione-se positivamente com o valor registrado da temperatura média do ar no município de Ribeirão Preto.
- Existe um intervalo de tempo necessário para que a ocorrência dos casos de dengue correlacione-se positivamente com o valor registrado da pluviosidade no município de Ribeirão Preto.
- A ocorrência geográfica dos casos de dengue caracteriza-se por uma distribuição não aleatória no município de Ribeirão Preto para cada ano, no período de 2001 a 2010.

## **3. Relevância do Estudo**

A natureza ecológica do trabalho permite conhecer como os casos de dengue estão distribuídos no espaço geográfico por meio de técnicas de geoprocessamento. A abordagem espacial de saúde é uma ferramenta que visa ajudar na elaboração de novas estratégias de controle da doença e também ressaltar a necessidade de superação das iniquidades sociais (HINO, 2008).

Portanto, em termos de saúde pública e para um maior impacto no controle da dengue, espera-se que os serviços de saúde não tenham como principal tarefa apenas tratar o doente de dengue. Os esforços devem ser voltados a uma questão mais ampla, que envolve compreender a situação da dengue inserida no contexto das condições de vida da população e o espaço que a envolve.

## 4. Objetivos do Estudo

### 4.1. Geral

- Caracterizar o padrão espacial e associar os casos de dengue às variáveis climatológicas no município de Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010.

### 4.2. Específicos

- Descrever a evolução temporal dos casos de dengue, segundo coeficiente de incidência mensal, no município de Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010.
- Analisar as correlações bivariadas lineares entre os casos de dengue e variáveis climatológicas (temperatura do ar e pluviosidade), no município de Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010, utilizando o conceito de *time-lag*.
- Descrever o padrão espacial dos casos de dengue, no município de Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010, segundo geocodificação dos casos.
- Analisar o padrão espacial dos casos de dengue, no município de Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010, segundo estimador de densidade por Kernel e método do vizinho mais próximo.

## 5. Método

Para atingir os objetivos estabelecido, foi proposto um estudo com delineamento híbrido, ecológico e de tendência temporal (retrospectivo e longitudinal). Segundo Medronho (2002) estudos ecológicos são estudos nos quais a unidade de análise é uma população ou um grupo de pessoas, que geralmente pertence a uma área geográfica definida.

De acordo com Almeida Filho e Rouquayrol (2002), os principais objetivos dos estudos ecológicos são identificar regiões de risco em relação à média do processo estudado e busca fatores potencialmente explicativos dos diferenciais de incidência encontrados.

Diversos estudos ecológicos têm apresentado contribuições relevantes à pesquisa epidemiológica, apontado caminhos para investigar potenciais associações com as variáveis espaciais da ocorrência da doença (HINO, 2006).

### **5.1. Local do estudo e período de coleta de dados**

A região administrativa de Ribeirão Preto é composta por 25 municípios e ocupa uma área de 9.348 km<sup>2</sup> ou 3,8% do território paulista. A cidade de Ribeirão Preto situa-se na região noroeste do estado de São Paulo, nas coordenadas 21° 12' 42" de latitude Sul e 47° 48' 24" de longitude Oeste. Apresenta área de 651 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 2010 de 583.842 habitantes (IBGE, 2011). Está a uma altitude de 564 metros acima do nível do mar, a 313 quilômetros da capital e situa-se em uma região de clima tropical úmido, caracterizado pelo verão chuvoso e pelo inverno seco. A temperatura média mensal é de 23,2° Celsius com índice pluviométrico médio de 1422 mm por ano (CEPAGRI, 2009).

### **5.2. População do estudo**

A população desse estudo constituiu-se dos casos confirmados de dengue de residentes em Ribeirão Preto, São Paulo, no período entre janeiro de 2001 a dezembro de 2010.

### **5.3. Variáveis de estudo e fonte de coleta de dados**

Nesse estudo foram utilizadas as seguintes variáveis:

- Casos confirmados de dengue, de residentes em Ribeirão Preto, obtidos do banco de dados do Sistema Nacional de Agravos de Notificação –

SINAN fornecido pela Secretaria da Saúde – Departamento de Vigilância Epidemiológica da Prefeitura Municipal do município de Ribeirão Preto-SP.

- Número de habitantes do município de Ribeirão Preto obtido através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e DATASUS – Banco de dados do sistema único de saúde. Dados necessários para o cálculo dos coeficientes de incidência mensais apresentados descritivamente em forma de gráfico.
- Variáveis climáticas, temperatura média do ar e pluviosidade acumulada mensal, obtidas do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas que possui uma estação meteorológica na Fazenda Experimental em Ribeirão Preto e da empresa *Agrosystem* – equipamentos agro meteorológicos e CIIAGRO do governo do estado de São Paulo.

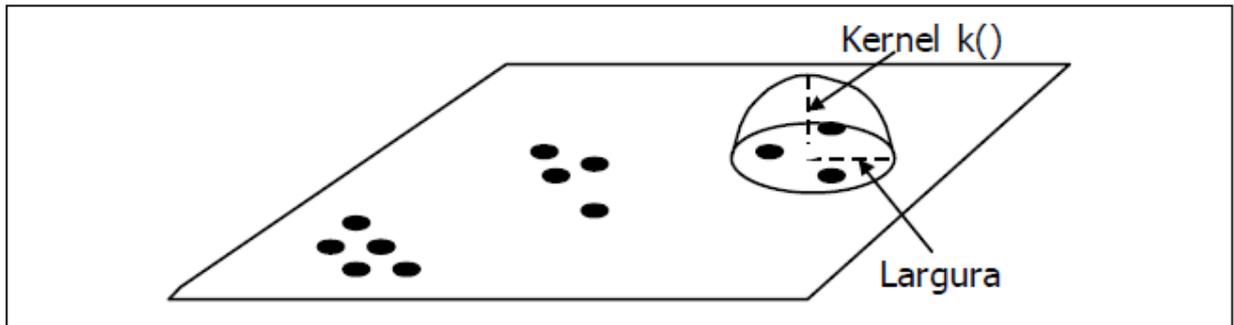
#### **5.4. Análise dos dados**

A geocodificação dos casos de dengue foi realizada por meio do método por endereçamento. A base de dados cartográfica utilizada foi adquirida junto a Companhia de Desenvolvimento de Ribeirão Preto - CODERP.

Essa base de dados foi importada para o SIG ArcView onde foi realizado a geocodificação por endereço manual e automática para cada caso de dengue notificado segundo as informações do banco de dados do Sistema Nacional de Agravos de Notificação – SINAM fornecido pela Secretaria da Saúde – Departamento de Vigilância Epidemiológica da Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto. Para a realização da análise espacial foi utilizado o SIG Sistema de Processamento de Informações Georreferenciados – SPRING (*software* livre), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Para analisar o comportamento dos padrões dos pontos, casos geocodificados, foi utilizado o Estimador de Intensidade por *Kernel*. Este método realiza a contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse (DRUCK, 2004), como mostrado na figura 7.

**Figura 7:** Estimador de intensidade de distribuição de pontos



**Fonte:** Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília (QUEIROZ; CÂMARA, 2001)

A estimativa da significância estatística da associação da ocorrência dos casos com o espaço geográfico foi obtida por meio do método do vizinho mais próximo (QUEIROZ; CÂMARA, 2001).

A análise de vizinhança pode ser usada como método formal para se comparar estatisticamente a distribuição dos eventos observados com o que se esperaria na hipótese da aleatoriedade espacial completa (*Complete Spatial Random* - CSR). Esse método consiste em se criar envelopes de simulação para a distribuição CSR, a fim de se acessar a significância dos desvios. Na hipótese de CSR, a função de distribuição  $G(w)$  é dada por um processo de Poisson.

$$G(h) = 1 - e^{-\lambda \pi h^2} \quad h \geq 0$$

A estimação simulada para a distribuição  $G(w)$  assumindo-se CSR é calculada como

$$\bar{G}(h) = \frac{\sum_{i=1}^k \hat{G}_i(h)}{k}$$

onde  $\hat{G}_i(h)$ ,  $i=1,2,\dots,k$  são funções de distribuição empíricas, estimadas a partir de  $k$  simulações independentes dos  $n$  eventos, na hipótese de CSR ( $n$  eventos independentes e uniformemente distribuídos). Para verificar a condição de

aleatoriedade, calculamos ainda os envelopes de simulação superior e inferior, definidos como se segue:

$$U(h) = \max \{ \hat{G}_i(h) \}, \quad i = 1, \dots, k$$

$$L(h) = \min \{ \hat{G}_i(h) \}, \quad i = 1, \dots, k$$

A plotagem da distribuição estimada  $G^{\wedge}(h)$  versus a distribuição simulada  $G(h)$ , com a adição dos envelopes inferior e superior, permite medir a significância dos desvios relativos a aleatoriedade. Se a condição CSR for válida para os dados observados, o gráfico da curva de  $G^{\wedge}(h)$  versus  $G(h)$  deve ser praticamente linear com um ângulo de 45 graus. Se os dados apresentam tendências para agrupamentos, os traçados no gráfico estarão acima da linha de 45 graus, ao passo que para padrões de regularidade os traçados ficarão abaixo da linha de 45 graus (LOPES; STRAUCH; RIBEIRO, 2008).

Para o cálculo da correlação linear bivariada entre os casos novos de dengue e as variáveis, temperatura média do ar e pluviosidade, foram utilizados os Coeficiente de Correlação Linear de Spearman e Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, segundo conceito *time lag*. Foram considerados intervalos de tempo esperados, segundo literatura (RIBEIRO, *et al.*, 2006), variando de um a quatro meses entre pluviosidade e temperatura média mensais e casos de dengue.

Quando estatisticamente significativos, como critérios para valores limites dos Coeficientes de Correlação foram utilizados: 0,00 – 0,25 – muito baixa; 0,26 – 0,49 – baixa; 0,50 – 0,69 – moderada; 0,70 – 0,89 – alta; 0,90 – 1,00 – muito alta, para Spearman (MUNRO BH, 2001) e 0,00-0,19 – ausente ou muito fraca; 0,20 – 0,39 – fraca; 0,40 – 0,59 – moderada; 0,60 – 0,79 – forte; 0,80 – 1,00 – muito forte para Pearson (BRITISH MEDICAL JOURNAL, 2014).

### 5.5. Aspectos Éticos

Para a realização deste estudo, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (Anexo 1). Houve autorização da Secretaria Municipal da Saúde (Anexo 2).

Este estudo utilizou informações do banco de dados Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e não envolveu a identificação dos doentes,

portanto foi solicitado dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido devido à garantia do sigilo e dificuldade de acesso aos doentes.

## 6. Resultados

### 6.1. Caracterização dos casos de Dengue

Nas Tabelas 1, 2 e 3 estão apresentados a população total, o número de casos de Dengue, ocorridos entre residentes e os valores de Coeficiente de Incidência de Dengue, para o município de Ribeirão Preto, no período entre 2001 e 2010.

**Tabela 1:** População total para o município de Ribeirão Preto. 2001-2010

<b>Mês</b>	<b>Total</b>
2001	514.160
2002	520.501
2003	527.734
2004	534.944
2005	551.312
2006	559.651
2007	567.917
2008	558.136
2009	563.107
2010	604.682

Fonte: DATASUS/IBGE

**Tabela 2:** Número de casos de Dengue, ocorridos entre residentes, segundo mês e ano de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001-2010

Mês/Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Janeiro	30	53	69	0	27	292	25	75	42	1.583
Fevereiro	80	81	86	5	66	554	108	111	101	4.261
Março	457	73	246	6	105	1.312	597	165	349	8.049
Abril	1.308	55	240	7	175	2.366	951	365	441	9.036
Mai	960	56	112	7	82	1.222	811	187	374	5.279
Junho	273	7	30	0	28	175	128	67	86	870
Julho	60	0	10	2	12	40	53	24	21	164
Agosto	8	0	2	0	6	19	20	19	3	66
Setembro	6	0	2	6	3	2	4	14	13	35
Outubro	3	0	0	0	17	6	14	9	17	25
Novembro	1	7	0	5	59	6	5	5	47	68
Dezembro	4	14	0	10	57	3	7	15	203	201
<b>Total</b>	<b>3.190</b>	<b>346</b>	<b>797</b>	<b>48</b>	<b>637</b>	<b>5.997</b>	<b>2.723</b>	<b>1.056</b>	<b>1.697</b>	<b>29.637</b>

Fonte: Divisão de Vigilância Epidemiológica - Secretaria Municipal da Saúde

**Tabela 3:** Coeficientes de Incidência (100.000 mil habitantes) dos casos confirmados de Dengue, segundo mês de ocorrência, no período de 2001 a 2010. Ribeirão Preto. 2001-2010

Mês/Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Janeiro	5.8348	10.182	13.075	0	4.8974	52.175	4.4021	13.438	7.4586	261.6
Fevereiro	15.559	15.562	16.296	0.9347	11.971	98.99	19.017	19.888	17.936	704.16
Março	88.883	14.025	46.614	1.1216	19.045	234.43	105.12	29.563	61.978	1330.2
Abril	254.4	10.567	45.477	1.3085	31.742	422.76	167.45	65.396	78.315	1493.3
Mai	186.71	10.759	21.223	1.3085	14.874	218.35	142.8	33.504	66.417	872.4
Junho	53.096	1.3449	5.6847	0	5.0788	31.269	22.539	12.004	15.272	143.77
Julho	11.67	0	1.8949	0.3739	2.1766	7.1473	9.3323	4.3	3.7293	27.102
Agosto	1.5559	0	0.379	0	1.0883	3.395	3.5216	3.4042	0.5328	10.907
Setembro	1.167	0	0.379	1.1216	0.5442	0.3574	0.7043	2.5083	2.3086	5.784
Outubro	0.5835	0	0	0	3.0836	1.0721	2.4651	1.6125	3.019	4.1315
Novembro	0.1945	1.3449	0	0.9347	10.702	1.0721	0.8804	0.8958	8.3465	11.238
Dezembro	0.778	2.6897	0	1.8694	10.339	0.536	1.2326	2.6875	36.05	33.217
<b>Total</b>	<b>620.43</b>	<b>66.474</b>	<b>151.02</b>	<b>8.9729</b>	<b>115.54</b>	<b>1071.6</b>	<b>479.47</b>	<b>189.2</b>	<b>301.36</b>	<b>4897.8</b>

Fonte: Divisão de Vigilância Epidemiológica - Secretaria Municipal da Saúde

Os valores apresentados mostram um número aproximadamente cinco vezes maior de casos para o ano de 2010 do que para o ano de 2006, de maior ocorrência dos casos para o restante do período, fato que pode ser explicado pelo convencimento da população por meio dos órgãos públicos.

As distribuições dos Coeficientes de Incidência da Dengue para Ribeirão Preto, no período estudado estão apresentadas nos gráficos 1 e 2.

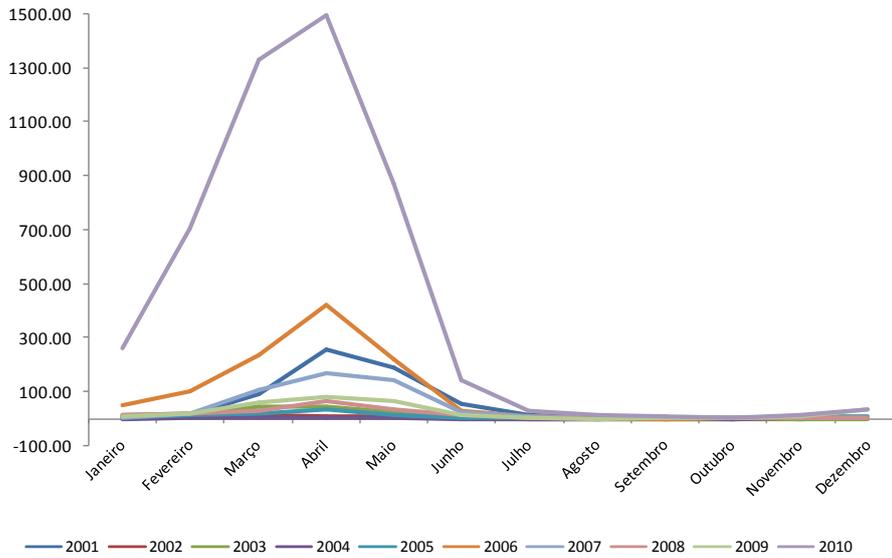


Gráfico 1: Distribuições dos Coeficientes de Incidência da Dengue, segundo mês de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001 – 2010

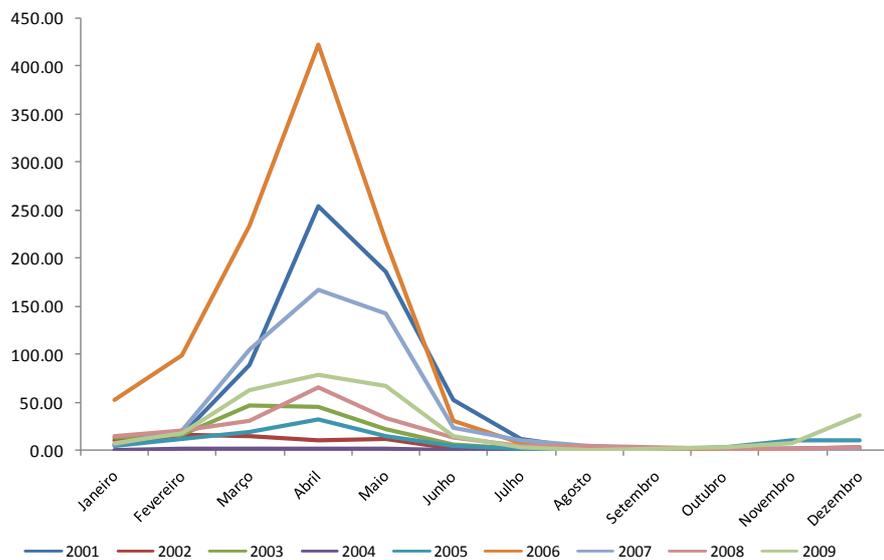


Gráfico 2: Distribuições dos Coeficientes de Incidência da Dengue, segundo mês de ocorrência. Ribeirão Preto. 2001 – 2009

## 6.2. Caracterização das variáveis climatológicas utilizados no estudo

Foram calculadas correlações lineares bivariadas entre o número de casos de dengue e, pluviosidade e temperatura média do ar, com diferentes *time lags* entre sua ocorrência visando simular intrinsecamente, no processo, o tempo entre o fato biológico, a transmissão e o registro dos casos no sistema de informação.

A Tabela 4 mostra os valores de Correlação Linear de Spearman obtidos por meio do teste de associação entre cada uma das variáveis climatológicas, temperatura média e pluviosidade acumulada e número de casos de Dengue, segundo mês de ocorrência considerando *time lag*, para cada ano do período estudado, no município de Ribeirão Preto e respectivos valores de significância estatística p.

**Tabela 4:** Associação entre número de casos e variáveis climatológicas segundo Coeficiente de correlação de Spearman ( $n < 50$ ), segundo ano, considerando *time lag*. Ribeirão Preto, 2001 - 2010

		sem lag (n = 12)		lag 1 (n = 11)		lag 2 (n = 10)		lag 3 (n = 9)		lag 4 (n = 8)		lag 5 (n = 7)	
		r	P	r	P	r	P	r	p	r	p	r	p
2001	Temp.	0,077	0,812	0,315	0,319	0,629*	0,028	0,811**	0,001	0,839**	0,001	0,594*	0,042
	Pluv	0,371	0,236	0,49	0,880	0,441	0,152	0,671	0,17	0,685*	0,014	0,364	0,245
2002	Temp.	0,271	0,395	0,616*	0,033	0,769**	0,003	0,648*	0,023	0,374	0,231	0,224	0,484
	Pluv	0,459	0,133	0,762**	0,004	0,826**	0,001	0,765*	0,004	0,463	0,130	0,039	0,904
2003	Temp.	0,155	0,630	0,078	0,809	0,382	0,221	0,603*	0,038	0,797**	0,002	0,925**	0,000
	Pluv	0,229	0,473	0,392	0,207	0,724**	0,008	0,859*	0,000	0,947**	0,000	0,786**	0,002
2004	Temp.	0,194	0,547	0,326	0,301	0,369	0,238	0,490	0,106	0,303	0,339	0,077	0,811
	Pluv	0,265	0,405	0,567*	0,054	0,461	0,131	0,402	0,195	0,000	1	-0,092	0,777
2005	Temp.	0,095	0,768	0,106	0,743	0,335	0,287	0,702*	0,011	0,649*	0,022	0,593*	0,042
	Pluv	0,303	0,339	0,120	0,711	0,556	0,060	0,613*	0,034	0,669*	0,017	0,387	0,214
2006	Temp.	0,077	0,811	0,388	0,212	0,643*	0,024	0,863**	0,000	0,840**	0,001	0,524	0,081
	Pluv	0,277	0,384	0,182	0,571	0,417	0,178	0,701*	0,011	0,900**	0,000	0,722**	0,008
2007	Temp.	0,147	0,649	0,231	0,471	0,434	0,159	0,538	0,071	0,629*	0,028	0,427	0,167
	Pluv	0,021	0,948	0,392	0,208	0,594*	0,042	0,839**	0,001	0,580*	0,048	0,364	0,245
2008	Temp.	0,386	0,215	0,023	0,944	0,446	0,147	0,805**	0,002	0,877**	0,000	0,784*	0,003
	Pluv	0,298	0,347	0,701*	0,011*	0,869**	0,000	0,862**	0,000	0,644*	0,024	0,263	0,409
2009	Temp.	0,154	0,632	0,613*	0,034	0,932**	0,000	0,816**	0,001	0,581*	0,047	0,231	0,470
	Pluv	0,392	0,208	0,266	0,404	0,664*	0,018	0,846**	0,001	0,846**	0,001	0,636*	0,026
2010	Temp.	0,067	0,837	0,469	0,145	0,705*	0,023	0,887**	0,001	0,874*	0,005	0,523	0,229
	Pluv	0,126	0,697	0,536	0,089	0,770*	0,009	0,867**	0,002	0,595	0,120	0,607	0,148

\* 0,01 < p < 0,05 ; \*\* p < 0,01

Na análise considerando *time lag* para todo o período estudado, resultados similares foram obtidos (Tabela 5).

**Tabela 5:** Associação entre número de casos e variáveis climatológicas segundo Coeficiente de correlação de Spearman ( $n > 50$ ), considerando *time lag*, para todo período do estudo. Ribeirão Preto, 2001

<i>Time Lag</i>		Número de casos novos x Temperatura média do ar	Número de casos novos x Pluviosidade
Sem lag	n	120	120
	r	0,015	-0,066
	p	0,874	0,473
1 mês	n	119	119
	r	0,204*	0,062
	p	0,026	0,500
2 meses	n	118	118
	r	0,274**	0,183*
	p	0,003	0,047
3 meses	n	117	117
	r	0,265**	0,242**
	p	0,004	0,009
4 meses	n	116	116
	r	0,228*	0,221*
	p	0,014	0,017
5 meses	n	115	115
	p	0,176	0,135
	r	0,060	0,150

\*  $0,01 < p < 0,05$  ; \*\*  $p < 0,01$

Essa análise segundo o método *time lag* revelou associações estatisticamente significativas, na maioria das vezes, no segundo, terceiro e quarto mês de observação, ou seja, a precipitação e a temperatura média do ar de um determinado mês mostraram relação positiva com a transmissão de dengue de dois até quatro meses depois de sua ocorrência.

### 6.3. Distribuição espacial e geocodificação dos casos de dengue

O percentual de geocodificação foi superior a 87% para todos os anos do estudo (em média 65% de forma automática e os demais de forma manual).

Os mapas temáticos da distribuição espacial dos casos notificados de dengue, segundo o endereço de residência, em Ribeirão Preto – SP no período de 2001 a 2010 são apresentados nas Figuras 9 a 17 a seguir.

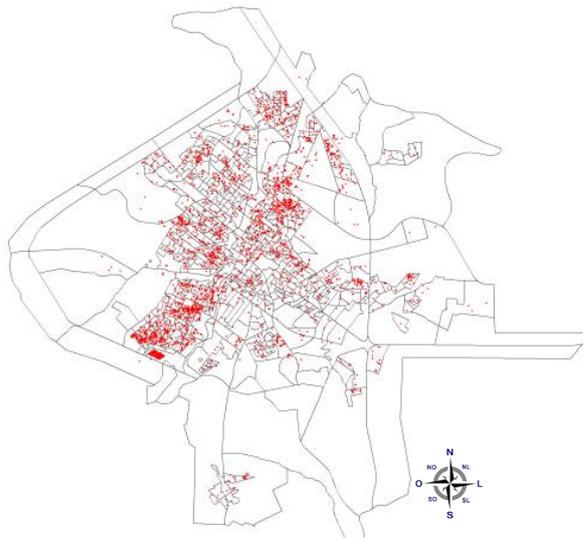


Figura 8: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2001



Figura 9: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2002

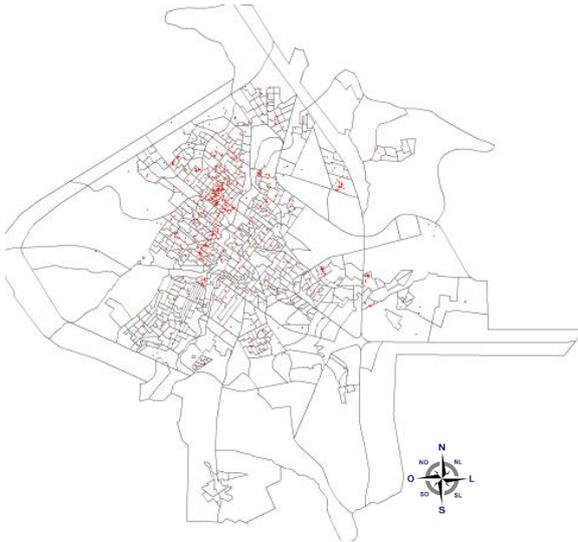


Figura 10: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2003



Figura 11: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2004



Figura 12: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2005

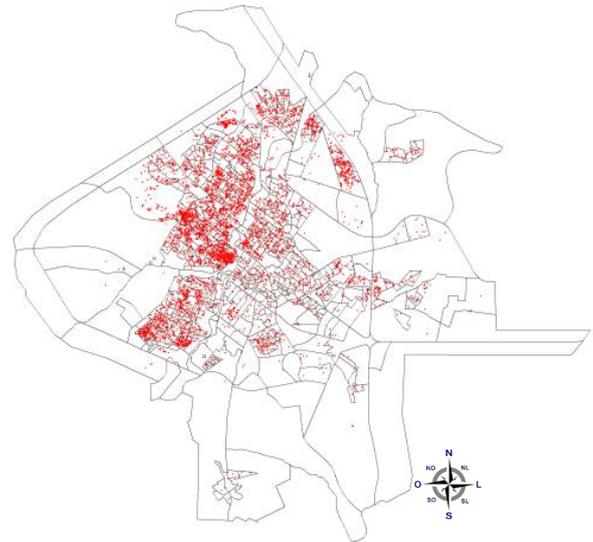


Figura 13: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2006

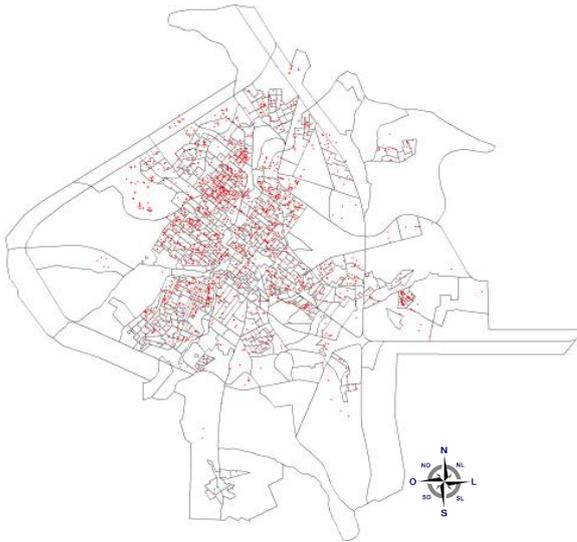


Figura 14: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2007

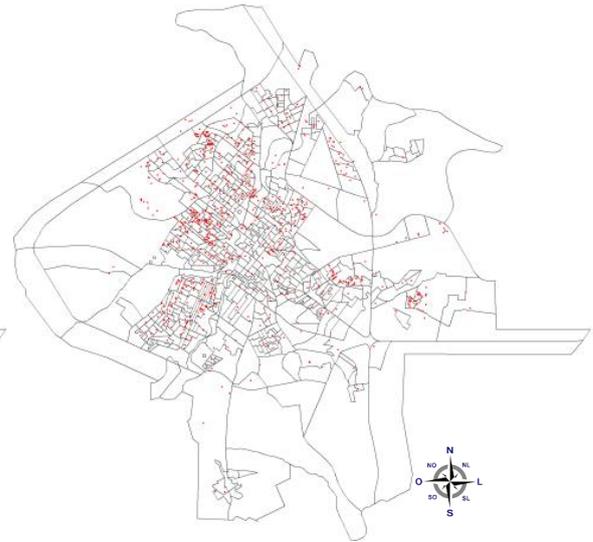


Figura 15: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2008

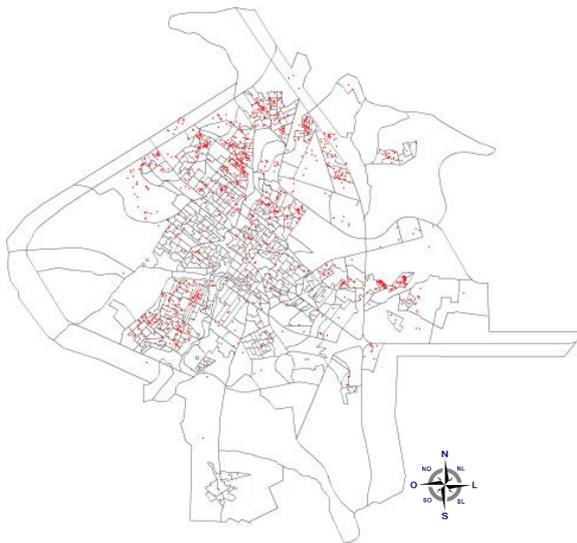


Figura 16: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2009

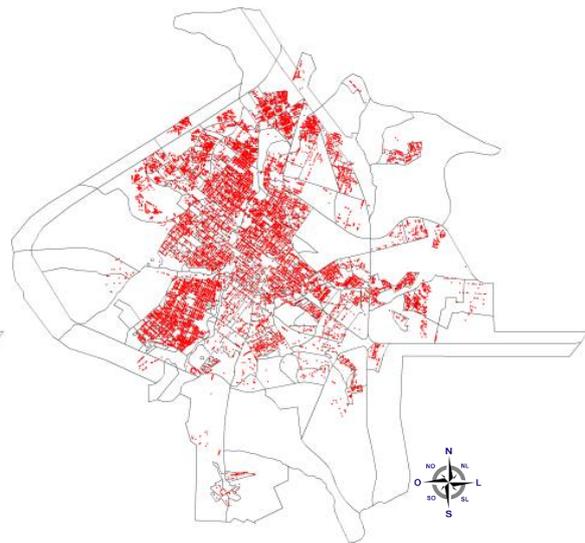


Figura 17: Mapa da geocodificação por endereço dos casos notificados de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2010

Os mapas apresentados nas Figuras 8 a 17 anteriores mostram regiões de concentração dos casos de Dengue para o município de Ribeirão no período estudado.

A partir desses resultados, objetivando a verificação de existência estatisticamente significativa de conglomerados espaciais de casos (*clusters*), isto é, a existência de padrões sistemáticos de distribuição de pontos, os métodos de

estimativa de Intensidade por *Kernel* e do Vizinho mais Próximo foram utilizados para estimativa de intensidade local.

Os mapas temáticos de intensidade obtidos por *Kernel* e os respectivos gráficos com envelopes superior e inferior, para os casos dengue em Ribeirão Preto no período de 2001 a 2010 são apresentados nas figuras 18 a 27 e gráficos 3 a 12 que seguem.

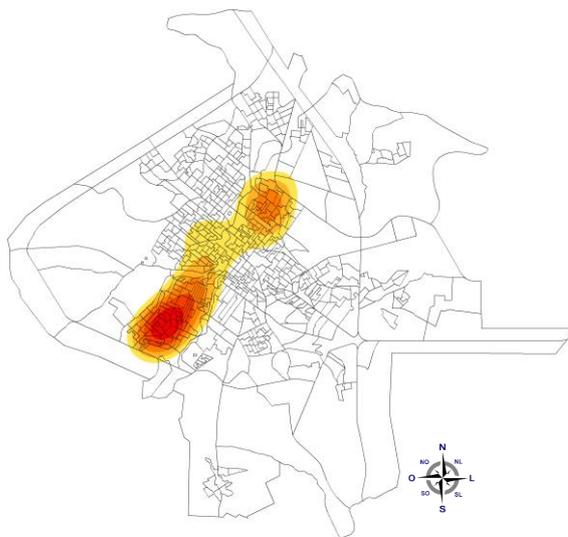


Figura 18: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2001

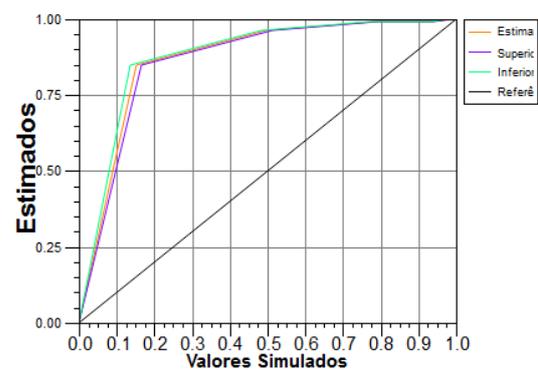


Gráfico 3: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2001

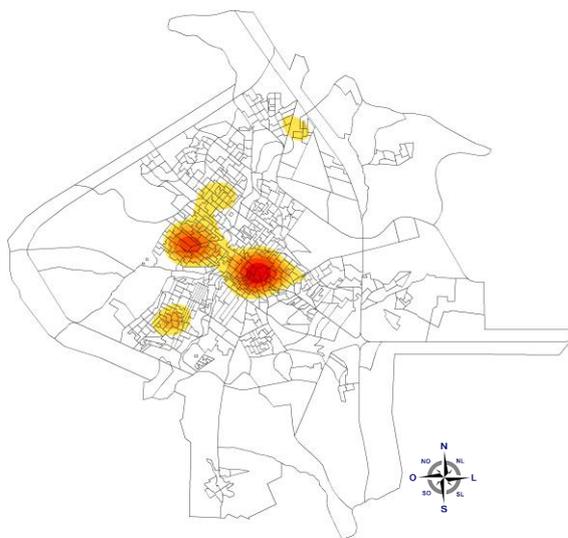


Figura 19: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2002

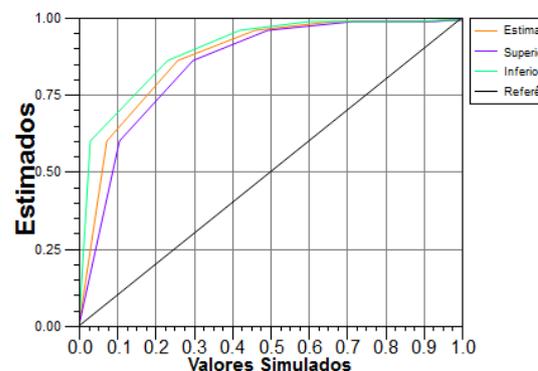


Gráfico 4: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2002

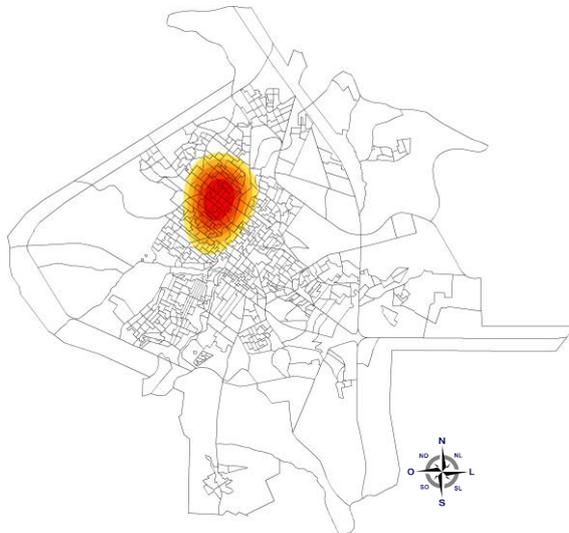


Figura 20: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2003

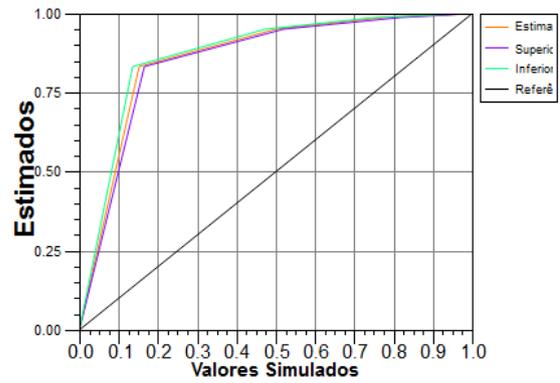


Gráfico 5: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2003

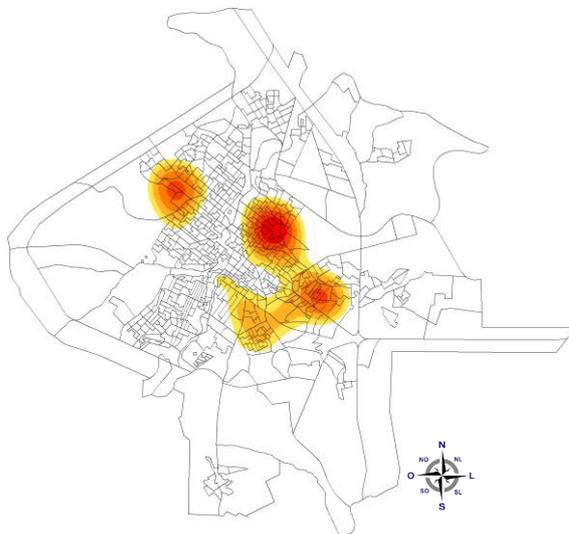


Figura 21: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2004

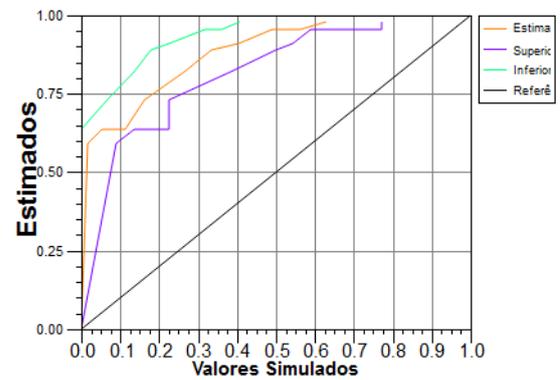


Gráfico 6: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2004

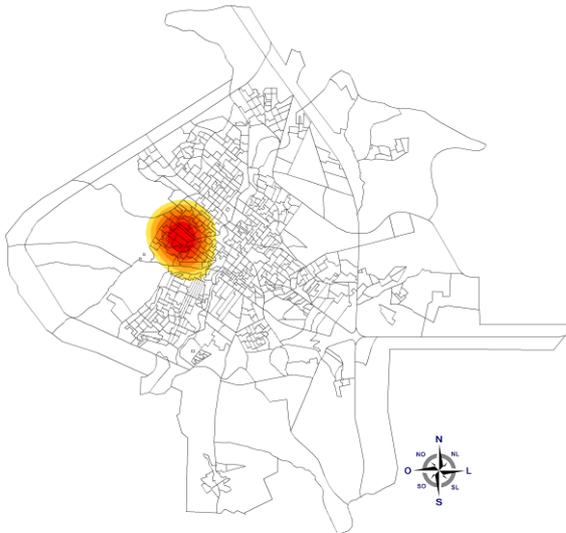


Figura 22: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2005

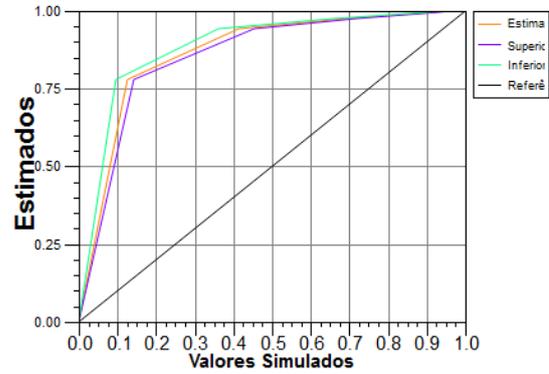


Gráfico 7: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2005

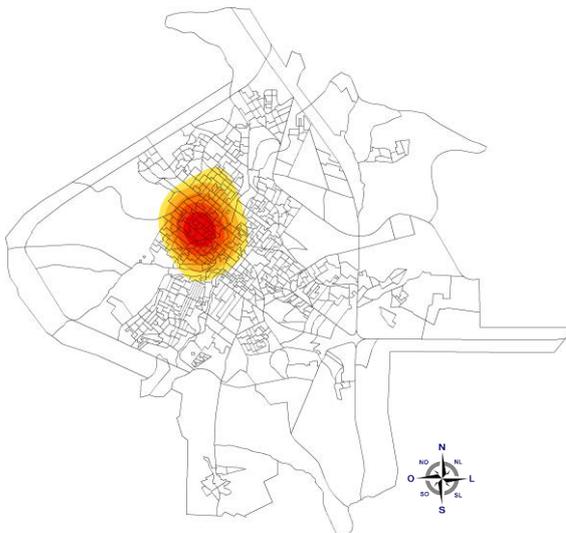


Figura 23: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2006

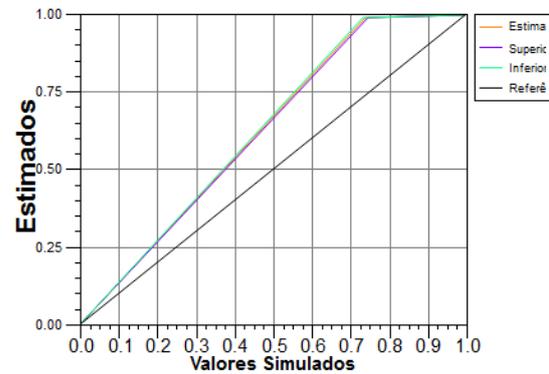


Gráfico 8: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2006

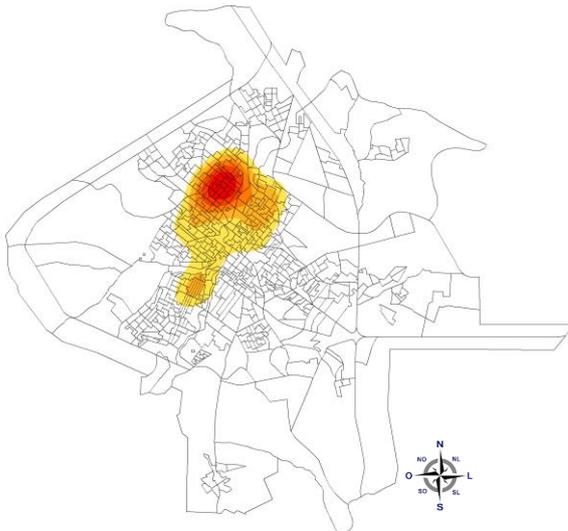


Figura 24: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2007

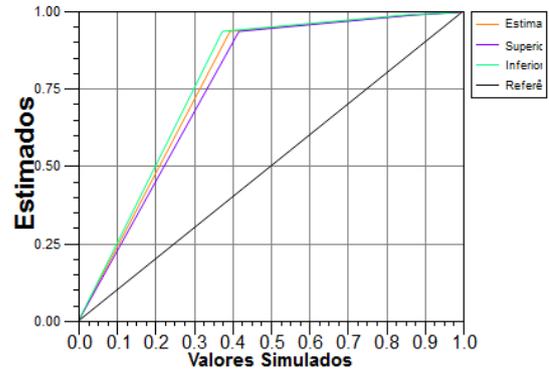


Gráfico 9: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2007



Figura 25: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2008

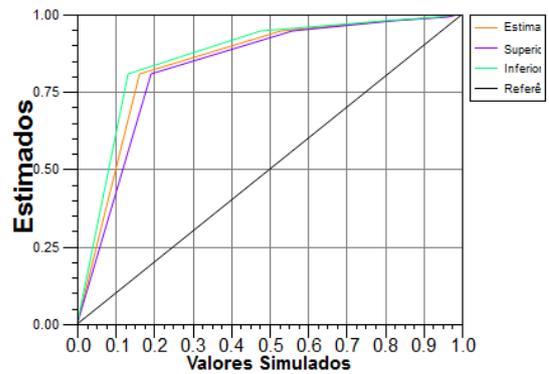


Gráfico 10: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2008

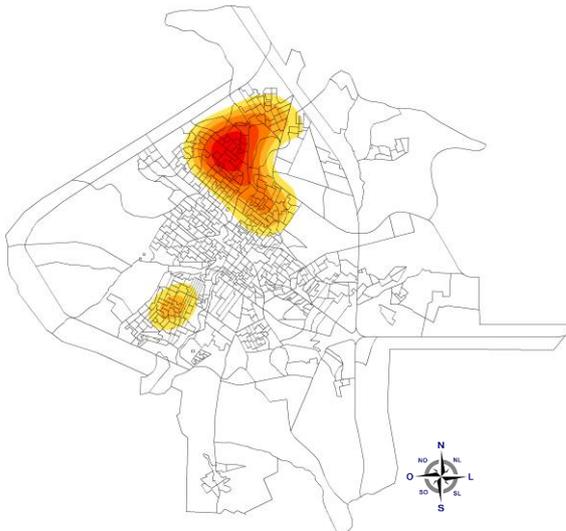


Figura 26: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2009

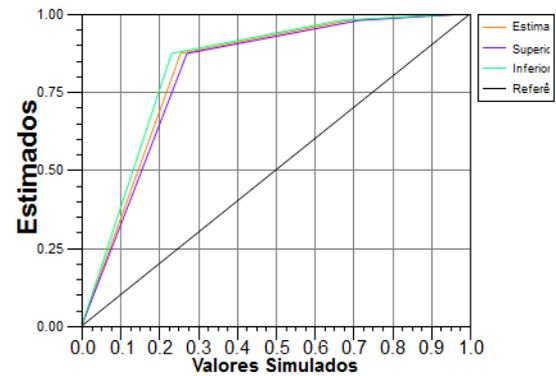


Gráfico 11: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2009

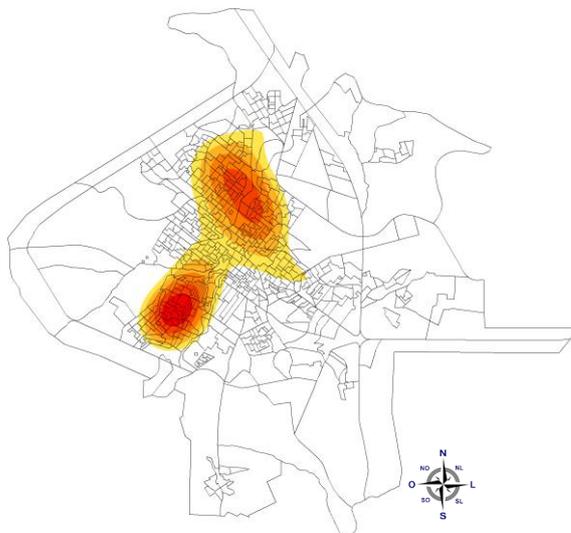


Figura 27: Mapa de intensidade dos casos de dengue, obtidos por meio do estimador de densidade por *Kernel*. Ribeirão Preto – SP, 2010

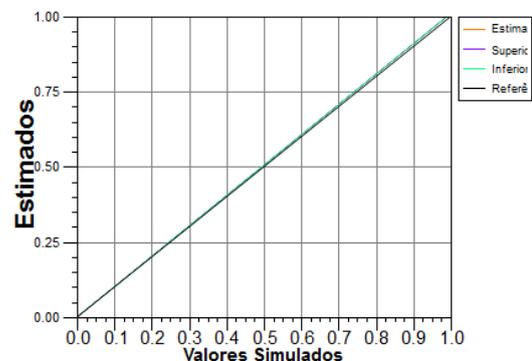


Gráfico 12: Gráfico com envelopes superior e inferior, para os casos de dengue. Ribeirão Preto – SP, 2010

Por meio da visualização dos mapas de intensidade, observa-se que há concentração de casos em regiões definidas do município e, por meio da técnica do vizinho mais próximo, com resultados apresentados nos gráficos com envelopes superior e inferior, observa-se que a condição CSR foi satisfeita apenas para o ano de 2010, onde houve um número expressivo de casos de dengue, 29637 espalhando-se por todo o município. Para todos os demais anos os dados

apresentaram tendências para agrupamentos espaciais (os traçados nos gráficos encontram-se acima da linha de 45 graus).

Dessa forma observou-se que, para a maioria dos anos, as concentrações dos casos de Dengue encontram-se nas regiões Norte, Oeste e Noroeste.

## **7. Discussão**

Dengue é a doença viral transmitida por mosquitos que tem mais rapidamente se espalhado pelo mundo. Nos últimos 50 anos, a incidência aumentou 30 vezes com o aumento da expansão geográfica para novos países e, na presente década, das áreas urbanas para áreas rurais. Estima-se que 50 milhões de infecções por dengue ocorrem anualmente e cerca de 2,5 bilhões de pessoas vivem em países endêmicos. Em 2002 a resolução WHA55 da Assembleia Mundial da Saúde solicitou maior compromisso com a dengue pela OMS e seus Estados-Membros. De particular significância é a resolução da Assembleia Mundial da Saúde WHA58.3 de 2005 sobre a revisão do Regulamento Sanitário Internacional (RSI), que inclui dengue como um exemplo de uma doença que possa constituir uma emergência de saúde pública de preocupação internacional com implicações para a segurança da saúde devido ao rompimento e rápida propagação epidêmica para além das fronteiras nacionais (WHO, 2009).

A interrupção da transmissão da dengue em grande parte da Região das Américas foi resultado da campanha de erradicação do mosquito transmissor da dengue, principalmente durante a década de 1960 e início de 1970. No entanto, as medidas de vigilância e controle do vetor não foram sustentadas e havia reinfestações subsequentes do mosquito, seguidos de surtos no Caribe e na América do Sul. A dengue, desde então, se espalhou com surtos cíclicos que ocorrem a cada 3-5 anos. O maior surto ocorreu em 2002, com mais de 1 milhão de casos relatados (WHO, 2009).

No Brasil, apesar dos esforços do Ministério da Saúde (MS), dos estados e dos municípios, essa situação epidemiológica tem, ao longo dos anos, provocado a ocorrência de epidemias nos principais centros urbanos do país, infligindo um importante aumento na procura pelos serviços de saúde, com ocorrência de óbitos. Mais recentemente, com a maior intensidade de circulação do sorotipo da forma

hemorrágica, tem-se observado um agravamento dos casos, com aumento do registro em crianças (BRASIL, 2009).

Os resultados apresentados nessa pesquisa, em relação aos casos de Dengue e Coeficientes de Incidência, mostram que a realidade para o município de Ribeirão Preto, não difere da do país, sendo que no ano de 2010 Ribeirão Preto é classificada como a cidade do estado de São Paulo com maior número de casos de dengue em 2010, ocupando o 5º lugar no *ranking* nacional (ENCONTRO FARMACÊUTICO DE RIBEIRÃO PRETO, 2010). Roseghini (2013) relata que, para a epidemia de 2010 em Ribeirão Preto, o índice de infestação predial (IIP) do *Aedes aegypti* foi alto se comparado com anos anteriores. Sobre a concentração de focos do *Aedes albopictus*, foi relatado que estes foram registrados principalmente em parques localizados em áreas periurbanas, caracterizadas por localizarem-se para além dos subúrbios de uma cidade.

Durante o mês de janeiro, fevereiro, março e abril de 2010 foram registrados, no município, precipitações de 20, 16, 17 e 9 mm/m<sup>2</sup>, respectivamente, o suficiente para diminuir as horas de trabalho dos agentes. A coordenadoria do programa de combate a dengue afirma que o alto número de dias com complicações de trabalho, principalmente devido às chuvas, foi essencial para a formação dos picos epidemiológicos de 2010 (ROSEGHINI, 2013).

Outro fator apontado, não específico para o ano de 2010, mas altamente relevante, é a dificuldade que os agentes do Núcleo de Vetores têm para entrar em 50% das residências do município (ENCONTRO FARMACÊUTICO DE RIBEIRÃO PRETO, 2010).

Os resultados apresentados por meio dos mapas temáticos, complementados pela análise de vizinhança, a fim de se comparar estatisticamente a distribuição dos eventos observados com o que se esperaria na hipótese da aleatoriedade espacial completa (CSR) mostraram concentração dos casos em regiões de alta densidade demográfica, habitações horizontalizadas, menores condições socioeconômicas, com visível acúmulo de materiais recicláveis não acondicionados, favorecendo a formação de depósitos de água, classificados como Inservíveis (Embalagens, lixo doméstico, garrafas, latas entre outros), úteis (Caixas d'água, tanques, poços entre outros), depósitos naturais (Bromélias, ocos de plantas, árvores e pedras), grandes reservatórios (Cemitérios, borracharias, ferro-velho entre outros) (CATÃO, 2012).

Em relação aos condicionantes socioambientais responsáveis pela manifestação e difusão epidemiológica da doença em Ribeirão Preto Roseghini, 2013 destacou que:

[...] a concentração de casos em áreas verdes de entorno urbanizado com alto adensamento populacional não verticalizado, neste caso em recipientes naturais que favoreçam o acúmulo de água como plantas, principalmente as de porte arbustivo e arbóreo; o modo de vida dos habitantes de bairros residenciais mais precários economicamente, responsável pela alta geração de descarte de resíduos a céu aberto; e a infra-estrutura urbana de saneamento precária ou velha da cidade, como por exemplo, as galerias pluviais abandonadas ou muito antigas, estas consideradas como ambiente favorável para a proliferação do vetor da dengue.

O método *time lag* mostrou que as condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações atmosféricas e temperaturas elevadas, mostraram relação positiva com a transmissão de dengue entre dois e quatro meses de sua ocorrência, na maioria dos casos, resultado que vai ao encontro de pesquisas sobre o tema.

Segundo Keating (2001), entre outros fatores, a temperatura média do ar e a pluviosidade afetam a sobrevivência, a reprodução do vetor. Ribeiro et al., 2006 mostraram que os fatores climáticos utilizados demonstram a associação com casos de dengue. A sazonalidade de incidência dos casos de dengue coincide com o verão, devido à maior ocorrência de chuva e aumento de temperatura média do ar característica desta estação.

Há maior incidência de dengue no Brasil durante estação chuvosa e nos períodos de mais altas temperaturas médias, quando aumentam a longevidade do *A. aegypti* e a possibilidade de transmissão. Por exemplo, no Rio de Janeiro foi verificado uma maior frequência de larvas, tanto do *A. aegypti* quanto de *A. albopictus*, em fevereiro, coincidindo com o período de maior pluviosidade. Assim a densidade larvária de *A. aegypti* e *A. albopictus* flutua de acordo com as variações climáticas sazonais, elevando-se nas estações de maior pluviosidade, em função do número potenciais criadouros, o que predispõe ao aumento da incidência de dengue (DANTAS, 2011).

A temperatura é um importante fator ecológico que influencia no estabelecimento das populações de insetos, seja diretamente através do seu desenvolvimento, ou indiretamente através de alimentação. Para *A. egypti* a

temperatura da água é um fator determinante sobre a taxa de desenvolvimento e sobrevivência de imaturos, influencia o tamanho dos adultos, interage com a alimentação e limita sua distribuição assim como sua ocorrência em zonas subtropicais. Além disso, constatou-se que temperaturas médias semanais acima de 22-24°C estão associadas à elevação da frequência de *A. aegypti* e, conseqüentemente, ao aumento de risco de transmissão de dengue (DANTAS, 2011).

Dentre os fatores ligados a dinâmica climática a alternância das chuvas concentradas e a permanência e o prolongamento do período de intermitência de chuvas se tornou um fator essencial para o aumento do número de casos de dengue nos últimos anos, bem como aumento dos registros de epidemias na cidade (ROSEGHINI, 2013).

A intermitência das chuvas auxilia a manutenção dos criadouros de reprodução e evolução do mosquito. Além disso, nos dias com chuvas, os agentes de saúde não trabalham, retardando e até mesmo impossibilitando o cronograma de atividades do programa de combate à enfermidade (ROSEGHINI, 2013).

Os resultados mostraram a estratificação do município de Ribeirão Preto segundo regiões de alta concentração de casos de Dengue, por meio da sua distribuição espacial, para todo o período estudado e a existência de correlação positiva entre a ocorrência dos casos e, temperatura média do ar e pluviosidade, principalmente após decorrido um período entre 2 a 4 meses.

Tais aspectos podem ser úteis para elaboração de estratégias de controle e/ou planejamento, especialmente em cidades com perfil semelhante. O conhecimento desse processo poderá propiciar maior entendimento sobre a dinâmica de transmissão e, conseqüentemente, contribuir para o seu controle (RIBEIRO, 2006).

Assim os resultados aqui apresentados podem ser utilizados como estratégia para planejamento de ações de organismos públicos, visando à melhoria da saúde da população.

## 8. Conclusões

Todas as hipóteses do estudo foram satisfeitas.

As hipóteses (i) Existe um intervalo de tempo necessário para que a ocorrência dos casos de dengue correlacione-se positivamente com o valor registrado da temperatura média do ar no município de Ribeirão Preto e (ii) Existe um intervalo de tempo necessário para que a ocorrência dos casos de dengue correlacione-se positivamente com o valor registrado da pluviosidade no município de Ribeirão Preto, por meio dos valores obtidos para os Coeficientes de Correlação Linear de Spearman e Pearson, utilizando-se o método *time lag* e a hipótese (iii) A ocorrência geográfica dos casos de dengue caracteriza-se por uma distribuição não aleatória no município de Ribeirão Preto para cada ano, no período de 2001 a 2010, por meio da análise de vizinhança, método formal para se comparar estatisticamente a distribuição dos eventos observados com o que se esperaria na hipótese da aleatoriedade espacial completa - *Complete Spatial Random* – CSR, ocorrendo em regiões com alta densidade demográfica, habitações horizontalizadas, menores condições socioeconômicas, com visível acúmulo de materiais recicláveis não acondicionados.

## **9. Limitações do estudo e proposta para trabalhos futuros**

### **9.1. Limitações**

Como limitações desse estudo, são apresentadas principalmente, a subnotificação dos casos de dengue; a inconsistência da base de dados do Sistema Nacional de Agravos Nacional, pois em muitos casos, o mesmo endereço é digitado de várias formas diferentes e a inconsistência entre as informações dos endereços com aqueles da base cartográfica.

### **9.2. Trabalhos Futuros**

Como trabalhos futuros, propõe-se a realização de análise multivariada entre os casos de dengue com variáveis adicionais as utilizadas neste estudo como Índice Predial, Índice de recipientes, Índice de Breteau, entre outros (RIBEIRAO, 2006) e sobrepor mapas de declividade com os de intensidade de casos de Dengue elaborados segundo o método *Kernel* objetivando localizar e identificar possíveis áreas com necessidade de maior intervenção e ações conjuntas para o combate ao mosquito transmissor vindas de órgãos competentes.

## 10. Referências

ALMEIDA FILHO, N.; ROUQUAYROL, M.Z. **Introdução à Epidemiologia**. Rio de Janeiro: MEDSI, p.287, 2002.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa, WDI Publications, 1989.

BERRY, B.J. **Beyond mapping: concepts, algorithms and issues in GIS**. Fort Collins: GIS World, 1993. 246p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2009.160 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes\\_epidemias\\_dengue\\_11\\_02\\_10.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes_epidemias_dengue_11_02_10.pdf). Acesso em 21/01/2011.

British Medical Journal Disponível em: <<http://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/statistics-square-one/11-correlation-and-regression>> Acesso em: 04 jul. 2013.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CAMARA, Fernando Portela et al . Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba , v. 40, n. 2, p. 192-196, Apr. 2007 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0037-86822007000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822007000200009&lng=en&nrm=iso)>. access on 24 Apr. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822007000200009>.

CATÃO, R.C. **Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional**. São Paulo. Cultura Acadêmica, 2012.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION – CDC. Disponível em:  
Acessado em: <http://www.cdc.gov/> Acesso em: 20/02/2011.

CEPAGRI. Disponível em <<http://www.cepagri.unicamp.br>>. Acesso em 15 agosto 2014.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.usp.br>>. Acesso em: 16 out. 2006.

CLEMENTS, A.N.; PATERSON, G.D. The analysis of mortality and survival rates in wild populations of mosquitoes. **Journal Applied Ecology**. v. 18, n.2, p. 373-399,1981.

CHEN, W.J.; CHEN, E.R. Fate of ingested immunoglobulin G in the mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Kaohsiung Journal of Medical Sciences** v. 6 n. 11 p. 606-613 1990.

COSTA, Flávia Azevedo de Mattos Moura. **Padrões espaciais dos homicídios associados ao Indicador Adaptado de Condições de Vida no município de Itabuna - Bahia**. 2014. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-08012015-135535/>>. Acesso em: 2015-04-07.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v54 n.11 p.1551-1555, 1988.

DANTAS. E. S. **Avaliação da influência de algumas características do**

**criadouro e da água na frequência de formas imaturas e no tamanho e peso de adultos do mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) no Rio de Janeiro.**

2011. 103f. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2011.

DE MOOR PP, STEFFENS FE. A computer-simulated model of an arthropodborne virus transmission cycle, with special reference to chikungunya virus. **Journal Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.** v 64, n.6, p927–934, 1970.

DRUCK et al. **Análise especial de dados geográficos.** Platina, DF: Embrapa Cerrados 2004.

ENCONTRO FARMACÊUTICO DE RIBEIRÃO PRETO. Disponível em :<<http://www.enfarp.com.br/2010/noticia/dengue-ribeirao-preto>> Acesso: em: 15 mar. 15.

FOCKS DA, HAILE DG, DANIELS E, MOUNT GA. Dynamic life table model for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): simulation results and validation. **Journal Medical Entomology.** v.30, n.6, p. 1018–1028, 1993.

GOULD DJ, MOUNT GA, SCANLON JE, FORD HR, SULLIVAN MF. Ecological control of dengue vectors on an island in the gulf of Thailand **Journal Medical Entomology.** v.4, p. 499-505, 1970.

GUBLER DJ. Variation among geographic strains of *Aedes albopictus* in susceptibility to infection with dengue viruses. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene;** v.25 p. 319–325, 1976.

\_\_\_\_\_. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. In: Gubler DJ, Kuno G (eds.) **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever.** CAB International, Wallingford, UK, 1997, pp. 1–22.

GUZMAN M.G. et al. Dengue hemorrhagic fever in Cuba, 1981: a retrospective seroepidemiologic study. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. v.42 p. 179–184, 1990.

HALSTEAD SB. Immunological parameters of togavirus disease syndromes. In: Schlesinger RW (ed.) **Togaviruses: Biology, Structure, Replication**. Academic Press, New York, pp. 107–173, 1980.

\_\_\_\_\_. **Dengue. Tropical Medicine: Science and Practice**. Imperial College Press. v.5, pp.485, 2008.

\_\_\_\_\_. Selective primary health care: strategies for control of disease in the developing world. XI. Dengue. **Reviews of Infectious Diseases**. v.6, n.3, p.251–264, 1984.

HERVY J.P. Experience de marquage-lacher-recapture portant sur *Aedes aegypti* Linne, en zone de savane soudanienne ouest-africaine. 1. Le cycle gonotrophique. Cah ORSTOM Ser **Entomoil Med Parasitol**. v.22, p. 135-143,1977.

HINO, Paula. **Padrões espaciais da tuberculose associados ao indicador adaptado de condição de vida no município de Ribeirão Preto. 2008**. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-28032008-082907/>>. Acesso em: 2012-03-16.

HINO P, VILLA TCS, SASSAKI CM, NOGUEIRA JA, SANTOS CB. Geoprocessamento aplicado à Saúde. **Revista Latino-Americana Enfermagem**. v.14, n.6, 2006, novembro-dezembro.

ILKAL MA, DHANDA V, HASSAN MM, MAVALE M, MAHADEV PV, SHETTY PS et al. Entomological investigations during outbreaks of dengue fever in certain villages in Maharashtra state. **Indian Journal of Medical Research** v.93, p. 174–178, 1991.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística – Disponível em:  
<http://www.censo2010.ibge.gov.br>. acesso em: 25/04/2011.

Keating J. An investigation into the cyclical incidence of dengue fever. **Soc Sci Med.** 2001;53:1587-97.

LOPES, T.K.; STRAUCH. J.; RIBEIRO, D.S. Análise exploratória espacial de dados relativo ao Acesso à Cidadania na região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. In: **XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2008**, Caxambu - MG.

LUMLEY GF, TAYLOR FH. Dengue. **School of Public Health and Tropical Medicine Service Publication**, Austrália n. 3., 1943.

MACHADO, J,P; OLIVEIRA ,R.M.; SOUZA-SANTOS, R. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, May 2009. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2009000500009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000500009&lng=en&nrm=iso)>.Acesso em 12/09/2009

MEDRONHO et al. **Epidemiologia**.São Paulo: Atheneu, p.790, 2002.

MUNRO BH. **Statistical methods for health care research**. Philadelphia: Lippincott, 2001. 459p

DE MOORE CG, CLINE BL, TIBEN ER. *Aedes aegypti* in Puerto Rico environmental determinants of larval abundance and relation to dengue virus transmission. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene** v. 27, p.1225-1231, 1978.

OMS - Organização Mundial da Saúde. Dengue. Disponível em:  
<http://www.who.int/topics/dengue/es/>. Acesso em: 19/09/2009.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. Dengue. Disponível em: [http://new.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&task=view&id=416&Itemid=259](http://new.paho.org/bra/index.php?option=com_content&task=view&id=416&Itemid=259). Acesso em 20/09/2009.

PANT CP, YASUNO M. Field studies on the gonotrophic cycle of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. **Journal of Medical Entomology**. v. 10, p. 219-223, 1973.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ed. p.596, 2002.

ALMEIDA FILHO, N.; ROUQUAYROL, M.Z. **Introdução à Epidemiologia**. Rio de Janeiro: MEDSI, p.287, 2002.

QUEIROZ G.R, CÂMARA, G. Arquitetura De Sistemas de Informação Geográfica. In: **Introdução À Ciência Da Geoinformação**. Câmara, G., Davis, C. Montei, A.M.V. 2001. disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> Acesso em: 08/10/2010.

RIBEIRO, Andressa F et al . Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo , v. 40, n. 4, p. 671-676, Aug. 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102006000500017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102006000500017&lng=en&nrm=iso)>. access on 02 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102006000500017>.

ROSEGHINI, Wilson Flávio Feltrim . **Clima urbano no centro-sudeste do Brasil. 2013**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/32043>. Acesso em: 2012-03-15.

ROSEN L. Observations on the epidemiology of dengue in Panama. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. v.68, p45-58, 1958.

ROSEN L, ROSEBOOM LE, GUBLER DJ, LIEN JC, CHANIOTIS BN. Comparative susceptibility of mosquito species and strains to oral and parenteral infection with dengue and Japanese encephalitis viruses. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene** v.34, n.3, p.603-615,1985.

RUDNICK A, LIM TW. Dengue fever studies in Malaysia. **Inst Med Res Malaysia Bull.** v. 23. p.69-74,1986.

SABIN AB. Dengue. In: **Rivers TM (ed.) Viral and Rickettsial Infections of Man.** Lippincott, Philadelphia, pp.556–568, 1952a.

SILER JF, HALL MW, HITCHENS AP. **Dengue: its history, epidemiology, mechanism of transmission, etiology, clinical manifestations, immunity, and prevention.** Philippine Bur. Sci pp. 476, 1926.

SHEPPARD PM, MACDONALD WW, TONN RJ, GRAB B. The dynamics of an adult population of *Aedes aegypti* in relation to dengue hemorrhagic fever in Bangkok. **Journal of Animal Ecology.** v.38, p.661-702, 1969.

SMITH C,E,G. The significance of mosquito longevity and blood-feeding behaviour in the dynamics of arbovirus infections. **Medical Biology.** v.53, p.288-294, 1975.

SNOW J. **Sobre a maneira de transmissão do cólera.** 2ª Ed. São Paulo (SP): Hucitec/Abrasco; 1999.

TONN RJ, SHEPPARD PM, MACDONALD WW, BANG YH. Replicate surveys of larval habitats of *Aedes aegypti* in relation to dengue haemorrhagic fever in Bangkok, Thailand. **Bulletin of World Health Organ.** v.40, p.819-829, 1969.

TRPIS M, HAUSSERMANN W. Dispersal and other population parameters on *Aedes aegypti* in an African village and their possible significance in epidemiology of vector-borne diseases. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.** v.35, p.1263- 1279,1986.

VITTE, A.C. **Contribuições à história e à epistemiologia da geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

WANG E, NI H, XU R, BARRETT AD, WATOWICH SJ, GUBLER DJ et al.  
Evolutionary relationships of endemic/epidemic and sylvatic dengue viruses. **Journal of Virology**. v.74, n.7, p.3227-3234, 2000.

WHO. **Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control --**  
New edition.2009. p160.

YASUNO M, TONN RJ. A study of biting habits of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. **Bulletin World Health Organ**. v.43, p.319-325, 1970.

## Anexos

### Anexo 1



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO**

Centro Colaborador da Organização Mundial da Saúde  
para o Desenvolvimento da Pesquisa em Enfermagem

Avenida Bandeirantes, 3900 - Ribeirão Preto - São Paulo - Brasil - CEP: 14040-902  
Fone: 55 16 3602.3382 - 55 16 3602.3381 - Fax: 55 16 3602.0518  
www.eerp.usp.br - eerp@edu.usp.br

**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA EERP/USP**

Of.CEP-EERP/USP –518/2011

Ribeirão Preto, 21 de dezembro de 2011.

Prezada Senhora,

Comunicamos que o projeto de pesquisa, abaixo especificado, foi analisado e considerado **APROVADO** pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, em sua 145ª Reunião Ordinária, realizada em 21 de dezembro de 2011.

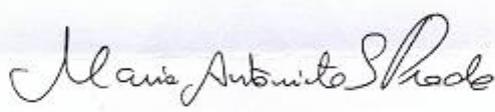
**Protocolo:** n° 1411/2011

**Projeto:** Padrões espaciais e variáveis climatológicas associadas à dengue no município de Ribeirão Preto no período de 2000 a 2010.

**Pesquisadores:** Claudia Benedita dos Santos  
Gustavo Bussi Caminiti

Em atendimento à Resolução 196/96, deverá ser encaminhado ao CEP o relatório final da pesquisa e a publicação de seus resultados, para acompanhamento, bem como comunicada qualquer intercorrência ou a sua interrupção.

Atenciosamente,



**Enfª Maria Antonieta Spinoso Prado**  
Vice-Coordenadora do CEP-EERP/USP

**Ilma. Sra.**  
**Profª. Drª. Claudia Benedita dos Santos**  
Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública  
Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto - USP

### Anexo 2

**Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto**

Estado de São Paulo  
Secretaria da Saúde  
www.saude.ribeiraopreto.sp.gov.br

OF. 3582/11 – GS  
RAS/ras

Ribeirão Preto, 09 de agosto de 2011.

Prezada Senhora,

Em atenção à solicitação de autorização para a realização do Projeto de Pesquisa intitulado “Padrões espaciais e variáveis climatológicas associadas à dengue no município de Ribeirão Preto no período de 2000 a 2010”, informamos que somos favoráveis à realização do referido Projeto.

Solicitamos que após os resultados da pesquisa sejam repassados ao Departamento de Vigilância em Saúde desta Secretaria.

Cordialmente,

  
**STÊNIO CORREIA MIRANDA**  
Secretário Municipal da Saúde

ILUSTRÍSSIMA SENHORA  
**PROFª DRA. CLÁUDIA B. SANTOS**  
ORIENTADORA  
ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO – USP  
NESTA

## Apêndices

<b>2001</b>			
<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	27	24.9	85.7
Fevereiro	79	25.7	129.5
Março	454	25.2	154.1
Abril	1309	23.9	72.3
Maio	967	20.5	128.1
Junho	274	19.6	0.8
Julho	60	20.9	3
Agosto	8	21.7	33.1
Setembro	6	22.9	51.7
Outubro	3	23.7	140.6
Novembro	1	24.7	270.8
Dezembro	5	22.1	233.3
	<b>3193</b>	<b>22.98</b>	<b>1303</b>

<b>2002</b>			
<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	51	24.5	279.1
Fevereiro	82	23.7	411.5
Março	73	25.4	202.2
Abril	54	25.1	13.2
Maio	55	21.7	48.8
Junho	8	21.4	0
Julho	0	19.6	0.9
Agosto	0	23.1	24.5
Setembro	0	21.5	98.5
Outubro	0	27.5	82.9
Novembro	6	24.8	157.5
Dezembro	13	27.8	229.7

---

**2003**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	69	24.8	561.2
Fevereiro	85	25.8	199
Março	248	24.3	181.7
Abril	241	23.2	102.1
Maio	112	19.9	82.9
Junho	30	21	1.3
Julho	10	20.8	23.8
Agosto	2	20.3	8.8
Setembro	2	23.7	21.1
Outubro	0	24.5	59.2
Novembro	0	24.1	162.6
Dezembro	0	25.2	186.4

---

**2004**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	0	24.3	349.9
Fevereiro	5	24.1	412
Março	6	23.9	83.9
Abril	6	23.7	175.4
Maio	7	19.4	104.7
Junho	0	19.2	48.5
Julho	2	18.9	35.3
Agosto	0	21.2	0
Setembro	6	25.8	5.3
Outubro	0	22.9	113.6
Novembro	4	24.2	116.7
Dezembro	11	23.8	406.9

---

**2005**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	27	24.5	417.3
Fevereiro	65	24.7	50.2
Março	106	24.9	136.1
Abril	173	24.4	30.4
Maio	82	21.4	112
Junho	30	20.6	39.9
Julho	12	18.9	51.9
Agosto	6	22.1	0
Setembro	2	22.8	103.5
Outubro	0	26	59.6
Novembro	0	24.7	253.5
Dezembro	0	23.6	150.3

---

**2006**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	292	25.3	205.2
Fevereiro	554	25.1	274.1
Março	1312	25.4	154
Abril	2366	23.1	14.2
Maio	1222	19.6	2
Junho	175	19.9	9.8
Julho	40	20.8	4.6
Agosto	19	22.7	0
Setembro	2	22.7	44.2
Outubro	6	23.9	230.6
Novembro	6	24.4	215.5
Dezembro	3	25.1	289.1

---

**2007**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	36	24.5	469.9
Fevereiro	151	25.8	87.2
Março	656	25.5	117.7
Abril	1019	24.7	15.2
Maio	664	20.2	98.6
Junho	106	20.3	1.7
Julho	46	19.5	65.7
Agosto	12	21.8	0
Setembro	4	24.9	3
Outubro	13	26.1	49.4
Novembro	5	23.9	125.4
Dezembro	10	25.7	179.6

---

**2008**


---

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	88	24	364.6
Fevereiro	111	24.5	197.2
Março	219	23.7	201.9
Abril	373	22.8	119.2
Maio	127	19.7	50.5
Junho	55	20	8.4
Julho	25	19.7	0
Agosto	16	22.5	19
Setembro	17	22.6	8
Outubro	8	25	47.6
Novembro	3	24.6	117.6
Dezembro	16	25.8	290.7

## 2009

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	41	24.1	231.2
Fevereiro	101	25.1	173.6
Março	353	24.9	89.7
Abril	441	22.6	56.1
Maio	372	21.5	22.8
Junho	88	17.8	62.3
Julho	23	20.4	47
Agosto	3	21	124.9
Setembro	13	23.2	181.2
Outubro	14	24.1	112.4
Novembro	46	26	194.1
Dezembro	55	24.6	286.2

## 2010

<b>Mês</b>	<b>Casos de Dengue</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
Janeiro	1604	25.1	242.9
Fevereiro	4242	26	142.7
Março	8142	25.1	151.1
Abril	9143	22.7	54.9
Maio	5344	19.8	19.8
Junho	909	18.9	9.1
Julho	168	21	24.4
Agosto	65	21.1	0
Setembro	37	23.7	92
Outubro	27	23.5	64.5
Novembro	64	24.3	119.6
Dezembro	204	25.3	191