**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA**

**Condicionantes socioambientais urbanos associados à
ocorrência de Dengue no município de Araraquara**

Maria Aparecida de Oliveira

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Saúde Pública da
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Saúde
Pública.

Área de Concentração: Saúde Ambiental

Orientadora: Profa. Titular Helena
Ribeiro

São Paulo
2012

Condicionantes socioambientais urbanos associados à ocorrência de Dengue no município de Araraquara

Maria Aparecida de Oliveira

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Saúde Pública.

Área de Concentração: Saúde Ambiental

Orientadora: Profa. Titular Helena
Ribeiro

São Paulo
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese/dissertação.

Dedicatória

Dedico este estudo aos meus pais,
Egidro Antunes de Oliveira e Aparecida Martins de Oliveira
e aos meus queridos sobrinhos Marcos Henrique, Matheus e Vítor.

AGRADECIMENTOS

Sou especialmente grata à minha orientadora Profa. Dra. Helena Ribeiro, por me apresentar a desafiadora geografia da saúde, pela parceria, dedicação, amizade, confiança e competência no processo de orientação da tese.

Ao Prof. Dr. Eliseu Waldman pelas excelentes aulas da disciplina Epidemiologia e pelas fundamentais contribuições na banca de qualificação e pré-banca de doutorado.

À Profa. Dra. Maria do Rosário Dias Latorre pelas disciplinas de modelos de regressão aplicados aos estudos epidemiológicos.

Ao Prof. Dr. Raul Borges Guimarães, pelas preciosas contribuições na banca de qualificação.

Ao Prof. Dr. Carlos Castillo-Salgado, pela oportunidade de desenvolver o estágio de doutorado PDDE-CAPEs, sob sua supervisão no Departamento de Epidemiologia da Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.

Ao Prof. Dr. Expedito José de Albuquerque Luna, pela contribuição na pré-banca de doutorado.

À Profa. Dra. Paula Andrea Martins, pelas discussões sobre saúde urbana e pela fundamental ajuda nas análises estatísticas.

Aos colegas de pós-graduação Samuel, Sofia, Edelci, Gustavo pelas discussões sempre interessantes.

À Renilda e Vânia, da Seção de alunos de pós-graduação pelo apoio durante o processo de doutorado sanduíche no exterior.

Ao SESA – Serviço Especial de Saúde de Araraquara, pela disponibilização dos dados de dengue.

À NASA's Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) data centers pela disponibilização das imagens do sensor Aster dos anos de 2001 e 2007.

Aos amigos Dra. Micheline de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho e Prof. Walter Massa Ramalho, pelas preciosas contribuições na pesquisa da série histórica de dados meteorológicos diários do município de Araraquara.

Ao Engenheiro Agrônomo Joaquim Dragone e Fazenda Rancho Rey pela disponibilização dos dados meteorológicos diários de 1999 a 2008.

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado no Brasil e pela bolsa de PDEE.

À minha família pela compreensão nos momentos de ausência.

Meu sincero agradecimento a todos os meus amigos, mestres e professores que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu pudesse realizar este trabalho.

Minha gratidão a todos vocês.

RESUMO

Introdução: Estima-se que 2,5 bilhões de pessoas vivam em áreas de risco de dengue, em mais de 100 países endêmicos. Mais de 50 milhões de infecções ocorrem anualmente com 500.000 casos de dengue hemorrágica e 22.000 mortes, principalmente entre crianças. A cidade de Araraquara apesar de apresentar boas condições sociais e econômicas, tem apresentado graves epidemias de dengue na última década. **Objetivo:** Este estudo examinou os fatores socioambientais urbanos associados à incidência de dengue em Araraquara, que é uma cidade de médio porte localizada no interior do estado de São Paulo, na região sudeste do Brasil nos anos de 1998 a 2008. **Métodos:** Foi realizado um estudo ecológico longitudinal, no qual foram avaliados dados de incidência de Dengue notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) em todas as semanas epidemiológicas dos anos de 1998 a 2008, no município de Araraquara. As variáveis socioambientais urbanas investigadas foram extraídas do censo demográfico, de imagens de satélite e de planos de informações georreferenciados do ambiente construído. As variáveis meteorológicas investigadas foram obtidas a partir de uma estação automática com medições diárias para todo o período analisado. Para investigar o padrão espaço temporal da distribuição da incidência de dengue no município, foram utilizadas as técnicas de análise exploratória de dados espaciais. Para investigar o efeito independente de variáveis socioambientais urbanas sobre a ocorrência de casos de dengue nos setores censitários de Araraquara, ao longo do período de 1998 a 2008, foram utilizados modelos de análise multivariada para dados longitudinais, por meio de equações de estimação generalizadas (GEE, *Generalized Estimating Equations*). **Resultados:** foram identificados padrões sazonais da incidência de dengue. Foram observados efeitos significativos de variáveis socioambientais urbanas, incluindo as variáveis meteorológicas, epidemiológicas e do ambiente construído, como fatores de risco à ocorrência de dengue e estes fatores variam no tempo e no espaço. **Conclusão:** os resultados mostraram a complexidade dos fatores associados à incidência de dengue no município de Araraquara, que envolve fatores socioambientais urbanos, em diferentes escalas espaciais e temporais. A consideração dos fatores no planejamento de políticas públicas pode ser importante para o enfrentamento desse grave problema de saúde urbana.

Palavras-chave: Dengue, saúde urbana, análise espaço temporal, GIS

ABSTRACT

Introduction: It is estimated that 2.5 billion people live in areas at risk of dengue fever in more than 100 endemic countries. Over 50 million infections occur annually with 500,000 cases of DHF and 22,000 deaths, mostly among children. The city of Araraquara, despite having good social and economic conditions, had severe dengue epidemics in the last decade. **Objective:** This study examined the urban socio-environmental factors associated with the incidence of dengue in Araraquara, which is a medium-sized city located in the state of São Paulo, in southeastern Brazil in the years 1998 to 2008. **Methods:** We conducted a longitudinal ecological study, which evaluated data on the incidence of dengue reported in the Information System for Notifiable Diseases (SINAN) in all epidemiological weeks of the years 1998 to 2008, for the city of Araraquara. The urban social and environmental variables investigated were taken from the census, satellite images and geo-referenced data layers of the built environment. The meteorological variables investigated were obtained from an automatic station with daily measurements for the whole period. To investigate the pattern of spatial and temporal distribution of the incidence of dengue in the city, we used the techniques of exploratory spatial data analysis. To investigate the independent effect of urban social and environmental variables on the occurrence of dengue cases in the census tracts of Araraquara, over the period 1998 to 2008, we used multivariate analysis models for longitudinal data, and generalized estimating equations (GEE). **Results:** We identified seasonal patterns of dengue incidence. Significant effects were observed for urban social and environmental variables, including meteorological variables, epidemiological and built environment as risk factors to the occurrence of dengue and these factors vary in time and space. **Conclusion:** The results showed the complexity of factors associated with the incidence of dengue in the city of Araraquara, which involves urban socio-environmental factors at different spatial and temporal scales. The consideration of these factors in the planning of public policies can be important to deal with this serious problem of urban health.

Key words: Dengue, Urban Health, Spatial-temporal analysis, GIS

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DENGUE COMO UM PROBLEMA DE SAÚDE URBANA	15
1.2	DESCRIÇÃO DA EXPANSÃO GEOGRÁFICA DA DENGUE	18
1.3	A CONTRIBUIÇÃO DA EPIDEMIOLOGIA ESPACIAL E DA GEOGRAFIA DA SAÚDE NO ESTUDO DA DENGUE	26
2.	OBJETIVOS	30
2.1.	OBJETIVO GERAL	30
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3.	METODOLOGIA	31
3.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO	31
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.3	PERÍODO DE ESTUDO	35
3.4	VARIÁVEL DE DESFECHO	35
3.5	VARIÁVEIS INDEPENDENTES	39
4.	RESULTADOS	48
4.1	CARACTERÍSTICAS EPIDEMIOLÓGICAS DA DENGUE NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA	48
4.2	SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS E INCIDÊNCIA DE DENGUE DE 1999 A 2008.	60
4.3	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	65
4.4	MAPAS DE USO E COBERTURA DO SOLO DO ANO DE 2001 E 2007	70
4.5	CASOS DE DENGUE GEORREFENCIADOS	73
4.6	ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DOS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA	75
4.7	MANUSCRITO 1 - GEOSPATIAL ANALYSIS APPLIED TO DENGUE EPIDEMIOLOGICAL STUDIES: A SYSTEMATIC REVIEW	86
4.8	MANUSCRITO 2 - DETECÇÃO DE EPIDEMIAS EM CIDADE TROPICAL DE	118

INFLUÊNCIA REGIONAL	
4.9 MANUSCRITO 3 - SOCIAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS RELATED TO DENGUE FEVER INCIDENCE IN URBAN TROPICAL AREAS	141
5. CONCLUSÕES	176
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179
7. ANEXOS (CURRICULO LATTES)	194

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Evolução do número de países com notificações de dengue e febre hemorrágica da dengue.	18
Figura 2. Países com risco de Transmissão de Dengue, 2008	19
Figura 3. Mortalidade por Dengue e Febre Hemorrágica da Dengue no Brasil, no período de 1998 a 2009.	21
Figura 4. Ocorrências de complicações da Dengue no Brasil no período de 2007 a 2011	22
Figura 5. Sorotipos circulantes no Brasil, 2001-2005 segundo unidades da federação.	23
Figura 6. Casos e Incidência de dengue no Estado de São Paulo 1990 – 2009.	24
Figura 7. Mortalidade por Dengue e Febre Hemorrágica da Dengue no Brasil, no período de 1998 a 2009, por 100 mil habitantes.	25
Figura 8. Renda média do chefe do domicílio e Localização da área de estudo.	32
Figura 9. Regiões de influência de cidades	34
Figura 10. Mapa de logradouros com trechos sem informação e limite municipal de Araraquara	37
Figura 11. Exemplo das áreas com logradouros ausentes.	39
Figura 12. Bandas espectrais do sensor Aster. Fonte: NASA EROS Center	44
Figura 13. Casos de dengue por semana epidemiológica no município de Araraquara 1998- 2008. Fonte: SINAN-MS-SESA-FSP-USP.	49
Figura 14. Locais prováveis de infecção de dengue dos casos importados no município de Araraquara no período de 1998 a 2008.	54
Figura 15. Temperatura mínima, média e máxima e número de casos de dengue por semana epidemiológica.	61
Figura 16. Pluviosidade acumulada (mm) e total de casos de dengue por	62

semana epidemiológica.

Figura 17. Umidade máxima do ar e total de casos de dengue por semana epidemiológica. **63**

Figura 18. Fluxo de vento e total de casos de dengue por semana epidemiológica. **64**

Figura 19. Modelo de dados do SIG-dengue **66**

Figura 20. Imagem sintética da área urbana do município de Araraquara – composição das bandas 1, 2 e 3N do sensor ASTER **70**

Figura 21. Mudança no uso e ocupação do solo urbano do município de Araraquara. **72**

Figura 22. Variação espacial anual da incidência de dengue no município de Araraquara no período de 1998 a 2008. **76**

Figura 23. Distribuição espacial do indicador de autocorrelação espacial da incidência acumulada anual de dengue por 10 mil habitantes, por setor censitário. **82**

Figura 24. Figura 24 – LISAMAPS da incidência de dengue nos setores censitários urbanos por semanas epidemiológicas no município de Araraquara de 1998 a 2008. **84**

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 1. Total de casos notificados e confirmados de dengue no município de Araraquara de 1998 a 2008, segundo gênero.	50
Tabela 2. Total de casos de dengue e percentual segundo faixas etárias, no município de Araraquara – estado de São Paulo.	52
Tabela 3. Número total de casos e incidência por 100 mil habitantes de dengue, casos autóctones e importados, no município de Araraquara de 1998 a 2008.	53
Tabela 4. Variáveis elaboradas e/ou agregadas no nível do setor censitário para aplicação nos modelos de regressão e nas análises espaciais.	67
Tabela 5. Resultados da geocodificação dos casos de dengue	74
Tabela 6. Índice de Moran Global da incidência de casos de dengue nos setores censitários de Araraquara, de acordo com agrupamentos de semanas epidemiológicas.	80

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTER Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection

CID Código Internacional de Doenças

CVE Centro de Vigilância Epidemiológica

DATASUS Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH Índice de Desenvolvimento Humano

GEE Generalized Estimating Equations

GIS Geographic Information Systems

LISA Local Indicator Spatial Association

NASA National Aeronautics and Space Administration

SEADE Fundação Estadual de Análise de Dados

SES Secretaria Estadual de Saúde

SESA Serviço Especial de Saúde de Araraquara

SINAN Sistema Nacional de Agravos de Notificação

SUS Sistema Único de Saúde

MS Ministério da Saúde

EOSDIS Earth Observing System Data and Information System

APRESENTAÇÃO

Esta tese segue o modelo proposto pelo Programa de Pós-graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

O projeto foi previamente submetido à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

O texto inicialmente apresenta uma introdução que busca sistematizar o conhecimento existente e justificar o trabalho realizado. Em seguida, são apresentados os objetivos da tese. No item seguinte a metodologia geral da pesquisa, que não foi contemplada nos manuscritos apresentados. Após a metodologia são apresentados os resultados da pesquisa, divididos em duas etapas. A primeira etapa contempla os resultados e produtos intermediários da tese que não foram contemplados nos manuscritos apresentados, mas foram utilizados para elaboração de todas as variáveis propostas no modelo de análise. A segunda etapa apresenta os manuscritos elaborados. Em seguida, são apresentadas as conclusões e por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas mas não contempladas nos manuscritos apresentados e as conclusões do estudo.

1 INTRODUÇÃO

1.1 DENGUE COMO UM PROBLEMA DE SAÚDE URBANA

A dengue ocupa lugar de destaque no acometimento de populações em áreas urbanas, configurando um grave problema de saúde mundial (TEIXEIRA *et al.* 2005).

Estima-se que 2,5 bilhões de pessoas vivam em áreas de risco de dengue, em mais de 100 países endêmicos e mais de 50 milhões de infecções ocorram anualmente, com 500.000 casos de dengue hemorrágica e 22.000 mortes, principalmente entre crianças (GUBLER, 2006). A prevalência global desta doença tem aumentado nas últimas décadas, ameaçando pessoas residentes em zonas urbanas, Peri - urbana e rural de regiões tropicais e subtropicais (CHANSANG & KITTAYAPONG, 2007).

A dengue é uma arbovirose causada por um Flavivírus, com quatro sorotipos conhecidos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. Caracteriza-se como doença febril aguda, com espectro clínico variando desde quadros febris inespecíficos, até manifestações graves com hemorragia e choque: a febre hemorrágica da dengue (FHD) e a síndrome do choque da dengue (SCD). A FHD ocorre em 2 a 4% dos indivíduos reinfetados. Os países tropicais e subtropicais, têm sido os mais atingidos em função de suas características ambientais, climáticas e sociais (GUZMÁN & KOURÍ, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2006).

A infecção por um determinado sorotipo de vírus da dengue confere imunidade homóloga, que é duradoura, enquanto a imunidade para os outros sorotipos é apenas parcial e temporária (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

O mosquito *Aedes aegypti* principal vetor transmissor do vírus da dengue, encontra-se em constante adaptação nas áreas urbanas, em decorrência da sua biologia que

favorece sua expansão ao longo de áreas urbanizadas tropicais e subtropicais do planeta (ABRAHÃO, 2005; COX *et al.*, 2007).

O *Aedes aegypti*, encontra facilidade de adaptação e é, freqüentemente, encontrado em comunidades urbanas, principalmente nas comunidades com gestão da água e sistemas de resíduos sólidos precários e baixo controle vetorial (BARCLAY, 2008)

Segundo GOMES (2005), por muitos anos as espécies *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* têm sido reconhecidas como transmissoras do vírus da dengue. Para este autor, o papel das populações humanas e sua relação com *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* e as condições sob as quais se processam as interações para circulação viral, são partes indissociáveis da dinâmica de transmissão da dengue.

Nesse sentido, o ambiente urbano reúne as principais características ecológicas e socioambientais que facilitam a proliferação e dispersão do *Aedes Aegypti* (GOMES , 2005; CÂMARA *et al.*, 2007).

No sudeste asiático, o *Aedes albopictus* tem sido descrito como vetor secundário, por apresentar papel suplementar em epidemias de dengue. Nas Américas, apesar da ampla dispersão observada desde sua introdução em 1985, até o momento, não foi verificada transmissão de dengue em locais onde somente esta espécie estivesse presente (PEREIRA, 2001).

ALMEIDA *et al.* (2007) afirmam que devido à estrutura complexa e heterogênea das áreas urbanas, mesmo um baixo nível infestação do vetor poderia levar a uma epidemia em uma área densamente povoada. Em áreas com uma maior dispersão da população, o nível de infestação semelhante não seria suficiente para manter a transmissão.

A expansão geográfica de populações de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* sofre influência de fatores ambientais e sociais, entre os quais o clima, a densidade demográfica e a atividade econômica (GLASSER & GOMES, 2002). As epidemias de dengue no Brasil em geral ocorreram em municípios com mais de 100.000 habitantes (COSTA & NATAL, 1998; GLASSER & GOMES 2000; CHIARAVALLOTI NETO, *et al.*, 1999).

Segundo FRUMKIN *et al.* (2004), as doenças infecciosas relacionadas ao saneamento básico e de coleta de lixo, que antigamente dominavam os agravos à saúde nas cidades, ressurgem com maior intensidade nos aglomerados urbanos de grande e médio porte.

Vários aspectos do bem estar humano são influenciados pelo ambiente e muitas doenças podem ser favorecidas por fatores ambientais, por isso a interação das pessoas com o ambiente é um importante componente da saúde pública (MOELLER, 2005). Para BARCELLOS *et al.* (2005), a situação de saúde de um indivíduo resulta de uma acumulação de situações históricas, ambientais e sociais que promovem condições particulares para a produção de doenças.

A exposição ambiental dos indivíduos é determinada por fatores geográficos, como o local onde se vive, trabalha, estuda, assim como deslocamentos e interações em áreas de exposição, que, por sua vez, refletirão fatores individuais e demográficos de vida, como idade, sexo, classe social, renda, trabalho e modo de deslocamento, bem como outros fatores que influenciam a forma de conduzir a vida cotidiana (ELLIOT & SAVITZ, 2008).

De acordo com CAIFFA *et al.*, (2008), o estudo da saúde das populações no ambiente urbano traz uma nova perspectiva de abordagem da própria saúde pública e requer transdisciplinaridade para o desenvolvimento de teorias, conceitos e métodos apropriados para a saúde urbana.

1.2 DESCRIÇÃO DA EXPANSÃO GEOGRÁFICA DA DENGUE

1.2.1 Expansão mundial

O primeiro registro de uma manifestação clinicamente compatível com a dengue foi encontrado em uma enciclopédia médica chinesa, o ano de 992. Com a expansão da indústria naval mundial, nos séculos XVIII e XIX, as cidades portuárias cresceram e tornaram-se mais urbanizadas, criando as condições ideais para o principal mosquito vetor da dengue, o *Aedes aegypti* (GUBLER, 2006).

Número de países

Figura 1. Evolução do número de países com notificações de dengue e febre hemorrágica da dengue. Fonte:OPS/OMS

A figura 1 mostra a evolução do número de países com notificações de dengue e febre hemorrágica da dengue. É possível observar que a partir dos anos 1980, há um incremento no número de países com notificação, sendo que em 2001 houve o maior número de países com registro, 69 países. Num período de 40 anos a doença se expandiu para 67 países.

Na primeira metade do século XX, as maiores ocorrências de dengue foram registradas na Austrália, nos Estados Unidos, na Tunísia, em Taiwan e no Japão. Durante os anos 1980 e 1990 houve um aumento no número de epidemias de dengue, com centenas de milhares de casos no sudeste da Ásia e na América tropical e subtropical (HALSTEAD, 2006).

Figura 2. Países com risco de Transmissão de Dengue, 2008.

A Dengue está presente nas Américas há alguns séculos, no entanto situação atual é bastante dinâmica e tem piorado nas últimas décadas (WILSON & CHEN, 2002). Em 1968, apenas 5 países registraram casos, e em 1981 a doença já estava presente em 28 países do continente americano.

De acordo com SHEPPARD (2011), a aceleração da urbanização descontrolada e os problemas associados tais como de gestão de resíduos precária em muitas cidades da América Latina, contribuíram para a ampla distribuição de *Aedes aegypti* e o retorno da circulação do vírus da dengue. Aproximadamente 3 milhões de casos de dengue foram oficialmente notificados nas Américas, durante o período de 2001-2005, em comparação com 2,1 milhões de casos no período de 1995-1999, destacando-se a contribuição do Brasil no crescimento da magnitude da doença nas Américas. O Brasil sozinho é responsável por 41% do custo total relacionado à dengue nas Américas.

1.2.2 Expansão no Brasil

Na literatura científica há registro de casos na cidade de São Paulo ocorridos em 1916 e em 1923 em Niterói. A primeira evidência de ocorrência de epidemia de dengue no Brasil é de 1982, quando foram isolados os sorotipos DENV1 e DENV4, em Boa Vista Roraima, na Região Norte (BARRETO & TEIXEIRA 2008).

De acordo com TEIXEIRA et al. (1999) a ampliação da difusão do DENV-1 começou em 1986, em Nova Iguaçu, no estado do Rio de Janeiro, em áreas urbanas no Nordeste. Nos estados de São Paulo e Minas Gerais foram registradas epidemias e surtos localizados. O DENV-2 foi introduzido, em 1990, em uma nova epidemia na cidade Rio de Janeiro, que afetou o Estado e outras áreas no Sudeste. Nesse ano, os primeiros casos de febre hemorrágica da dengue são registrados.

No Brasil no período de 1998 a 2008, conforme aponta a figura 3, houve aumento número da mortalidade por Dengue e Febre Hemorrágica da Dengue, principalmente nos anos de 2002 e 2008, anos com registro de epidemias em vários municípios do país.

Figura 3. Mortalidade por Dengue e Febre Hemorrágica da Dengue no Brasil, no período de 1998 a 2009. Fonte: DATASUS

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

As ocorrências de complicações da Dengue registradas nos últimos anos, podem indicar o aumento da gravidade da dengue no Brasil. A figura 4, mostra o conjunto das complicações de Dengue ocorridas no período de 2007 a 2011, incluindo alterações neurológicas, disfunção cardiorrespiratória e insuficiência hepática. Pode ser verificado o aumento do número de caso de dengue com complicações (Figura 4).

Figura 4. Ocorrências de complicações da Dengue no Brasil no período de 2007 a 2011

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil –

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

No ano de 1998, houve uma grande expansão territorial da circulação viral e no Nordeste foi observada uma elevada incidência (564,1 por 100 mil habitantes) e um maior número de casos notificados (258.441). Os vírus DENV-1 e DENV-2, até ao final do período 1994-98, circularam em 49,0% dos 5.507 municípios do país e o vetor foi detectado em mais de 50,0% (2910). Não foram relatados casos autóctones na região Sul, uma área onde o fator climático pode ter dificultado a proliferação do vetor (TEIXEIRA et. al., 2005).

Sorotipos Circulantes, Brasil, 2001 - 2005

Figura 5. Sorotipos circulantes no Brasil, 2001-2005 segundo unidades da federação. Fonte: CVE-SES-SP

De acordo com TEIXEIRA et al., (2005) em 1999, a dengue se espalhou para outras áreas do país, especialmente pela região Norte, que apresentou a maior taxa de incidência nos anos subseqüentes , 408,1 por 100.000 habitantes em 2001. Os autores destacam que como Norte tem áreas de baixa densidade populacional e principalmente cidades pequenas, a propagação para a região acompanhou uma aparente diminuição na curva de incidência nacional.

Em estudo realizado sobre o comportamento histórico da dengue, segundo as regiões brasileiras, CÂMARA et al., (2007) afirmam que, embora a dengue tenha se revelado qualitativamente semelhante em todas as regiões do país, quantitativamente apresentou diferenças importantes. Os autores separam as regiões do país em dois grupos, um formado pelas regiões Nordeste e Sudeste, que detiveram 86% de todas as notificações, e o outro formado pelas regiões Norte, Sul e Centro-Oeste. No primeiro grupo, estão os principais pólos de atração ou cidades, que os autores associam à disseminação do vírus e do vetor para o país. Para os

autores, as numerosas rotas de tráfego que irradiam destes pólos contribuem para a rápida disseminação do vírus e do vetor para outras áreas do país.

1.2.3 A dengue no Estado de São Paulo

No Estado de São Paulo, a transmissão de dengue foi observada, pela primeira vez, em 1987, nos municípios de Guararapes e Araçatuba. No verão de 1990/91, em Ribeirão Preto, foi registrada uma epidemia de grandes proporções, que rapidamente se expandiu para municípios vizinhos e outras regiões (CVE, 2008) Conforme pode ser observado na figura 5, desde a primeira transmissão no estado, em 1990, as epidemias de dengue vêm ocorrendo quase todos os anos no estado.

Figura 6. Casos e Incidência de dengue no Estado de São Paulo 1990 – 2009.
Fonte: CVE-SES-

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

A incidência de dengue no estado de São Paulo teve início na porção noroeste, na divisa com estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais. Desde então, a doença tem se espalhado pelo Estado, mas parece seguir um padrão de contigüidade espacial, que acompanha as principais vias de circulação e capitais regionais do estado, se concentrando basicamente na porção noroeste.

No Estado de São Paulo, desde 1987, tem ocorrido epidemias de dengue clássico e a partir de 1999, há registro de casos hemorrágicos em todos os anos. Porém no ano de 2007, observou-se um súbito aumento no número de ocorrências (Figura 7).

Figura 7. Mortalidade por Dengue e Febre Hemorrágica da Dengue no Brasil, no período de 1998 a 2009, por 100 mil habitantes.

Fonte: MS/SVS/DASIS - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira

Entre os fatores relacionados à expansão geográfica da doença, estudos têm mostrado que condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações atmosféricas e temperaturas elevadas, mostram relação positiva com a transmissão de dengue FORATTINI (2002). Em estudo realizado no Estado de São Paulo, GLASSER & GOMES (2002) observaram que quanto menor a temperatura, mais lento foi o processo de expansão geográfica da população de *Aedes aegypti*. Esse fator teve influência

preponderante na determinação dos diversos padrões macrorregionais de expansão geográfica dessa espécie no Estado de São Paulo.

1.3 A CONTRIBUIÇÃO DA EPIDEMIOLOGIA ESPACIAL E DA GEOGRAFIA DA SAÚDE NO ESTUDO DA DENGUE

Para ELLIOT et al., (2006), a epidemiologia espacial é uma área de estudo dedicada à compreensão das variações espaciais dos agravos à saúde, os estudos são divididos em mapeamento de doenças, estudos de correlação geográfica e de detecção de *clusters* espaciais.

Nos estudos de epidemiologia espacial, técnicas de análise espacial têm sido utilizadas para identificação de regiões de maior risco para determinadas doenças, caracterização da distribuição espacial na busca de fatores de risco (GURGEL et al. 2005), modelos explicativos e medidas preventivas (ZHANG et al. 2006).

A utilização de técnicas de geoprocessamento em pesquisas na área de saúde pública tem sido crescente, nas últimas décadas, principalmente devido às possibilidades proporcionadas pela análise espacial. Informações de diferentes fontes e formatos podem ser integradas espacialmente, por meio operações espaciais num ambiente de Sistemas de Informação Geográficas (SIG). Trabalhos importantes explorando o padrão espacial da distribuição de doenças e fatores associados, têm sido desenvolvidos em epidemiologia e saúde pública, (BRIGGS, 1996, CUZICK & ELLIOTT 1996, ARON & PATZ, 2001, ALBERT et al. 2001, LAWSON, 2001, ELLIOT et al., 2006).

O geoprocessamento tem sido aplicado como ferramenta na análise do papel do ambiente socioeconômico e cultural, entre os determinantes das doenças (BELL et al. 2007) e na avaliação do acesso aos recursos e equipamentos de saúde (CARVALHO et al. 2005, LARAIA et al. 2006).

O uso do geoprocessamento na área da saúde tem ampliado a capacidade de formular e avaliar hipóteses sobre a distribuição espacial de doenças, principalmente através da confecção rápida de mapas temáticos e do uso de análises espaciais complexas (BARCELLOS, 2007).

Especificamente no estudo da Dengue, diversos autores utilizaram os Sistemas de Informações Geográficas e técnicas de análise espacial, como ferramenta de análise de incidência de dengue na escala municipal, com resultados promissores no que diz respeito à incorporação de variáveis socioambientais nos estudos (MORRISSON et al. 1998, GUHA-SAPIR E SCHIMMER, 2005, BARCELLOS, et al., 2005, SILVA A.F., 2005; LIAN, et al., 2006, VANWAMBEKE et al. 2006, VILAÇA, 2007; THAMMAPALO et al., 2008, AVILÉS et al. 2008, SIQUEIRA-JUNIOR, 2008, LAGROTTA et al. 2008, MAMMEN et al. 2008).

A aplicação do SIG pode ser útil na análise e monitoramento da dengue, uma vez que esta tecnologia integra espacialmente variáveis ambientais e detecta novos casos que podem auxiliar na identificação de áreas de alto risco (VANWAMBEKE et al. 2006).

Segundo Teixeira et al. (2005), enquanto não há uma vacina segura e eficaz, melhores perspectivas para controlar dengue poderão ser encontradas a partir de pesquisa de novas estratégias tecnológicas para interromper transmissão baseada no controle vetorial direto e específico, além da melhoria na educação em saúde, novos modelos e métodos de vigilância epidemiológica e virológica. O uso do geoprocessamento no estudo da dengue destaca-se dentre tais estratégias.

ALMEIDA et al. (2007), assinalam que compreensão da complexa dinâmica da dengue e a interação da imensa gama de fatores envolvidos, demandam novos estudos que considerem as especificidades de cada área geográfica, assim como a construção de modelos preditivos capazes de identificar os riscos em áreas ainda não afetadas.

Além das aplicações nos estudos epidemiológicos sobre a distribuição espacial da dengue, a utilização de novas estratégias tecnológicas tem sido recomendada também no desenvolvimento de ações de controle da doença.

MEDRONHO (2006), afirma que a grande complexidade do ambiente urbano torna essencial repensar a estratégia de controle da dengue, uma vez que o mecanismo de produção da doença requer a adoção de políticas integradas de diversos setores e não apenas do setor da saúde. Para PENNA (2003), a dengue demanda o envolvimento do setor de urbanismo da administração pública, de forma a evitar edificações com arquitetura que permita possíveis criadouros.

A inclusão de análise dos padrões espaciais em estudos epidemiológicos é importante para a compreensão do papel do planejamento territorial e dos processos de difusão de doenças. Os Sistemas de Informações Geográficas podem desempenhar um papel importante na análise de dados em saúde pública, a partir de abordagens multidisciplinares que explorem o potencial das técnicas de análise espaço temporais. (NAKHAPAKORN & TRIPATHI, 2005)

Em recente estudo de revisão, ARAÚJO et al., (2008) encontraram um número pequeno de artigos publicados sobre dengue no Brasil que aplicaram técnicas de geoprocessamento. Destacam que os estudos de espacialização da dengue no Brasil, especialmente aqueles que avaliam os seus vetores, subutilizam as ferramentas do geoprocessamento.

A incorporação da dimensão espacial na investigação da dinâmica de transmissão da dengue pode ser uma alternativa para o desenvolvimento de análises que incorporem fatores individuais e características de grupo, tais como, local de residência e características socioambientais. Para DIEZ-ROUX, (2001), esses fatores são modificadores dos efeitos do ambiente no estado de saúde dos indivíduos e devem ser considerados em modelos de análise multinível.

Um dos principais problemas enfrentados na epidemiologia da dengue é o conhecimento insuficiente sobre os fatores de risco e a associação entre eles (TAUIL, 2001; LIAN, et al. 2006). Existem poucos estudos sobre a incidência da dengue, que incorporam dados socioambientais na análise dos fatores associados à ocorrência da dengue. Geralmente os estudos sobre dengue e fatores ambientais têm considerado exclusivamente dados meteorológicos, como fatores ambientais. No entanto, no contexto do ambiente urbano é importante a incorporação de

variáveis que incluam informações sobre o ambiente construído e meio socioeconômico nos quais as populações estão inseridas.

Estudos no Brasil e no mundo apontam para a importância de fatores ambientais urbanos no padrão de distribuição da dengue. No entanto, estudos que considerem variáveis socioambientais urbanas a partir de uma abordagem espaço temporal, ainda são escassos.

A presente pesquisa investigou as hipóteses de que a incidência de dengue possui um padrão espaço-temporal de distribuição e que está associada aos fatores socioambientais urbanos, que incorporam variáveis do ambiente construído, físico e socioeconômico, independente dos fatores meteorológicos.

A identificação de variações nos padrões espaciais e conglomerados pode indicar que a distribuição de casos de dengue esteja relacionada a diferentes situações de risco, tais como o acesso precário ao saneamento básico, pobreza, iniquidade, condições psicossociais. O estudo de fatores socioambientais, associados à incidência de dengue no contexto urbano, constitui uma contribuição para o conhecimento na área de Saúde Ambiental.

Desta forma, este estudo pode ser relevante para investigação no contexto da saúde ambiental, com grande potencial de contribuição para políticas e programas de combate à Dengue.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar os condicionantes socioambientais urbanos associados à incidência de casos de dengue no município de Araraquara, cidade de porte médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as características epidemiológicas da dengue no município de Araraquara no período de 1998 a 2008;
- Integrar as informações socioambientais urbanas com os dados de incidência de dengue do município de Araraquara em um Sistema de Informação Geográfica
- Estimar as taxas anuais de incidência de Dengue, durante o período de 1998 a 2008, no nível do setor censitário e de acordo com as semanas epidemiológicas;
- Verificar a existência de agrupamentos com diferentes padrões de distribuição espaço-temporal de casos de dengue no nível intra-urbano;
- Verificar a existência de associação entre a incidência de dengue e variáveis socioambientais urbanas, independente do efeito das variáveis meteorológicas.

3. METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

A pesquisa teve um delineamento ecológico e longitudinal, fundamentando-se na epidemiologia espacial (BRIGGS, 1996; LAWSON 2001; ELLIOT et al., 2001) para desenvolvimento de modelos de análise espaço-temporal.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A população de estudo foi a população residente na área urbana do município de Araraquara interior do Estado de São Paulo.

3.2.1 O município de Araraquara

O município está localizado na porção noroeste do estado de São Paulo, distante aproximadamente 300 km da maior capital do país, São Paulo.

O município foi instalado em 24 de agosto de 1833. Em 1885, a expansão das ferrovias que, entre outros produtos, escoavam o café e cortavam a região de Araraquara, incluiu a construção da Estrada de Ferro Araraquara (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA, 2011).

Atualmente, o município está localizado na região administrativa de Araraquara, que é considerada um pólo tecnológico do Estado de São Paulo, representado, entre outros fatores, pelo elevado número de universidades públicas, institutos tecnológicos, empresas ligadas à produção de açúcar, álcool e citrus. Algumas delas possuem centros de pesquisa próprios, além de uma estruturada rede de serviços distribuídos em alguns municípios que compõem a região, entre eles Araraquara (SEADE 2009).

Araraquara faz limite com os municípios de Motuca, Américo Brasiliense, Santa Lúcia, Boa Esperança do Sul, Ribeirão Bonito Sudoeste, Nova Europa, Gavião Peixoto, Ibaté, São Carlos, Matão. A extensão do município é de 1.008,6 Km² e sua densidade demográfica é de 180,4 hab./km². Sua população em 2000, segundo o IBGE, era de 182.471 pessoas, com uma taxa de urbanização de 95,1%.

Em 2010, a população de Araraquara era de 208.725, com taxa de urbanização de 99,1%. A densidade de habitantes por domicílio era de 3,04 habitantes, 66,5%, dos domicílios tinham até três moradores e 13,1%, deles mais de cinco moradores. Quanto as variáveis relativas ao saneamento básico, 98,7 % dos domicílios permanentes do município eram ligados à rede de esgotamento sanitário, 99,5% tinham acesso à rede de geral de abastecimento de água, e 97,7% com acesso ao serviço de coleta de lixo (IBGE, 2010).

Araraquara é município de médio porte, categorizado como capital regional do tipo C, que inclui municípios com forte econômica influência na rede local de municípios. Sua rede envolve 13 municípios (IBGE, 2007). A figura 9, mostra o mapa de redes das cidades do estado de São Paulo.

Fonte: IBGE, Contagem da População 2007; Área territorial oficial. Rio de Janeiro: IBGE, [2007]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: mar. 2008; PIB dos municípios. Rio de Janeiro: IBGE, [2007]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/diretorios.php?caminho=/pub/PIb_Municipios>. Acesso em mar. 2008.

Figura 9. Regiões de influência de cidades

3.3 PERÍODO DE ESTUDO

As informações referentes aos casos de dengue foram selecionadas compreendendo o período de Janeiro de 1998 a Dezembro de 2008.

3.4 VARIÁVEL DE DESFECHO

O desfecho analisado no estudo foi a ocorrência de casos de dengue. Foram considerados casos, todos os casos de dengue notificados, que foram confirmados laboratorialmente e registrados no período de 1998 a 2008, no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Este sistema reúne todos os casos notificados de dengue pelos municípios. No município de Araraquara, estes dados são organizados pelo Serviço Especial de Saúde de Araquarara (SESA) vinculado à Faculdade de Saúde Pública da USP. Os casos foram confirmados por meio de exame laboratorial, através de isolamento viral, detecção de antígenos virais e/ou ácido nucléico viral e detecção de anticorpos anti-dengue por reação imunoenzimática de captura de IgM (MAC-ELISA), conforme preconiza o Ministério da Saúde (2009).

Foram selecionados e analisados somente os casos de dengue notificados e confirmados de residentes do município de Araraquara.

3.4.1 Análise espaço temporal dos casos de dengue no município de Araraquara

Para o desenvolvimento da análise espacial dos casos de dengue, no período de 1998 a 2008, os dados extraídos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) foram georreferenciados utilizando-se uma base de logradouros georreferenciada no município de Araraquara e ferramentas disponíveis no Sistema de Informações Geográficas ArcGis 10.0.

O cadastro original de todo o período foi analisado e submetido a padronização de endereços. Esta etapa consistiu na correção e/ou complementação dos endereços de residência dos casos de dengue.

Esta etapa é fundamental para adequação dos dados para entrada nos sistemas de informações geográfica e obtenção de êxito no processo de equiparação dos endereços, ou seja, o nome dos logradouros não pode apresentar diferenças em relação a ortografia, numeração, e outras informações que variam de acordo com o software utilizado para georreferenciamento dos dados.

Para georreferenciamento dos dados foi utilizada uma base de dados de logradouros adquirida de uma empresa de geoprocessamento e os campos em que constam o endereço, nas fichas do SINAN. No entanto, para atingir maior precisão e cobertura dos dados georreferenciados e, conseqüentemente, melhor resultado nas análises espaciais, a base de logradouros foi submetida a uma auditoria.

A auditoria da base de logradouros consistiu na verificação da completeza espacial e qualidade dos atributos, geometria. Inicialmente, no sistema Google Earth, foi verificada a completeza espacial da base (figura 10). Posteriormente, os atributos da base (nome de rua e cep) foram comparados com a base do cadastro nacional de correios. Para verificação da geometria e precisão dos atributos, uma base de ruas no formato AutoCad disponível no site da prefeitura do município. Adicionalmente foram realizados levantamentos de campo com auxílio de um receptor GPS (Global Position System), em algumas áreas do município.

Quando a base de logradouros foi adquirida, ela foi imediatamente submetida à auditoria, no mês de Abril de 2009. Os resultados podem ser observados na figura 10 que mostra a distribuição espacial dos logradouros sem os atributos fundamentais à operação de endereçamento (georreferenciamento).

Figura 10. Mapa de logradouros com trechos sem informação e limite municipal de Araraquara

Na base de logradouros, que foi comprada de empresa especializada no mercado de geotecnologias, existiam 939 ruas identificadas por meio de 7572 trechos ou segmentos. Dos 7572 trechos, 1473 estavam sem informação, ou seja, sem o nome, número, cep e etc. Inclusive, há ruas com metade dos segmentos com identificação e metade sem identificação, ou seja, com trabalho de inclusão de atributos incompleto, além de confusão ou ausência nos nomes das principais avenidas do município. Algumas ruas na base de logradouros não correspondiam às imagens atuais da área, nem mesmo os traçados das ruas era similares ao mapa oficial da prefeitura do município disponibilizado no site da prefeitura. O formato que a

prefeitura disponibilizou as informações no site, não é adequado para geocodificação automática de endereços, por isso não foi possível utilizá-la nessa pesquisa. No entanto, foi fundamental para detecção e correção das inconsistências da base de logradouros georreferenciada utilizada.

Na realização da auditoria dos atributos da base de logradouros (nomes de ruas e cep) foi observada também uma grande quantidade de ruas e avenidas com o nome errado. Diversos logradouros estavam em bairros errados, as ruas existiam na base, porém com coordenadas geográficas erradas.

Para verificação do total de ruas atualizado a base oficial dos CORREIOS foi consultada. No ano de 2008, o município de Araraquara possuía 1698 logradouros (ruas e avenidas) com CEP identificados oficialmente e não 939 conforme constava na base adquirida, ou seja, 55% dos logradouros do município estavam ausentes, o que inviabilizava qualquer trabalho de geocodificação, principalmente na área da saúde. A figura 11 apresenta uma das áreas que a base adquirida não cobria, é possível observar que os logradouros ausentes, estavam localizados nas áreas periféricas e centrais do município.

Figura 11. Exemplo das áreas com logradouros ausentes.

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

Devido a inviabilidade do uso da base de logradouros para estudos epidemiológicos, uma atualização da geometria e dos atributos com base no cenário atual do município foi solicitada à empresa fornecedora da base. Foram necessários 24 meses para correção e atualização da base de logradouros.

Durante o processo de atualização/correção da base, foram entregues 4 versões diferentes da base de logradouros georreferenciadas, destas 3 foram devolvidas, porque as inconsistências locais e de atributos detectadas continuavam inviabilizando a sua utilização para geocodificação de dados epidemiológicos. A

última versão entregue em 2011 ofereceu condições para geocodificação dos dados epidemiológicos, no entanto, a utilização de outras bases de dados foram essenciais para minimizar os erros de geocodificação.

A qualidade da geocodificação dos cadastros em saúde afeta diretamente a qualidade das análises espaciais posteriores. Por isso, é importante que as bases de espaciais utilizadas com este objetivo, sejam submetidas às rotinas de controle de qualidade, que possam reduzir os erros e incertezas oriundos do processo de geocodificação.

A análise espaço temporal dos casos de dengue no município de Araraquara, foi realizada a partir da combinação dos dados pontuais (casos de dengue) e a taxa de incidência por 10 mil habitantes, que foi calculada para cada setor censitário urbano do município.

Após o georreferenciamento dos dados, eles foram agregados no nível do setor censitário. A área urbana do município de Araraquara possuía 269 setores censitários urbanos no censo demográfico de 2000.

Para analisar a distribuição espacial dos casos, inicialmente, foram elaborados mapas temáticos com a distribuição de casos acumulados por ano, e, posteriormente, por semanas epidemiológicas. Todos os planos de informações de casos de dengue podem ser visualizados na figura 18.

Após a identificação de diferenças na distribuição espacial dos casos e depois da distribuição da incidência, por meio de mapas temáticos, as características da distribuição geográfica dos casos de casos foram investigadas.

O índice Global de Moran e os Indicadores Locais de Moran (ANSELIN, 1995) foram utilizados para testar a existência de autocorrelação espacial, na distribuição dos casos com significância estatística para isso, foi uma matriz Queen de primeira ordem.

Para verificar o padrão de dispersão dos casos, com base na localização geográfica de cada caso analisado, foram elaborados os mapas com a Distribuição Direcional (BOOTS, et al. 1998).

As análises espaciais foram desenvolvidas nos softwares GEODA e ArcMap 10.

3.5 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

As variáveis independentes investigadas na pesquisa incorporaram dados socioambientais, que descrevem o meio físico e o meio socioeconômico da área de estudo. As variáveis foram selecionadas com base na pesquisa bibliográfica realizada e contemplam informações referentes ao ambiente físico, ambiente construído, variáveis meteorológicas, dados de cobertura da rede de água e esgoto, aspectos do uso e ocupação do solo. Elas foram elaboradas a partir de operações espaciais entre camadas de informações num ambiente de informações geográficas modelado especificamente para o desenvolvimento do presente estudo. A seguir serão descritos os procedimentos metodológicos envolvidos no processo de elaboração de cada variável socioambiental urbana considerada na análise. A tabela 1 apresenta todas as variáveis que foram utilizadas para verificação dos fatores associados à ocorrência de dengue no município de Araraquara.

3.5.1 Variáveis socioambientais urbanas

As variáveis socioambientais utilizadas como variáveis independentes foram obtidas por meio de técnicas e fontes variadas. No entanto, na análise dos dados foram utilizadas informações agregadas no nível individual (eventos de dengue) e no nível agregado (setor censitário). A seguir serão apresentadas as variáveis de acordo com nível de agregação, técnica de obtenção e unidade de agregação dos dados.

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram coletados por uma estação meteorológica automatizada da marca Davis Instruments de propriedade da Fazenda Rancho Rey e localizada no município de Araraquara. Esta foi a única série histórica de dados meteorológicos de Araraquara encontrada através de consultas realizadas junto aos órgãos produtores de dados meteorológicos no estado de São Paulo. A indicação foi feita pelo Instituto Agrônomo de Campinas. Os dados originais foram solicitados diretamente aos proprietários da estação e ao engenheiro agrônomo responsável pela operação da estação que prontamente os disponibilizou para a presente pesquisa.

Foram recebidos os bancos de dados e o software para extração e padronização das informações meteorológicas, de acordo com a necessidade da pesquisa. O formato original do banco de dados contém informações coletadas diariamente com intervalo de tempo de 30 minutos. Para análise dos dados de dengue, foi escolhida a unidade semana epidemiológica, por esse motivo as variáveis também foram agregadas de acordo com a semana epidemiológica do período de 1999 a 2008. Foram atribuídas as semanas epidemiológicas a todos os dias de acordo com o calendário oficial e posteriormente todas as variáveis meteorológicas foram agregadas segundo a semana epidemiológica.

Carta de uso e ocupação do solo no período de 2001 e 2007

A utilização de imagens de satélite para extração de informações ambientais em áreas urbanas tem sido frequente na última década, principalmente nos estudos de doenças com transmissão vetorial. Neste trabalho, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens para extração de informações ambientais urbanas no município de Araraquara.

As imagens do sensor Aster foram escolhidas para extração de dados ambientais urbanos porque possuem resolução espacial de 15 metros, que é adequada para mapeamentos de semi-detelhe em área urbana. Outro fator que fundamentou a escolha foi a existência de banda denominada 3B que, em conjunto com a banda

3N, possibilita a extração de um modelo digital de terreno com informações do relevo do município. Este sensor conta ainda com 5 bandas no infra-vermelho termal e boa cobertura temporal, o que pode possibilitar sua aplicação para extração de dados meteorológicos com variação espacial.

As imagens foram selecionadas após análise das amostras disponíveis do Land Processes Distributed Active Archive Center User Services USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center.

Após a seleção, as imagens foram solicitadas e cedidas para aplicação na tese, por meio de autorização para aplicações científicas, por meio do sistema Warehouse Inventory Search Tool (WIST), que é um sistema de busca online para busca e aquisição de dados de observação da terra nos vários centros da NASA. Apesar do grande acervo de imagens, a maioria delas não apresentava condições de uso nas bandas no visível e infra-vermelho próximo, no ano de 2008. A alta densidade de cobertura de nuvens na área de estudo dificultou a seleção das cenas.

Para o presente estudo, foram selecionadas as bandas do sensor ASTER, nos intervalos espectrais do visível (0.52-0.60 μm), infravermelho próximo (0.63-0.69 μm) que imageia áreas na faixa do visível e infravermelho próximo, denominadas bandas 1, 2 e 3N. Para extração das informações sobre o relevo, uma imagem do MDT, modelo digital de terreno com resolução espacial de 30 metros da área de estudo também foi selecionada.

A plataforma Terra, que carrega o sensor ASTER, foi lançada em 18 de dezembro de 1999. Possui órbita Sol-síncrona de 16 dias de revisita, com altitude de 705 km e com período para completar uma órbita de 98,9 minutos. A cena imageada pelo sensor ASTER tem dimensões de 60 x 60 km^2 .

O Instrumento ASTER é constituído de três subsistemas de telescópio distintos: VNIR, SWIR e TIR. Ele possui alta resolução espacial, espectral e radiométrica, radiômetro de imagens de 14 bandas. A separação espectral é realizada por meio de filtros de passagem de banda discretos e dicróicos. Cada sub-sistema opera numa região espectral diferente (quadro1).

Quadro 1. Características técnicas gerais do sensor ASTER

Características Técnicas Gerais do sensor ASTER				
Bandas	Espectrais			
VNIR	0.5-0.9		μm	
SWIR	1.6-2.5		μm	
TIR	8-12 μm			
Resolução Espacial	15	m	(VNIR: 3 bandas),	
	30	m	(SWIR: 6 bandas),	
	90	m	(TIR: 5 bandas)	
Velocidade	8.3 Mbps (média), 89.2 Mbps (pico)			
Potência	525 W (média), 761 W (pico)			

Fonte: NASA EROS Center

Para elaboração das informações do uso e cobertura do solo e da topografia do município, foram selecionados os Mapas digitais de elevação de imagens estéreo radiações e reflexões espectrais do VNIR (Figura 12) da superfície da Terra, consolidadas nas bandas espectrais utilizadas nesse estudo.

Figura 12. Bandas espectrais do sensor Aster. Fonte: NASA EROS Center

Após a análise das imagens disponíveis no sistema estudo, foram utilizadas imagens do sensor Aster referentes aos dias 15/10/2001 e outra do dia 30/07/2007, esta última com duas cenas.

Processamento digital das imagens

A seleção das imagens, inicialmente, foi realizada com o intuito de obter imagens para os dois anos no mesmo mês, para reduzir os efeitos da sazonalidade que podem interferir nos resultados de classificação das imagens de satélite, principalmente quando o alvo do mapeamento são fatores ambientais em áreas urbanas. No entanto, não foi possível localizar as imagens que fossem enquadradas nestes critérios. As imagens da área de estudo, no ano de 2008, apresentaram alta cobertura de nuvens, inviabilizando sua aplicação para estudos de uso e cobertura do solo.

Mosaico e seleção das áreas de estudo

Para atingir a completa cobertura da área urbana do município de Araraquara, a ferramenta para elaboração de mosaico de imagens foi utilizada, com o intuito de reconstituir, num mesmo arquivo, toda a área urbana do município que estava dividida em duas cenas diferentes. O parâmetro utilizado foi de mosaico da imagem com base nas coordenadas geográficas da área. Desta forma, restringiu-se a área de cobertura da imagem para o retângulo envolvente da mancha urbana do município de Araraquara.

Registro das imagens

Para registro das imagens, foram utilizadas as bases digitais de logradouros e de setores censitários urbanos do município de Araraquara, na escala 1: 10.000. Foram coletados pontos amostrais com latitude e longitude na base de logradouros que

serviram de base para ajuste das imagens aos setores censitários urbanos e aos outros planos de informações.

Classificação das imagens

Inicialmente, a estratégia de análise de uso e cobertura do solo envolvia uma série maior de dados, no entanto, a ausência de imagens para os mesmos períodos durante todos os anos, não permitiu sua realização. Muitas vezes existem imagens, mas devido a condições meteorológicas desfavoráveis, tais como alta cobertura de nuvens, a utilização das imagens produzidas no espectro do vermelho e do infravermelho próximo, que geralmente são utilizadas para análise dos dados de cobertura superficial da terra, foi limitada.

Por ser uma área urbana, uso de classificadores baseados na coleta de amostras de pixels, mesmo as supervisionadas, geram elevados erros de classificação e exigem a aplicação de técnicas de correção de imagens complexas e demoradas, ou, exigem a aquisição dos dados programados de imagens, o que encarece o seu uso.

Como o objetivo do uso das imagens, na presente pesquisa, era extrair informações que permitissem observar a mudança no uso e cobertura do solo, quanto à vegetação e à urbanização, o índice de vegetação normalizada pareceu ser uma boa alternativa, por ser um índice consagrado e que tem sido utilizado em vários estudos epidemiológicos. Para tanto, foram elaborados os índices de vegetação por Diferença Normalizada, ou NDVI, que foi proposto por ROUSE et al.(1974), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. Este índice é uma relação entre reflectância de duas bandas, a do infravermelho próximo e a do vermelho.

Para extração das informações, optou-se pelas classes de uso: área urbana com cobertura vegetal e área urbanizada (sem nenhuma cobertura vegetal).

Após a extração do NDVI, a imagem foi segmentada de acordo com duas classes: setor censitário com e sem vegetação. Áreas com NDVI de -1 a 0.25 foram classificadas como área sem vegetação urbanizada e áreas com valores acima de

0.25 a 1 área com vegetação. Para conferência da adequação dos resultados, foram realizados levantamentos de campo com auxílio de um receptor GPS da marca garmin e as imagens de alta resolução disponíveis no sistema Google earth.

O índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), de autoria de Rouse et al. (1974), é obtido a partir de medidas de refletâncias nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Segundo Jensen, (2000), este índice de vegetação tem sido o mais comumente utilizado.

Relevo

As informações referentes à geomorfologia da área de estudos foram obtidas a partir de um modelo digital de terreno elaborado pela NASA. A carta hipsométrica foi elaborada a partir do modelo digital de terreno do satélite ASTER para atribuição da variável altitude média por setor censitário. O modelo digital de terreno foi elaborado via sistemas de informações geográficas, com classes com intervalos de 50 metros.

4. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados de acordo com fluxo de trabalho desenvolvido. Por este motivo serão intercalados os resultados obtidos durante a elaboração da pesquisa e que não foram contemplados nos manuscritos apresentados e os manuscritos elaborados.

4.1 CARACTERÍSTICAS EPIDEMIOLÓGICAS DA DENGUE NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA

Os resultados apresentados descrevem as principais características epidemiológicas da dengue no município de Araraquara no período de 1998 a 2008, segundo sexo, idade e local provável de infecção, de acordo com as informações disponíveis no Sistema Nacional de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

Entre 1998 e 2008, em Araraquara, foram notificados e confirmados 1973 casos de dengue. A taxa de incidência anual variou entre 7,53, em 1998, e 596,09 casos por 100 mil habitantes/ano em 2008. A ocorrência de dengue apresentou comportamento diferenciado ao longo dos anos analisados.

Figura 13. Casos de dengue por semana epidemiológica no município de Araraquara 1998- 2008. Fonte: SINAN-MS-SESA-FSP-USP.

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

Conforme a figura 13, a doença apresentou casos em todos os anos analisados, porém com diferentes intensidades e magnitudes. No período de 1998 a 2008 Oliveira et al. (2012) identificaram 4 períodos epidêmicos: nos anos de 1999, 2001, 2007 e 2008. Nestes anos, o pico dos casos ocorreu sempre no mês de abril, na 17ª semana epidemiológica, ou seja, no início do outono no hemisfério sul, com uma curva descendente que geralmente cessava, ou retornava ao nível endêmico da doença no início do inverno, estação do ano que registrou poucos ou nenhum caso de dengue na série analisada.

É possível observar uma clara variação sazonal na ocorrência de dengue, de acordo com as semanas epidemiológicas. Os primeiros casos, geralmente ocorreram no início do verão e persistiram até metade do outono. O início do inverno tem coincidido com o período de redução ou mesmo inexistência de casos notificados de dengue.

4.1.1 Distribuição dos casos notificados de dengue segundo gênero

Conforme a tabela 1, em quase todos os anos inter-epidêmicos houve maior porcentagem de casos em indivíduos do gênero masculino, nos anos epidêmicos ocorreu maior concentração de casos em indivíduos do gênero feminino.

Tabela 1. Total de casos notificados e confirmados de dengue no município de Araraquara de 1998 a 2008, segundo gênero.

Parâmetros de 1998 a 2008, segundo gênero						
Anos	Gênero				Total	
	Mulheres	%	Homens	%	Incidência/100000	
Anos Epidêmicos						
1999	28	51.85	26	48.15	54	30.39
2001	117	54.17	99	45.83	216	114.55
2007	177	50.43	174	49.57	351	173.55
2008	644	54.03	548	45.97	1192	596.09
Anos inter-epidêmicos						
1998	5	38.46	8	61.54	13	7.53
2000	13	68.42	6	31.58	19	9.86
2002	22	44.90	27	55.10	49	23.48
2003	8	50.00	8	50.00	16	7.91
2004	3	42.86	4	57.14	7	3.65
2005	4	40.00	6	60.00	10	4.06
2006	28	40.58	41	59.42	69	32.56
Total	1049	52.56	947	47.44	1996	

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

4.1.2 Distribuição de casos em relação à faixa etária da população

A distribuição de acordo com a faixa etária também mostrou um padrão diferenciado na série analisada. Nos anos inter-epidêmicos, houve concentração de casos nas faixas etárias acima de 15 anos de idade. No entanto, nos anos epidêmicos, é possível observar que ocorreram casos em todas as faixas etárias, inclusive em indivíduos menores de 5 anos de idade (tabela 2).

Não obstante, a faixa etária de maior risco, nos anos inter-epidêmicos e epidêmicos, é a de indivíduos entre 20 e 49 anos. Outro fator importante indicando mudança do comportamento epidemiológico da doença no município de Araraquara é que, a partir de 2001, houve um aumento progressivo no número de casos em indivíduos menores de 20 anos, em termos de números absolutos. Em 1999 foram registrados 11 casos de dengue nesta faixa etária, em 2001 foram 46, em 2007 60 casos e, em 2008, foram 221 casos, uma percentagem de 20% de todos os casos registrados.

Tabela 2. Total de casos de dengue e percentual segundo faixas etárias, no município de Araraquara – estado de São Paulo.

Faixas etárias									
11-									
Anos	0- 10	%	19	%	20- 49	%	> 50	%	Total
Anos epidêmicos									
1999	1	1.85	10	18.52	34	62.96	9	16.67	54
2001	8	3.70	38	17.59	137	63.43	33	15.28	216
2007	9	2.56	51	14.53	210	59.83	81	23.08	351
2008	53	4.45	170	14.26	688	57.72	281	23.57	1192
Anos inter-epidêmicos									
1998	0	0.00	2	15.38	9	69.23	2	15.38	13
2000	2	10.53	1	5.26	16	84.21	0	0.00	19
2002	4	8.16	6	12.24	32	65.31	7	14.29	49
2003	1	5.88	1	5.88	12	70.59	3	17.65	17
2004	1	14.29	1	14.29	5	71.43	0	0.00	7
2005	0	0.00	2	20.00	6	60.00	2	20.00	10
2006	2	2.90	9	13.04	47	68.12	11	15.94	69
Total	81	4.06	291	14.57	1196	59.89	429	21.48	1997

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

Nas epidemias, ocorre alteração do padrão habitual da doença. As notificações de casos de dengue ocorreram em todas as faixas etárias, sendo a faixa etária de 20 a 49 anos a mais acometida (tabela 2). Geralmente, esta faixa etária concentra adultos trabalhadores, que possuem maior possibilidade de deslocamento, em diversas regiões do município de residência, ou a outros, por conta de suas atividades, ficando mais expostos ao vetor em vários ambientes. Uma possível explicação para esta diferença pode ser o fato de que, nos anos inter-epidêmicos,

houve um número maior de casos importados, que podem estar associados ao deslocamento de indivíduos de sexo masculino, a trabalho, estudo ou mesmo lazer.

Tabela 3. Número total de casos e incidência por 100 mil habitantes de dengue, casos autóctones e importados, no município de Araraquara de 1998 a 2008.

Anos	Importados			Autóctones			Total		
	Casos	%	Incidência	Casos	%	Incidência	Casos	Incidência	População
Anos epidêmicos									
1999	45	84.91	25.81	8	15.09	4.59	53	30.39	174383
2001	20	9.43	10.81	192	90.57	103.75	212	114.55	185065
2007	46	13.11	22.74	305	86.89	150.80	351	173.55	202250
2008	8	0.67	4.02	1179	99.33	592.07	1187	596.09	199132
Anos inter-epidêmicos									
1998	7	53.85	4.05	6	46.15	3.47	13	7.53	172716
2000	11	61.11	6.03	7	38.89	3.84	18	9.86	182471
2002	41	93.18	21.88	3	6.82	1.60	44	23.48	187363
2003	13	86.67	6.86	2	13.33	1.05	15	7.91	189637
2004	5	71.43	2.61	2	28.57	1.04	7	3.65	191899
2005	3	37.50	1.52	5	62.50	2.54	8	4.06	197040
2006	43	66.15	21.54	22	33.85	11.02	65	32.56	199657
Total	242	12.27	121.53	1731	87.73	869.27	1973	990.80	199132

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

4.1.3 Casos autóctones e importados de dengue em Araraquara

A tabela 3 apresenta o total de casos importados e autóctones de dengue, no município de Araraquara, no período de 1998 a 2008, separados de acordo com períodos epidêmicos e inter-epidêmicos. Em sua maioria, os casos importados eram

oriundos do próprio estado de São Paulo, com exceções nos anos de 1999, 2004 e 2005. O segundo lugar de origem de casos importados de Araraquara é Minas Gerais, o terceiro lugar do estado do Rio de Janeiro e o quarto o estado da Bahia (Figura 14).

Figura 14. Locais prováveis de infecção de dengue dos casos importados no município de Araraquara no período de 1998 a 2008.

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

No ano de 1999, primeiro ano epidêmico da série analisada, 84,91% dos casos foram importados, porém sem identificação do município de origem, o único município identificado foi novamente Aracajú, em Sergipe.

Em 2000, observou-se de novo, um alto número de casos importados, com 61% dos casos oriundos de outros municípios e 39% autóctones. Naquele ano, 3 casos eram oriundos de Barretos, interior do estado de São Paulo, 1 caso de Rondon do Pará, no estado do Pará, 1 caso de Bom Jesus, no Piauí, 1 caso de Fortaleza, no Ceará, 1 caso do município de Macau, no Rio Grande do Norte, e 2 de Pernambuco, 1 de Belo Jardim e outro de Olinda. No geral, houve predominância de casos importados do Nordeste do país.

Na segunda epidemia, no ano de 2001, apenas 9,43% foram casos importados e 95% foram autóctones.

No ano de 2002, os casos importados de dengue tiveram origem predominantemente nos municípios localizados no litoral de São Paulo, sobretudo na Baixada Santista, que vem apresentando constantes surtos de dengue.

Em 2003, o maior número de casos era oriundo de Araçatuba, Cubatão, Ribeirão Preto, São Carlos, localizados no interior do estado de São Paulo, com exceção de Cubatão e de municípios localizados no estado da Bahia, Pernambuco e Goiás.

Em 2004, os casos foram importados foram infectados novamente nos estados da Bahia, Alagoas e Tocantins.

No ano de 2005, foram registrados casos infectados na Bahia, Minas Gerais e Tocantins. No entanto, em 2006, a maioria dos casos importados notificados era predominantemente de cidades localizadas no litoral de São Paulo, ou outras cidades turísticas do estado. Outros casos, em menor número, foram importados dos estados de Minas Gerais, Pernambuco, Goiás, Mato Grosso, Pernambuco e Paraná.

Em 2007, os casos importados eram oriundos de Bebedouro (7 casos), Ilha Solteira (5 casos), Ribeirão Preto (3 casos), Itanhaém (2 casos), Rio Claro (2 casos), Ubatuba (2 casos), que são municípios localizados no estado de São Paulo e 2 casos

importados de Manaus no Amazonas, Campo Grande (2 casos) e Três Lagoas (2 casos) no estado do Mato Grosso do Sul.

No ano de 2008, ano da maior epidemia da série analisada, houve uma clara redução dos casos importados, apenas 8 casos foram notificados como importados. Desses, 1 caso foi importado de Ribeirão Preto, 1 caso de Santos, municípios localizados no estado de São Paulo, 1 caso importado de Campo Grande no Mato Grosso do Sul, 1 caso importado de Miranorte e 1 caso de Itumbiara, municípios do estado de Goiás, 1 caso de Palmas no Tocantins e um caso importado de Governador Eugenio de Barros no estado do Maranhão.

Na epidemia de 2008, houve, também, um alto número de casos na faixa etária acima de 50 anos, que, em termos relativos, concentrou 24% dos casos, valores bem mais elevados que os registrados nas duas primeiras epidemias, em Araraquara, de 1999 e 2001 (tabela2).

A frequência dos casos por faixa etária pode estar associada à exposição aos 3 tipos de vírus, ao longo do tempo, e da susceptibilidade e imunidade adquiridas. Esses fatores podem influenciar o comportamento da doença nos próximos anos, no município de Araraquara.

A introdução, no estado de São Paulo, do sorotipo DENV 1 se deu em 1987, o DENV 2 em 1997 e o sorotipo DENV 3 em 2002. Nesse mesmo ano, a vigilância epidemiológica confirmou a circulação simultânea dos três sorotipos. No dia 01 de abril de 2011, no Estado de São Paulo, foi isolado o vírus dengue 4, a partir de amostra de soro de uma paciente com suspeita de infecção por dengue, procedente do município de São José do Rio Preto. Posteriormente, a amostra de vírus isolada foi sequenciada pelo IAL (Instituto Adolfo Lutz) e a análise filogenética demonstrou homologia com cepas de DENV 4 circulantes na América. A circulação do sorotipo DENV 4, no estado, poderá acarretar aumento de transmissão, tendo em vista o alto número de suscetíveis na população, além da possibilidade do aparecimento de casos graves em função a circulação prévia dos 3 outros sorotipos 1, 2 e 3 (CVE-SP, 2011).

Apesar de não existirem informações fidedignas no município, quanto aos sorotipos responsáveis pelas epidemias identificadas neste estudo, os resultados apontam para a existência de mais de um sorotipo circulando, pois, segundo BARRETO et al. (2008), após a introdução de um dado sorotipo do vírus da dengue em determinado local, segue-se uma explosão epidêmica, com altas taxas de incidência e grande número de casos.

A maior percentagem de casos em indivíduos do gênero masculino foi observada em anos inter-epidêmicos. Nos anos epidêmicos, um maior número de casos em indivíduos do gênero feminino em Araraquara, estes resultados foram parcialmente concordante com VASCONCELOS et al. (1993) e RIBEIRO et al. (2006).

Os resultados do presente estudo demonstraram a relevância dos casos importados de dengue no município de Araraquara e indicam mudanças importantes no perfil epidemiológico da dengue no município nos períodos epidêmicos e inter-epidêmicos tem ocorrido, no que diz respeito às faixas etárias mais acometidas e ao gênero dos indivíduos. Eles reforçam a necessidade de ações de combate à dengue também nas escolas, no ambiente de trabalho e nos pontos de chegada e saída de pessoas no município, tais como rodoviárias e terminais locais de ônibus.

Além disso, seria de extrema importância que exames sorológicos fossem realizados e gerenciados pela vigilância epidemiológica do município, como uma das ações prioritárias para conhecimento da dinâmica de transmissão da dengue. Considerando que, a partir de 2011, a Secretaria Estadual da Saúde passou a equipar os municípios para a realização de exames de identificação dos sorotipos, esta ação é viável. No entanto, a divulgação e compartilhamento destas informações com a sociedade são necessários.

No Brasil, esta doença ocorre de forma endêmica, nos estados da região Nordeste, Sudeste, Norte e Centro-Oeste. Os achados deste estudo demonstraram que a maior parte dos casos importados de dengue, em Araraquara, teve sua origem no próprio estado de São Paulo, principalmente em cidades que são consideradas pólos regionais de turismo, como os municípios litorâneos da Baixada Santista. No

entanto, também há uma grande contribuição dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia como local de infecção dos casos importados.

Os viajantes servem como importantes vetores do vírus da dengue WICHMANN e JELINEK (2004), porque podem introduzir cepas de vírus mais virulentas (subtipos) em áreas onde apenas doença leve tenham sido observada antes.

Os resultados apresentados na presente pesquisa, assemelham-se aos de SHANG et al. (2010) que também observaram variação no impacto de casos importados de dengue em fases diferentes de epidemia em Taiwan. Em Araraquara, observou-se redução no número de casos importados ao longo da série estudada, passando de 85% em 1999 para 0,67% em 2008. No entanto, novos estudos com foco específico na relação entre casos importados e casos autóctones são necessários, com o intuito de investigar se, a exemplo dos achados de SHANG et al. (2010), os casos importados de dengue também têm sido responsáveis pelo início de casos locais em Araraquara.

MARZOCHI (2004) afirma que um instrumento essencial de vigilância no período endêmico, seriam inquéritos sorotípicos amostrais, utilizando a rede de saúde. Infelizmente, o sistema de vigilância local não dispõe desta informação de modo preciso, pois os inquéritos sorotípicos não constituem um programa do Ministério da Saúde do Brasil.

A grande relevância dos casos importados de dengue, principalmente nos períodos inter-epidêmicos, reforça a necessidade de reprogramação das ações de vigilância epidemiológica no município, que deveria incorporar a orientação da população no tocante à observação dos sintomas associados à dengue, principalmente quando seus munícipes viajam para outras áreas do país e do estado nas quais a doença é endêmica.

Conforme alerta TAUIL (2002), é praticamente impossível impedir a entrada de pessoas infectadas, em fase de transmissibilidade da doença, em áreas com a presença do vetor. Os meios atuais de transporte podem deslocar indivíduos portadores do vírus de locais distantes, rapidamente, como pode ser verificado no

conjunto de municípios apontados como locais prováveis de infecção dos casos notificados de dengue no município de Araraquara, no período analisado.

A adoção de medidas que visem detecção dos casos importados de modo rápido e eficiente, poderia minimizar os prejuízos à saúde da população e possivelmente impedir a instauração de epidemias de dengue no município. Vários países têm adotado estratégias para o rastreamento de possíveis infectados entre os viajantes que retornam de áreas onde a dengue é endêmica TEIXEIRA et al. (1999). Um exemplo deste rastreamento pode ser encontrado em SHU et al. (2005).

Segundo a Secretaria Estadual de Saúde, em boletim publicado em maio de 2011, com a entrada do vírus tipo 4 no estado de São Paulo, no ano de 2011, é possível que ocorra um aumento no número de casos com complicações. Nesse sentido, é fundamental que a vigilância epidemiológica do município esteja preparada para diagnosticar e detectar rapidamente o início das epidemias e ter ciência de quais vírus estão, de fato, circulando. Como Araraquara está passando por períodos epidêmicos sucessivos, é provável que a gravidade da doença aumente, assim como o número de complicações, como foi registrado na epidemia de 2011, na qual duas pessoas morreram devido a complicações da dengue.

Atualmente, o Ministério preconiza a realização de sorotipagem somente em pequenos números, que podem não representar todos os sorotipos circulantes no município. Uma vez que não há uma amostragem sistemática, nos períodos epidêmicos, a sorotipagem não é obrigatória. Este fator dificulta a realização de análises epidemiológicas detalhadas que poderiam aumentar a eficácia de ações de vigilância.

As explicações para o surgimento das epidemias em Araraquara são complexas, principalmente porque envolvem a entrada de muitos casos importados, que podem introduzir no município tipos de vírus diferentes do que já circularam, e para os quais provavelmente a maior parte da população já tenha adquirido imunidade.

A dinâmica de transmissão da dengue em Araraquara não poderá ser interrompida somente com ações locais. Esforços envolvendo todos os municípios do país, nos quais a dengue é endêmica e tem forte papel na rede de circulação nacional ou

regional parece fundamental. Estudos em outras localidades são necessários para verificação dos padrões de transmissão, de uma forma mais abrangente, em cidades do mundo tropical.

4.2 SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS E INCIDÊNCIA DE DENGUE DE 1999 A 2008.

A análise exploratória das variáveis meteorológicas e a incidência de dengue foi realizada por meio de representação gráfica.

A figura 15 mostra a variação das temperaturas, mínima, média e máxima e a incidência de dengue de acordo com cada semana epidemiológica do período de 1999 a 2008. Os picos na incidência de dengue parece estar associados às variações de temperatura ocorridas em até 3 semanas anteriores. É possível observar essa tendência em toda a série, porém nos anos epidêmicos este fenômeno parece mais evidente. Nas semanas posteriores às semanas epidemiológicas com temperaturas máximas mais elevadas (geralmente entre as semanas epidemiológicas 30 e 14), observa-se nitidamente aumento no número de casos, se nessas semanas, já existam casos confirmados de dengue nas semanas anteriores.

Figura 15. Temperatura mínima, média e máxima e número de casos de dengue por semana epidemiológica.

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

A figura 16 mostra a variação da pluviosidade e a incidência de dengue de acordo com cada semana epidemiológica do período de 1999 a 2008.

A figura 17 mostra a variável umidade máxima em % e o número de casos de dengue na semana epidemiológica. Observa-se que os períodos de casos correspondem também aos valores mais altos de umidade, em todos os anos da série.

Figura 17. Umidade máxima do ar e total de casos de dengue por semana epidemiológica.

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

A figura 18, mostra a variação do fluxo de vento em quilômetros, ao longo das semanas epidemiológicas da série analisada.

FLUXO DE VENTO

Figura 18. Fluxo de vento e total de casos de dengue por semana epidemiológica.

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

É possível observar, que quando o fluxo de vento situa-se entre 0,5 e 2,5 km/h, há um nítido aumento no número de casos. Em todos os anos da série, pode ser observada a coincidência entre os picos de casos e a redução na velocidade do fluxo de vento. Este fenômeno ocorre mesmo nos anos não epidêmicos. No entanto, nos anos epidêmicos a influência dessa variável no aumento da incidência de dengue parece ser maior.

4.3 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao estudo de dengue, no presente projeto teve por objetivo integrar um conjunto de planos de informações georreferenciados que foram utilizadas para elaboração, manipulação e análise dos dados da presente pesquisa.

Os dados foram modelados de modo a contemplar o modelo conceitual da dinâmica de transmissão da dengue no município de Araraquara, objetivou desenvolver um ambiente para armazenamento e manipulação de informações espaço temporal voltadas às ações de vigilância epidemiológica de dengue na escala intra-urbana.

Este sistema integra os dados espaciais gerados/elaborados ao longo do projeto e dados selecionados do Sistema de Informações Epidemiológicas do Serviço Especial de Saúde de Araraquara (SESA). O conteúdo e a topologia utilizada para representação pode ser observada na figura 19, que apresenta o modelo de dados do SIG-DENGE.

Figura 19. Modelo de dados do SIG-dengue.

A partir de operações espaciais realizadas no SIG-Dengue, foram elaboradas as variáveis epidemiológicas, do ambiente construído e do meio físico, que são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Variáveis elaboradas e/ou agregadas no nível do setor censitário para aplicação nos modelos de regressão e nas análises espaciais.

Tema	Variáveis	Fonte
	Casos Confirmados - 1998	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 1999	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2000	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2001	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2002	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2003	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2004	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2005	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2006	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2007	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2008	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2009	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Casos Confirmados - 2010	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 1998	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 1999	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2000	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2001	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2002	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2003	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2004	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2005	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2006	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2007	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância dos casos da Primeira SE - 2008	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 1998	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 1999	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2000	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2001	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
Epidemiológicas	Distância do caso índice - 2002	SINAN-MS-SESA/FSP/USP

	Distância do caso índice - 2003	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2004	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2005	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2006	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2007	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
	Distância do caso índice - 2008	SINAN-MS-SESA/FSP/USP
Ambiente Construído	Domicílios Particulares Permanentes	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios sem Água canalizada	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Percentual de Domicílios sem Água canalizada	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios sem acesso a rede de Água	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios ligados a rede de Água	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios sem banheiro	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Percentual de Domicílios sem banheiro	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com mais de 5 moradores	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios com mais de 5 moradores	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com até 5 moradores	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios do tipo apartamento	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios do tipo apartamento	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com mais de 10 moradores	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios com até 5 moradores	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com Coleta de lixo	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios sem acesso coleta de lixo	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com destino final do lixo queimado	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios com lixo queimado	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com lixo enterrado	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios lixo enterrado na propriedade	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios com Coleta de lixo - caçambas	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	% de Domicílios lixo em terrenos baldios	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios lixo jogado na rede hidrográfica	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Domicílios final do lixo - jogado terreno baldio	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Percentual da área urbanizada	Censo Demográfico 2000 - IBGE
	Percentual de área urbanizada em 2001	Imagens do satélite Aster 2001
	Percentual de área urbanizada em 2007	Imagens do satélite Aster 2007
	Percentual da área com vegetação 2001	Imagens do satélite Aster 2001
	Percentual da área com vegetação 2007	Imagens do satélite Aster 2007

	Distância de praças	Prefeitura do Município de Araraquara
	Distância dos cemitérios	Lista
	Altitude mínima	Modelo Digital de Terreno
	Percentual da área com vegetação 2001	Imagens do satélite Aster 2001
	Percentual da área com vegetação 2007	Imagens do satélite Aster 2007
	Altitude máxima	Modelo Digital de Terreno
Meio Físico	Amplitude do relevo	Modelo Digital de Terreno

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

4.4 MAPAS DE USO E COBERTURA DO SOLO DO ANO DE 2001 E 2007

Através de técnica de processamento de imagens orbitais, as imagens foram mosaicadas para extração da área urbana do município de Araraquara.

Figura 20. Imagem sintética da área urbana do município de Araraquara—composição das bandas 1, 2 e 3N do sensor ASTER

Foi possível a detecção dos padrões espectrais da cobertura vegetal, com o índice NDVI. Utilizando-se os resultados obtidos para os dois anos analisados, avaliou-se a distinção de área com vegetação e área urbanizada. Embora Araraquara tenha uma taxa de urbanização 99%, o município mantém importantes atividades agrícolas, principalmente ligadas à citricultura e cana-de-açúcar, entre outras culturas. Como pode ser observado no mapa de localização do município na figura 20, grande parte do município é composto, por áreas com atividades agrícolas e mesmo na área urbana é possível a detecção de uso rural.

Para redução dos efeitos da vegetação representada pelas culturas agrícolas, os setores censitários urbanos do IBGE foram utilizados para recorte da área de estudo. Esse procedimento, visou extrair a área do município com cultivo agrícola,

com o intuito de reduzir a variabilidade da resposta espectral, referente à vegetação e aumentar a precisão do algoritmo de classificação utilizado.

A utilização de um recorte espacial, com base nos setores censitários, reduziu este fator de interferência na classificação da vegetação, mas certamente não foi possível a eliminação de algumas pequenas áreas que continham uso rural.

O uso do solo misto no setor censitário como, por exemplo, residencial e industrial, é algo comum nas áreas urbanas de municípios de porte médio, sem zoneamento, como é o caso de municípios que embora tenham mais de 90% da população residente em área urbana, ainda contam com uma área dedicada à cultura agrícola bastante representativa no estado de São Paulo.

O uso do NDVI para identificação de áreas com vegetação ou urbanizada sem vegetação, permitiu a discriminação das duas classes, como pode ser observado pelas imagens da figuras 21. O resultado pode ter potencial de aplicação para análise de dados espaciais em saúde pública, com recorte temporal, cujo limite é a resolução temporal do sensor utilizado. Uma possibilidade de melhora na velocidade de processamento seria a utilização de informações já processadas e disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Figura 21. Mudança no uso e ocupação do solo urbano do município de Araraquara.

Os mapas da figura 21 mostram as alterações no uso e ocupação do solo da área urbana do município de acordo com o setor censitário. O crescimento urbano do município ocorreu principalmente nas áreas periféricas. Foram estas áreas que mais perderam vegetação no período de 2001 a 2007.

Nos mapas de uso e ocupação do solo extraídos do NDVI dos anos de 2001 e 2007 (Figura 21), as áreas que apresentam a cor verde escuro, indicam setores censitários com maior densidade de vegetação. Essas áreas estão localizadas, principalmente áreas periféricas do município, na porção sudeste e nordeste.

A cor vermelha indica áreas com rara ou nenhuma vegetação. Por meio de operações espaciais, foram extraídas as informações para cada setor censitário urbano. O resultado dessa análise, auxiliou na quantificação das alterações visuais detectadas na figura 21.

No ano de 2001, os setores censitários urbanos do município de Araraquara, possuíam um total de 3487Km quilômetros quadrados de áreas cobertos com algum tipo de vegetação, e em 2007 esta área foi reduzida a 2948 Km², ou aproximadamente 15% da vegetação urbana. Por outro lado, a área urbana aumentou exatamente em 15%.

4.5 CASOS DE DENGUE GEORREFENCIADOS

Para alcançar 96% dos casos de dengue georreferenciados, duas bases de dados de logradouros foram utilizadas. Conforme detalhado anteriormente, a base de logradouros utilizada para geocodificação foi adquirida junto à uma empresa de geoprocessamento e foi submetida a várias correções, com o objetivo de aumentar a precisão do georreferenciamento. No entanto, mesmo após várias correções, não conseguiu cobrir 100% dos logradouros existentes no município de Araraquara. Por este motivo, optou-se por utilizar a ferramenta Google earth para georreferenciamento dos casos que não localizados pelo método convencional de

geocodificação de endereços. Foi necessário utilizar a geocodificação reversa para georreferenciar a totalidade dos casos, conforme pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5. Resultados da geocodificação dos casos de dengue

Anos	Casos	Georreferenciados	%
1998	13	13	100.00
1999	54	53	98.15
2000	19	18	94.74
2001	216	209	96.76
2002	49	43	87.76
2003	16	15	93.75
2004	7	6	85.71
2005	10	9	90.00
2006	69	65	94.20
2007	351	334	95.16
2008	1192	1146	96.14
Total	1996	1911	95.74

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

4.6 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DOS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA

4.6.1 Características da distribuição espacial dos casos

Para analisar as informações da distribuição dos casos, e possíveis associações com os casos índices e importados, foram elaborados os mapas temáticos apresentados na figura 22.

Esses mapas temáticos mostram a localização de todos os casos confirmados de dengue, classificados em autóctones e importados. Foi inserido, também, o caso índice de cada ano da série analisada. Para observar a distribuição da incidência acumulada de dengue anual, foi elaborado um mapa coroplético com a variável taxa de incidência por 10 mil habitantes por setor censitário. Para verificar possíveis associações entre a incidência de dengue e variáveis socioambientais urbanas, foram incluídos os planos de informações com a ferrovia que atravessa o município de Araraquara, as rodovias e a distribuição das praças públicas.

A orientação e achatamento da elipse indicam o padrão de orientação preferencial da distribuição espacial dos dados. O algoritmo utilizado baseia-se nas distâncias médias existentes entre todos os pontos de dengue registrados em cada ano, para traçar a natureza da distribuição. É um método que pode ser empregado para verificação da direção do espalhamento de casos de doenças, principalmente as doenças infecciosas vetoriais como a dengue.

Figura 22 . Variação espacial anual da incidência de dengue no município de Araraquara no período de 1998 a 2008.

Os mapas com a distribuição dos casos de dengue, classificados como autóctones ou importados, caso índice, auxiliam na compreensão de padrões de difusão

Como pode ser observado na figura 22, no ano de 1998, o caso índice, foi localizado na área central do município, próximo ao centro comercial de Araraquara. No entanto, somente um caso autóctone foi registrado próximo ao caso índice. Como pode ser visualizado pela elipse traçada, os casos tiveram uma distribuição preferencial, com direção de espalhamento no sentido centro - nordeste.

No ano de 1999, o caso índice também foi importado e localizado nas proximidades dos casos de 1998. Novamente a elipse mostra que o padrão de espalhamento teve uma direção preferencial. Desta vez, no sentido noroeste da área central do município. A taxa de incidência de dengue nos setores censitários também apresentou os maiores valores nesta direção.

Em 2000, o caso índice foi um caso importado, localizado na porção sudeste do município, próximo, ao Jardim dos Pinheiros. O espalhamento da doença nesse ano esteve concentrado na área central do município.

Na epidemia de 2001, o caso índice foi também um caso importado, localizado no bairro Floresta na porção nordeste da área central do município. O padrão de espalhamento foi fortemente concêntrico. As incidências diminuía à medida que se afastavam do que parecia ser o centro irradiador da doença.

No ano de 2002, o início também foi um caso importado, mas desta vez localizado no bairro Vale das Rosas. A direção de espalhamento da doença foi no eixo sul-nordeste.

No ano de 2003, o caso índice foi novamente um caso importado. A doença teve um eixo preferencial exatamente no setor de grande concentração ao de vias de circulação, tais como, ferrovias e rodovias, entre elas a rodovia Washington Luís.

No ano de 2004, novamente um caso índice é importado. A direção de espalhamento da doença ocorreu na direção sudoeste noroeste, porém não houve espalhamento da

doença. Essa região é um distrito industrial, que tem alta concentração de vias de circulação.

No ano de 2005, é possível observar o deslocamento dos casos do centro para o Bairro Vale das Rosas, mas ainda com padrão concentrado. Em 2006, o caso índice foi um caso importado, localizado nas proximidades do Jardim dos pinheiros.

No ano epidêmico de 2007, o caso índice também foi um caso importado. No ano de 2008, que também foi um ano epidêmico, parece ter ocorrido a expansão da área de ocorrência de alta taxa de incidência de dengue no município, comprovada pelo mapa coroplético, que aponta esta tendência pela elipse calculada com base no espalhamento dos casos. Os mapas temáticos descritos anteriormente evidenciaram as variações espaço temporais na incidência de dengue acumulada por ano, apontaram a possibilidade de identificação de variações nas distribuições em escala temporal detalhada.

Os mapas temáticos descritos anteriormente evidenciaram as variações espaço temporais da incidência de dengue acumulada por ano e apontaram a possibilidade de identificação de variações nas distribuições em escala temporal detalhada.

Para verificação da existência de auto-correlação espacial da incidência de dengue no nível do setor censitário e explorar os aglomerados espaciais, foram elaborados os índices global e local de Moran (LISA). Estes índices foram elaborados para todos os anos de 1998 a 2008, de acordo com as taxas de incidência em agregados de 4 semanas epidemiológicas. Os mapas são apresentados na figura 24.

A tabela 6 apresenta o índice global de moran. Esse índice considera a distribuição espacial dos valores da variável incidência no conjunto dos setores.

No ano de 1998, ano inter-epidêmico, o índice de autocorrelação espacial foi positivo somente da 17^a a 20^a semana epidemiológica. No ano de 1999, ano epidêmico, foi verificada autocorrelação espacial na distribuição da incidência, 9^a a 16^a semana epidemiológica. No ano 2000, a autocorrelação positiva foi observada somente entre a

29^a e 32^a semana. No ano 2001, ano da primeira grande epidemia de dengue em Araraquara, foi verificada autocorrelação espacial da 1^a até a 20^a semana epidemiológica.

No ano de 2002, foi observada autocorrelação espacial positiva, de 0.148, no entanto, nas semanas seguintes, este padrão espacial foi substituído pela autocorrelação espacial negativa.

Em 2003 houve correlação espacial em todas as semanas epidemiológicas no nível global.

No ano de 2004, houve correlação espacial negativa, com pequeno número de casos. Somente na 21^a semana epidemiológica de 2005, a autocorrelação espacial foi positiva. No entanto, nas semanas seguintes o índice voltou a ser negativo. Em 2006, entre a 13^a e a 16^a semana, o índice global de moran foi de 0.110, indicando a formação de agrupamentos de setores com alta incidência de dengue.

No ano de 2007, ano epidêmico, observa-se na tabela 6, que o índice global de moran é alto somente na semana de 13^a a 16^a. Este índice inicia um processo de redução até ser negativado, mas entre a 49^a e 52^a semana observa-se novamente auto valor de autocorrelação espacial, 0.206. No ano seguinte, ocorre a quarta epidemia da série analisada. Com altas incidências, o índice de moran global foi positivo até a 21^a semana.

Tabela 6. Índice de Moran Global da incidência de casos de dengue nos setores censitários de Araraquara, de acordo com agrupamentos de semanas epidemiológicas.

Semanas Epidemiológicas	Anos										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 – 4	0	0	0	0.021	0.148	0	-0.007	0	-0.015	-0.035	0.167
5 – 8	-0.005	-0.007	-0.006	0.116	-0.016	-0.005	-0.003	0	-0.004	-0.017	0.161
9 – 12	-0.006	0.150	-0.007	0.105	-0.011	-0.017	-0.003	0	-0.023	-0.029	0.018
13 – 16	-0.002	0.247	0	0.155	-0.013	-0.005	-0.005	0	0.110	0.233	0.099
17 – 20	0.046	0.010	-0.005	0.019	-0.033	-0.011	0	-0.011	-0.012	0.058	0.091
21 – 24	-0.002	0	-0.005	-0.008	-0.003	0	0	0.162	0.005	0.010	0.007
25 – 28	0	0	-0.003	0	-0.011	0	0	-0.007	-0.008	-0.015	-0.005
29 – 32	0	0	0.021	-0.004	-0.003	0	0	-0.004	0	0	-0.005
33 – 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.007	-0.004
37 – 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.049	-0.016
41 – 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.014	-0.005
45 – 48	0	0	0	-0.003	0	0	0	0	-0.004	0	-0.004
49 – 52	0	0	0	-0.003	0	0	0	-0.003	-0.010	0.206	-0.006

Nos anos epidêmicos, a autocorrelação observada, geralmente, foi mais elevada do que a autocorrelação espacial nos anos inter-epidêmicos . Nos anos inter epidêmicos, a autocorrelação espacial negativa ocorreu com maior frequência, o que indica um padrão aleatório e disperso da distribuição da incidência no nível do setor censitário. É importante observar que, mesmo nos anos inter-epidêmicos , mudanças importantes ocorreram no padrão de distribuição espacial, no entanto, para observá-las é importante a utilização de escala temporal detalhada, geralmente não sendo possível detectá-la somente a partir da incidência anual acumulada.

A Tabela 6 mostra que os índices de Moran global de quase todos os anos inter-epidêmicos tinham autocorrelação negativa e, por outro lado, nos anos epidêmicos houve autocorrelação espacial positiva, principalmente em períodos com maior incidência de dengue, geralmente, entre as 1^a e 16^a semana epidemiológica.

As oscilações observadas no índice de moran global ao longo das semanas epidemiológicas analisadas, provavelmente está associada ao ciclo de transmissão da doença. Esse comportamento também poderia ser explicado pela dinâmica de transmissão espacial da dengue, que parece ter tendência de expansão de modo contíguo.

Figura 23. Distribuição espacial do indicador de autocorrelação espacial da incidência acumulada anual de dengue por 10 mil habitantes, por setor censitário.

Na figura 23, é possível observar os mapas de autocorrelação espacial local, da incidência acumulada de dengue por 10 mil habitantes por setor censitário. Esse procedimento consiste na identificação de agregados espaciais de setores censitários que possuem altas taxas de incidência de dengue, de acordo como ano da notificação do caso.

Os mapas de autocorrelação espacial local, das taxas de incidência de dengue nos setores censitários, de acordo com o agregado de 4 semanas, podem ser visualizados na figura 24.

Figura 24 – LISAMAPS da incidência de dengue nos setores censitários urbanos por semanas epidemiológicas no município de Araraquara de 1998 a 2008.

A observação simultânea da incidência ao longo das semanas epidemiológicas, permite uma visão mais detalhada da dinâmica de difusão espaço-temporal da dengue na escala intraurbana.

Os mapas da figura 24 mostram um claro padrão de difusão espacial da distribuição dos casos de dengue nos setores censitários. Foi observada uma importante variação do padrão de distribuição de casos de dengue ao longo de semanas epidemiológicas, nos onze anos analisados.

Os resultados apresentados sugerem que a análise exploratória de dados espaciais é um importante instrumento de análise e investigação dos fatores sociais e ambientais que poderiam explicar o padrão de distribuição espacial da incidência de dengue no município de Araraquara, nos onze anos investigados.

Esta análise exploratória geoespacial de Dengue mostrou a presença de diferentes padrões espaciais da distribuição da incidência, de acordo com uma difusão espacial da transmissão, que se movimentou para diferentes áreas dentro do município e refletiu as tendências por diferentes semanas epidemiológicas e anos analisados. Portanto, os resultados mostram que a aplicação da Análise Exploratória de Dados Espaciais, pode ser uma ferramenta útil para a identificação de "hot spots", áreas com agrupamentos de setores censitários com incidências similares. A identificação de padrões de difusão espacial da dengue durante os períodos inter-epidêmicos pode ser importante para identificar as áreas onde a população possa ter maior risco. Estes resultados e ferramentas poderiam ser um instrumentos importantes para a vigilância epidemiológica e entomológica no nível local.

4.6 Manuscrito 1 - Artigo submetido à Revista Brasileira de Epidemiologia

Title: Geospatial analysis applied to dengue epidemiological studies: a systematic review

Título: Análise geoespacial aplicada em estudos epidemiológicos de dengue: uma revisão sistemática

Authors

de Oliveira, Maria Aparecida¹; Carlos Castillo-Salgado, ²Ribeiro, Helena¹

¹Department of Environmental Health, School of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

²Department of Epidemiology, Bloomberg School of Public Health, Johns Hopkins University, Baltimore, MD. USA

Email: mariaoliveira@usp.br; ccastill@jhsph.edu , [lena@usp.br](mailto:lana@usp.br)

Address:

Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental
Av. Dr. Arnaldo, 715, CEP 01246-904
São Paulo, Brasil

Department of Epidemiology, Bloomberg School of Public Health, Johns Hopkins University
615 N. Wolfe Street/ Suite E6136
Baltimore, MD 21205
United States

Abstract

Keywords: spatial analysis, dengue fever, spatial clustering

We performed a systematic review of geo-spatial analysis methods used in dengue fever studies published from January 2001 through March 2011. Thirty-six studies were selected for the review. Since 2008, the number of papers with geo-spatial analysis methods has increased. We found twenty-one different methods, three of which were used frequently. Results show that few articles have applied spatial analysis in dengue fever studies. Regardless the degree of sophistication of the method used, the results shown by the authors of selected papers pointed to a greater usefulness of spatial analysis. Furthermore, results showed that methods, such as LISA and Moran's, can produce quick and efficient information regarding the location of groupings of cases of dengue as well as the location of areas that show variation in the intensity of transmission. Such information can be a powerful tool for monitoring dengue transmission at local level.

Resumo

Foi realizada revisão sistemática dos métodos de análises geo-espaciais utilizados em estudos de dengue nos artigos publicados de janeiro de 2001 a março de 2011. Baseando-se em critérios específicos, trinta e cinco estudos foram selecionados.

Após 2008, houve aumento de artigos com análises geo-espaciais para investigar incidência de dengue. No total, vinte e um métodos foram utilizados, três deles com maior frequência.

A revisão apontou número pequeno de artigos com análise espacial em estudos epidemiológicos de dengue. No entanto, independentemente da sofisticação do método, os resultados indicaram que estes métodos deveriam ser aplicados com maior frequência para melhor compreensão da difusão geoespacial da dengue. Além disso, resultados mostraram que alguns métodos, como LISA e Moran, podem produzir informações rápidas e eficientes de agrupamentos de casos, assim como localizar áreas com variações na intensidade de transmissão. Tal informação pode ser poderoso instrumento de monitoramento da transmissão de dengue em nível local.

Palavras-chave: dengue, análise geoespacial, agrupamentos espaço-temporais, agrupamentos espaciais, autocorrelação espacial, difusão espacial.

Introduction

People, place, and time are the basic elements of epidemiological investigations. According to Moore and Carpenter¹, the development of the geographic information system (GIS) in the last twenty years has boosted the development of analysis of spatial patterns and processes in public health.

In the last few decades, a general interest in spatial data analysis has developed rapidly, mainly because of the need for better public health tools. Greater interest and the subsequent improvements enable researchers to tackle new urban diseases such as the dengue fever.

Geographic and attribute information from different sources and formats can be spatially joined by Geographic Information Systems (GIS). Important publications have been documenting the importance of GIS in epidemiology and public health—for example, works by 2-6.

With the growing number of studies such as these in public health research, new methods of geo-spatial analysis have been developed specifically for applications in epidemiological studies and have been incorporated in different analytical software packages around the world. Moreover, currently, it is possible to access several innovative geospatial analysis tools using Internet sites.

The objective of this review was to provide an overview about the types of geospatial methods that have been used to analyze epidemiologic data for dengue transmission in the last ten years.

Methods

Studies selection

In order to yield the largest number of articles utilizing spatial analysis, we conducted searches using the MEDLINE, SCIELO, LILACS databases. In our search, we used the following keywords: spatial autocorrelation dengue, spatial clustering dengue, and spatio-temporal clustering dengue.

We selected every article published from January 2001 through March 2011 that contained the keywords in some place of the article. Covering both embargoed and free articles, we selected studies published in English or Portuguese that focused on dengue fever and used spatial analysis methods. First, each abstract was evaluated to determine whether the article could be included in the review. Several articles were excluded because they did not incorporate applied methods of spatial analysis; in addition, most of the studies were about genetics.

The criteria adopted are presented in Figure 1.

Figure 1 Selection process used in a systematic review of Geospatial analysis applied to dengue epidemiological studies , 2001–2011.

Figura 1 Processo de seleção utilizado na revisão sistemática de métodos de análise geoespacial aplicados em estudos epidemiológicos da dengue.

Although there were several points of interest in all papers regarding methodologies, the approach in this review is dedicated specifically to the fundamental aspects of spatial analysis: the unit of analysis of data, typology of

representation, spatial methods applied, and the main results of spatial analysis data.

Results

Initially 179 articles, published in either English or Portuguese from 2001 to 2011, were selected. After reading the abstracts, eighty-three articles were excluded because they did not satisfy the criteria for inclusion. After reading the other ninety-six articles, only thirty-five met the review criteria.

We found that some authors cited spatial analysis in the abstract but did not use a spatial method to analyze the data. For example, some articles had incorporated the term “spatial” but had been referring to micro-scale as it applies to genetics. A comparison of the spatial analysis methods used in the selected articles is reported in Table 1.

Year of studies and publication

Variations were reported in the studied period. Most published studies involved an analysis of data from two years or more. Generally, the articles used data that were collected four to ten years before publication. About 48% of the studies published used data collected for fewer than three years. Furthermore, more than 52% of the studies were published just four years after the event occurred, and only 8.5% of the studies used data collected less than one year before publication.

From 2001 to 2005, only four papers were published using this approach ^{7,8,9,10}, but since 2006 the number of papers has increased. Approximately 72% of the papers were published after 2008 ¹⁶⁻⁴¹.

Most studies were performed by investigators of institutions in Brazil and in the United States. These countries are responsible for 50% of all studies developed, followed by Thailand and Australia. However, it is important to clarify that, in Brazil's case, the studies were performed with the Brazilian database for dengue fever in Brazilian institutions. In the United States, on the other hand, the studies were completed using databases from other countries.

The reviewed articles were published in several journals, but the majority was published in just four journals: *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *Cadernos de Saúde Pública*, *Revista de Saúde Pública* and *Revista Brasileira de Medicina Tropical*. These journals published 78% of all articles, which used spatial analysis methods in the investigations of dengue fever transmission. Nine studies included in this review applied the spatial methods to analyze epidemiological and entomological information ^{7,8,10,20,21,24,26,35,36}, and 23 others just analyzed epidemiological information ^{9,11-19,22,23,25,27,30,31,33,34,37-41}. Two articles included only entomological information analysis ^{29,32}.

In terms of the geometric or shape representation of data, the studies primarily used polygons and points. The polygons were used to represent administrative frontiers, such as neighborhoods, districts, census tracts, or other administrative frontiers, and the points were used to represent cases of dengue, households, schools, or traps of vectors.

Spatial units

In the selected articles, nine different primary units of analysis were identified. The most-used primary unit of analysis was the household, which was applied in ten articles, or around 28% of the published studies ^{7,8,11-13,19,20,24,29,30}.

The dengue case as primary unit was used in five studies ^{9,15,16,27,33}, and census tracts were used in four studies ^{10,24,23,31}. Some studies used more than one unit of spatial analysis; for example, census tracts and cases were used in five studies ^{10,22,34,37,39}. Four studies ^{18,25,36,38} used the cities as the unit of analysis. Other studies used the block analysis unit ^{21,35}. In two studies, districts were used ^{26,30}. Towns or cities were applied in two cases ^{28,40}, administrative districts were used in one ¹⁷, and the planning unit was used in one ⁴¹.

Methods of spatial analysis applied in dengue fever studies

Twenty-one different spatial methods used to analyze dengue data were found in the articles. However, some were more common than others. The methods used in selected papers are listed according to topology of data used.

Spatial analysis of points

In the analysis of point data, the method most frequently applied was kernel density estimation, used in five papers ^{16, 26, 31, 34, 35}. The Knox method ⁴³ was applied in three papers ^{9,15,38}. The local Gi* statistic ⁴⁴ was used in three papers ^{8,17,32}. Three papers ^{13,20,34} used only the distance operations ⁴⁵ without spatial analysis methods.

Ripley's K statistic ⁴⁴ was used in two works ^{12, 22}. Bayes smoothing ⁴⁶ was applied in two papers ^{40,41}, while two papers ^{11,34} applied the Kulldorff analysis ⁷Kulldorff. The Global K statistic ⁴⁴ was applied in two studies ^{8, 32}. In addition, two papers used only thematic maps, such as the exploratory spatial analysis tool ^{25,36}.

Standard deviational ellipse ⁴⁸, was applied in two papers ^{10, 40}. The generalized additive model ⁴⁹ was applied in two papers ^{19,29} as well as the Monte Carlo simulation ^{7,15}. The Maxent algorithm ⁵⁰ was applied in one paper ³³. The angular wallet ⁵¹ was applied in one study ³⁹, the local K-function ⁴⁴ was applied in a separate study ³⁹ and in another study ³⁸, cluster analysis was applied. In one paper ²⁷, local K-means ⁴⁴ was used.

The nearest neighbor statistic ⁵¹ was applied in one ²¹, Fourier harmonic analysis ⁵² was used in another ¹⁵ and, finally, inverse distance weighting ⁵³ was applied in one study ²⁸.

Spatial analysis of area data

LISA (Local indicators of spatial association)⁵⁴ was the method used most often in analyzing polygon data ^{22,23,26,30,37,40,41}. Another method commonly used was the Global Moran Index ^{18,21,25,30,40-,42}. The Monte Carlo method was applied in one study ¹⁴, and the local Gi* statistic was used in another ¹⁷.

Software programs used for spatial analysis of dengue cases

Some articles did not report which software was used to perform the spatial analysis of data. In addition, in some cases, the method of spatial analysis was not referenced; instead, the focus was on the set of operations utilized. For

example, in every article it was clear that different software was used; in some cases, one software program was used to create the geographical coordinates (latitude and longitude), and another software program was used specifically to perform the spatial analysis.

However, the software programs most used in articles were ArcGIS, GeoDa, TerraView, and MapInfo. Several other software programs—for example, Satscan, Terrasee, Arc/Info, PPA, S-PLUS, and other customized software programs—were used less often.

Discussion

Despite place being a fundamental component of epidemiological investigations, the small number of papers found in this review may indicate that the use of spatial analysis in studies of dengue is still uncommon. Among the possible reasons that may hinder the application of spatial analysis on data of dengue is the absence or lack of health information systems that produce georeferenced entomological and epidemiological information, in the appropriate scales of analysis.

From 2008, there was a significant increase in the number of articles published that addressed the application of spatial analysis in studies of dengue. From that year, 72% of the published articles were found, perhaps due to the increased severity of dengue epidemics the world observed. The increase could also be a result of the need to develop new approaches in dengue fever research, to better understand the dynamics of dengue transmission, and to formulate strategies to minimize its effects.

Among the published works selected for this review, we noticed a significant time interval between the occurrence of events (dengue cases), or even between the serological and entomological surveys, and the publishing of the results of spatial analyses. This lag time might be the result of the natural flow of research, but it might also reflect the complexity and difficulties involved in conducting spatial analyses in countries where dengue is endemic.

The existence of such a long time interval between the collection of entomological and epidemiological information and the analysis and dissemination of results can lead to bias against the early detection of epidemics and, therefore, reduce the ability to identify the surveillance sites that require public health action.

Although most studies of dengue using spatial analysis were based on data of countries where the disease is endemic, the studies themselves were conducted in other countries. The exception is Brazil, which has developed most of the spatial analyses in that country, according to articles published. Brazil and Thailand are the countries most studied, in 40% of the articles, followed by Peru and Vietnam.

The household has been the most commonly used spatial unit, followed by dengue cases and census tracts. This could be due to the actual characteristics of the entomological and epidemiological studies of dengue, which often focus on the areas surrounding the household because of the ecological characteristics associated with the spread of mosquitoes.

Points or nodes have been used to represent households, dengue cases and schools.

To represent the districts, municipalities, or any other administrative area, polygons have been used. There is no predominant type related to the topology utilized because it was common to use more than one type in the articles. For example, often data are collected at household level, but for analysis purposes the data are aggregated into areas.

As can be observed in Table 1, twenty-one different methods of spatial analyses were found; however, only three methods of analysis were most used. In analyzing the polygon data or areas, the most widely used indicator is LISA, and the global Moran's statistic is the most common way of measuring the degree of spatial autocorrelation in area data ⁵²—perhaps because of the ease of application and interpretation of results, greater availability of free GIS software, such as GeoDa, or the lack of health information in more greatly detailed scales.

For the analysis of point data, the methods most used have been the intensity estimator kernel. These methods are essentially graphics⁵⁶. Perhaps for this reason, only four studies used spatial analysis models in the methodology of the article, while the remainder applied varied statistical methods in conjunction with the methods of spatial analysis. There were also cases in which the authors did not use any method of spatial analysis. In other words, spatial analysis of the article was based only on distances calculated using the environment of GIS. These distances were used as independent variables in the regression models. The other eighteen methods of analyses were used only by one or two articles, and always as an additional method of analysis.

Despite these considerations, it is pertinent to point out that regardless of the degree of sophistication of the method used, the results shown by the authors

of selected papers pointed to the greater utility of results obtained by spatial analysis. Furthermore, results showed that the methods of analyses, such as LISA and Moran's, can produce quick and efficient information when it comes to the location of groupings of cases of dengue as well as the location of areas that show variation in the intensity of transmission. Such information can be a powerful tool for monitoring the local level of dengue transmission.

Finally, despite the development of methods of spatial analysis focused on application in epidemiological studies, they are rarely used in studies of dengue. However, the success of the analysis in the identification of spatial patterns in their studies confirms the usefulness of the application of these techniques and the need for development and application of advanced spatial analysis beyond the limits of visualization.

The review presented here also shows that there are several methods of geo-spatial analysis available, but they are rarely used in studies of dengue transmission. Some spatial analysis methods could be used in conjunction with the conventional methods currently used by public health programs to combat dengue. The extension of these methods to advance the scientific knowledge of the dynamics of dengue transmission and its spatial diffusion could certainly be incorporated into current strategies to combat dengue and may contribute to reducing social costs caused by dengue since they allow the incorporation of both individual and contextual variables associated with dengue transmission.

Table 1. Review of the spatial analysis method used in the selected articles.

Reference	Title	Spatial Method	Objectives of spatial analysis	Results of the spatial analysis
07	Epidemiological and ecological characteristics of past dengue virus infection in Santa Clara, Peru.	Cuzick, Edwards nearest neighbor, Monte Carlo simulation.	To determine risk factors associated with dengue virus infection.	The results of the spatial analysis did not support the existence of clustering in Santa Clara.
08	Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, <i>Aedes aegypti</i> , in Iquitos, Peru.	Global K-functions, point and weighted, G_i^* .	Used to identify clustering.	Houses were much more clustered than random [16.33 versus 10.00 at 10 meters]. Even so, adult mosquitoes were more clustered than houses.
09	Dengue Spatial and Temporal Patterns, French Guiana, 2001	The Knox test, clustering.	To describe the spread of dengue viruses in a small locality.	The results show that heterogeneity in the Relative Risk variations in space and time corresponds to known entomologic and epidemiologic factors.
10	Identification of places with potential transmission of dengue fever in Porto Alegre using Geographical Information Systems	Spatial average and standard deviational ellipsis [SDE]	Delimitation of area around the dengue cases.	The vector was mainly located in south and east areas of the city, with a broad dispersion, while most of the cases were located in the central region.
11	Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection.	Kulldorff spatial scan statistic	To investigate the determinants for recent dengue infection and how these vary over space and time.	Spatial clustering was observed, with variation in local infection patterns. Location of a person and the environment around the house were important.
12	Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials.	Ripley's K statistic	To assess at various spatial scales.	Spatial analysis indicated that houses located closer to treated houses were less likely to have infestations than those further away.
13	Spatial, environmental and entomological risk factors analysis on a rural dengue outbreak in Lundu District in Sarawak, Malaysia	Used the spatial variable.	To elucidate the association of environmental, entomological, socio-demographic factors with dengue cases reported in Lundu district, Sarawak.	Revealed significant differences in clusters of villages attributable to container density, house density, distance of the house from the main road, and number of <i>Ae. albopictus</i> eggs from ovitraps set indoor, outdoor and in dumping.

14	Spatial mapping of temporal risk characteristics to improve environmental health risk identification: a case study of a dengue epidemic in Taiwan.	The local indicator of spatial autocorrelation, Monte Carlo Test.	To identify significant spatial clusters of dengue cases.	Identified the interactive spatial–temporal characteristics. Space and time are two important dimensions in describing epidemic dynamics and risk distribution.
15	Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina.	Knox test and Fourier Harmonic analysis.	To investigate the spreading dynamic of the 2004 dengue fever outbreak that occurred in Tartagal, Northwestern Argentina.	Results show outbreak spotlights and spreading patterns that could be related to entomologic and epidemiologic factors.
16	Spread pattern of the first dengue epidemic in the city of Salvador, Brazil	Kernel density estimation was used to identify the pattern of spatial diffusion.	To evaluate the characteristics of diffusion of the first dengue epidemic that occurred in the city of Salvador in 1995.	Identified the epicenter of the epidemic and that the dengue occurred in almost all areas of city.
17	Geographical structure of dengue transmission and its determinants in Thailand.	G*i spatial statistic.	Examined dengue transmission intensities in Thailand.	Identified clustering of high transmission intensity in the Northeastern rural region and clustering of low transmission intensity in Bangkok and the Northern region.
18	Socio-demographic factors and the dengue fever epidemic in 2002 in the State of Rio de Janeiro, Brazil.	Moran Global Index.	To analyze the dengue fever epidemic in 2002 and the socio demographic context of the State of Rio de Janeiro, Brazil.	Showed higher dengue incidence in areas characterized by growing urbanization and deficient running water and water supply. The model's residuals did not show spatial autocorrelation.
19	Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil.	A Generalized Additive Model was used to detect the spatial varying risk over the region.	To identify potential high-risk intra-urban areas of dengue, using data collected at household level from surveys.	The study showed spatial heterogeneity in the risk areas of dengue when using a spatial multivariate approach in a short time interval. Data from household surveys pointed out that low prevalence areas in 2001 surveys shifted to high-risk area in consecutive year.
20	Spatial and Temporal Clustering of Dengue Virus Transmission in Thai Villages.	Spatial operations to calculate the distances in order to use into regression	To test the hypothesis that DENV transmission is spatially and temporally Focal.	In an area where dengue is hyper endemic, dengue virus transmission among children occurs in localized areas and over short time periods. The focal

		model.		transmission is associated with recent dengue virus introductions.
21	Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand.	Moran's Index and The nearest-neighbor statistic.	To analyze the spatial pattern of dengue fever and dengue hemorrhagic fever incidence at the block level.	The risk of DF/DHF is quite geographically homogenous; therefore control activities should be carried out over the whole area.
22	Intra-urban dynamics of dengue epidemics in Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil, 1996-2002.	Local Moran's index , Ripley's K-function.	To describe the temporal-spatial patterns of dengue epidemics in Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil.	Distinct case distribution patterns were observed according to the two exposed groups, suggesting the need to improve the reporting of possible place of infection.
23	Temporal-spatial risk model to identify areas at high-risk for occurrence of dengue fever.	The local indicator of spatial LISA and the Moran's I.	To identify significant spatial clusters of areas for the occurrence of dengue fever.	The procedures of spatial analysis which authors used could be routinely used by services that are responsible for dengue fever surveillance and control to identify high-risk areas.
24	Insecticide-treated bednets to control dengue vectors: preliminary evidence from a controlled trial in Haiti.	Just calculated distances between events	To investigate the efficacy of Insecticide-treated bednets in reducing Aedes aegypti populations and dengue transmission.	The spatial analysis showed that control houses closest to the bednet houses[within 50 m] saw an immediate and dramatic decrease in container and Pupae per person 1 month after the intervention.
25	Local and Global Effects of Climate on Dengue Transmission in Puerto Rico.	Thematic maps.	Statistical approach to control for seasonality.	Found association between monthly changes in temperature and precipitation and monthly changes in dengue transmission in Puerto Rico, and that the strength of this association varies spatially, that this variation is associated with differences in local climate.
26	Spatial analysis of dengue occurrence and living conditions in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro State, Brazil.	Local Moran Index [LISA] and Kernel Intensity .	To examine the occurrence of dengue and its relationship to living conditions in the city.	The results suggest that such inequalities can influence the dengue time trend.
27	Genomic Epidemiology of a Dengue Virus Epidemic in Urban Singapore	K-means clustering.	To determine the strength of spatial structure in both DENV-1 and DENV-3.	DENV spatial dynamics in Singapore revealed significant population substructure in both DENV-1 and DENV-3. This spatial dynamic was especially strong in the case of DENV-3.
28	The Neovolcanic Axis Is a Barrier to	Inverse Distance Weighting.	To define the geographic barrier to	Barriers to gene flow in vector populations may

	Gene Flow among <i>Aedes aegypti</i> Populations in Mexico that Differ in Vector Competence for Dengue 2 Virus.		gene flow between the northern and southern Gulf of Mexico Coastal Plain.	impact the frequency of genes that condition continuous and epidemiologically relevant traits such as vector competence.
29	Spatial Evaluation and Modeling of Dengue Seroprevalence and Vector Density in Rio de Janeiro, Brazil.	Generalized Additive Model.	Analyzed individual and spatial factors associated with dengue seroprevalence.	The variation in spatial seroprevalence patterns inside the neighborhoods, to the areas with large human movement, suggests that humans may be responsible for virus inflow to small neighborhoods in Rio de Janeiro.
30	Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro [Southeastern Brazil].	Moran's global and local indexes.	To analyze the dengue epidemic in relation to the socioeconomic context according to geographical areas.	Identified spatial dependence between dengue and the selected variables. Problems related to basic sanitation contribute decisively to increase the risk of the disease.
31	Specific dengue transmission conditions at the local level: a study in Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro State, Brazil	Kernel Intensity .	To analyze the conditions involved in dengue transmission, with a focus on socio-environmental determinants.	The incomplete and unequal installation of housing infrastructure is a determining factor for the differentiated generation of vector breeding sites and for dengue transmission.
32	Characterizing the <i>Aedes aegypti</i> Population in a Vietnamese Village in Preparation for a Wolbachia-Based Mosquito Control Strategy to Eliminate Dengue.	Global K functions and the local G_i^* statistic.	To define the temporal and spatial patterns of <i>Ae. aegypti</i> abundance.	The results show the importance of multiple entomologic surveys when evaluating the spatial structure of a vector population or estimating population.
33	Mapping Environmental Dimensions of Dengue Fever Transmission Risk in the Aburrá Valley, Colombia.	Maxent algorithm.	To investigate conditions associated with suitable areas for Dengue fever occurrence in 2008 in three municipalities.	Effective risk maps can be developed based on such analyses of presence-only occurrence data.
34	Spatial heterogeneity of dengue fever in local studies, City of Niterói, Southeastern Brazil.	The kernel method, Kulldorff's spatial scan statistic .	To analyze the spatial and temporal occurrence of dengue fever and its association with the heterogeneity of urban environment characteristics.	Census tracts show spatial heterogeneity in relation to life conditions; there were differences in spatial and temporal distribution of the risk of occurrence of dengue fever.
35	Analysis on the spatial-temporal distribution of dengue and larval infestation in the municipality of	The kernel estimator.	To analyze the relationship between the spatial-temporal distribution of dengue cases and	There was no evidence of a relationship between larval infestation and dengue occurrence.

	Tupã, State of São Paulo		the larval indices .	
36	Progression of dengue virus circulation in the State of Bahia, Brazil, 1994-2000.	Thematic maps.	To describe the process of dissemination of dengue in the state of Bahia.	The virus circulated in all climatic zones, the highest intensity of detection of cases and territorial expansion was in the littoral.
37	Spatial-temporal patterns of dengue in areas at risk of dengue hemorrhagic fever in Kaohsiung, Taiwan, 2002.	Local indicator of spatial autocorrelation.	To examine whether spatial-temporal patterns of dengue can be used to identify areas at risk of dengue hemorrhagic fever.	The spatial result shows that high-risk areas can be comprehensively identified early in the epidemic based on their integrated spatial-temporal profiles.
38	Geographical heterogeneity of dengue transmission in two villages in southern Vietnam.	Cluster analysis	To assess the spatial pattern of dengue fever in 2003.	The existence of geographical heterogeneity, that new infection occurred near places where prevalence was highest at baseline.
39	Quantifying the spatial dimension of dengue virus epidemic spread within a tropical urban environment.	Local K-function, angular wavelet analysis of the spatial clustering. Knox test.	Analyzed the spatio-temporal pattern of denguevirus-2 outbreak during the 25 weeks of the outbreak.	Described the spread of dengue virus with high detail and quantified the spatio-temporal dimension of dengue virus transmission.
40	Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue in Chachoengsao province, Thailand.	A standard deviational ellipsis, Global Moran's I. Local indicators of spatial association. The local Getis-Ord Gi* and Bayes smoothing.	To examine spatial diffusion patterns and hotspot identification for reported dengue cases.	The proposed methods and tools can be beneficial for public health officers to visualize and understand the distribution and trends of diffusion patterns of diseases.
	Spatial analysis of notified dengue fever infections.	Moran's I statistic , Spatial empirical Bayes smoothing,Local indicators of spatial association.	To investigate the spatial clustering and dynamic dispersion of dengue incidence in Queensland, Australia.	The spatial distribution of dengue was clustered during each of the three periods and has expanded in Queensland over recent years.
41	Oviposition Site Selection by the Dengue Vector Aedes aegypti and Its Implications for Dengue Control	Moran's I .	To check for spatial autocorrelation among containers surveyed in the same week as a potential confounder.	The choice of egg-laying site is influenced by conspecific larvae and pupae, container fill method, container size and sun exposure.

Software used for spatial analysis of dengue cases

Some articles did not report which software was used to perform the spatial analysis of data. In addition, in some cases, the method of spatial analysis was not referenced; instead, the focus was on the set of operations realized. For example, in every article it was clear that different software was used; in some cases, one software was used to create the geographical coordinates (latitude and longitude), and another software was used specifically to perform the spatial analysis.

Many articles, however, reported the software most used was ArcGIS, GeoDa, TerraView, and MapInfo. Several other software—for example, Satscan, Terrasee, Arc/Info, PPA, S-PLUS, and other customized software—was used, but not as often.

Discussion

Despite place being a fundamental component of epidemiological investigations, the small number of papers found in this review may indicate that the use of spatial analysis in studies of dengue is still uncommon. Among the possible reasons that may hinder the application of spatial analysis on data of dengue is the absence or lack of health information systems that produce georeferenced entomological and epidemiological information, in the appropriate scales of analysis.

From 2008, there was a significant increase in the number of articles published that addressed the application of spatial analysis in studies of dengue. From that year, 72% of the published articles were found, perhaps due to the

increased severity of dengue epidemics the world observed. The increase could also be a result of the need to develop new approaches in dengue fever research, to better understand the dynamics of dengue transmission, and to formulate strategies to minimize its effects.

Among the published works selected for this review, we noticed a significant time interval between the occurrence of events (dengue cases), or even between the serological and entomological surveys, and the publishing of the results of spatial analyses. This lag time might be the result of the natural flow of research, but it might also reflect the complexity and difficulties involved in conducting spatial analyses in countries where dengue is endemic.

The existence of such a long time interval between the collection of entomological and epidemiological information and the analysis and dissemination of results can lead to bias against the early detection of epidemics and, therefore, reduce the ability to identify the surveillance sites that require public health action.

Although most studies of dengue using spatial analysis were based on data of countries where the disease is endemic, the studies themselves were conducted in other countries. The exception is Brazil, which has developed most of the spatial analyses in that country, according to articles published. Brazil and Thailand are the countries most studied, in 40% of the articles, followed by Peru and Vietnam.

The household has been the most commonly used spatial unit, followed by dengue cases and census tracts. This could be due to the actual characteristics of the entomological and epidemiological studies of dengue, which often focus

on the areas surrounding the household because of the ecological characteristics associated with the spread of mosquitoes.

Points or nodes have been used to represent households, dengue cases and schools.

To represent the districts, municipalities, or any other administrative area, polygons have been used. There is no predominant type related to the topology utilized because it was common to use more than one type in the articles. For example, often data are collected at household level, but for analysis purposes the data are aggregated into areas.

As can be observed in Table 1, twenty-one different methods of spatial analyses were found; however, only three methods of analysis were most used. In analyzing the polygon data or areas, the most widely used indicator is LISA, and the global Moran's statistic is the most common way of measuring the degree of spatial autocorrelation in area data⁵²—perhaps because of the ease of application and interpretation of results, greater availability of free GIS software, such as GeoDa, or the lack of health information in more greatly detailed scales.

For the analysis of point data, the methods most used have been the intensity estimator kernel. These methods are essentially graphics⁵⁶. Perhaps for this reason, only four studies used spatial analysis models in the methodology of the article, while the remainder applied varied statistical methods in conjunction with the methods of spatial analysis. There were also cases in which the authors did not use any method of spatial analysis. In other words, spatial analysis of the article was based only on distances calculated using the environment of GIS. These distances were used as independent variables in the regression models.

The other eighteen methods of analyses were used only by one or two articles, and always as an additional method of analysis.

Despite these considerations, it is pertinent to point out that regardless of the degree of sophistication of the method used, the results shown by the authors of selected papers pointed to the greater utility of results obtained by spatial analysis. Furthermore, results showed that the methods of analyses, such as LISA and Moran's, can produce quick and efficient information when it comes to the location of groupings of cases of dengue as well as the location of areas that show variation in the intensity of transmission. Such information can be a powerful tool for monitoring the local level of dengue transmission.

Finally, despite the development of methods of spatial analysis focused on application in epidemiological studies, they are rarely used in studies of dengue. However, the success of the analysis in the identification of spatial patterns in their studies confirms the usefulness of the application of these techniques and the need for development and application of advanced spatial analysis beyond the limits of visualization.

The review presented here also shows that there are several methods of geo-spatial analysis available, but they are rarely used in studies of dengue transmission. Some spatial analysis methods could be used in conjunction with the conventional methods currently used by public health programs to combat dengue. The extension of these methods to advance the scientific knowledge of the dynamics of dengue transmission and its spatial diffusion could certainly be incorporated into current strategies to combat dengue and may contribute to reducing social costs caused by dengue since they allow the incorporation of both individual and contextual variables associated with dengue transmission.

References

1. Moore DA, Carpenter TE. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiol Rev.* 1999; 21:143-61
2. Briggs DJ. Mapping environmental exposure. In: *Geographical & Environmental Epidemiology. Methods for Small Area Studies.* Ed. By P. Elliot. Great Britain: Oxford Medical publications; 1996. p.158-96.
3. Albert PD, Gesler, WM. Levergood, B. *Spatial Analysis, GIS, and Remote Sensing. Applications in the Health Sciences.* Chelsea: Ed. Ann Arbor Press; 2001.
4. Aron JL, Patz JA. *Ecosystem Change and Public Health: A Global Perspective.* Baltimore: The Johns Hopkins University Press; 2001
- 5 Elliot P, Wakefield, J, Best N, Briggs D. *Spatial Epidemiology. Methods and applications.* New York: Oxford University press. 2006.
6. Khan OA, Davenhall W, Ali M, Castillo-Salgado C, Vazquez-Prokopec G, Kitron U, et al. Geographical information systems and tropical medicine. *Ann Trop Med Parasitol.* 2010; 104(4):303-18.

7. Reiskind MH, Baisley KJ, Calampa C, Sharp TW, Watts DM, Wilson ML. Epidemiological and ecological characteristics of past dengue virus infection in Santa Clara, Peru. *Trop Med Int Health*. 2001;6(3):212-8.
8. Getis A, Morrison AC, Gray K, Scott TW. Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. *Am J Trop Med Hyg*. 2003;69(5):494-505.
9. Tran A, Deparis X, Dussart P, Morvan J, Rabarison P, Remy F, et al.. Dengue spatial and temporal patterns, French Guiana, 2001. *Emerg Infect Dis*. 2004;10(4):615-21.
10. Barcellos C, Pustai AK, Weber MA, Brito MR. Identification of places with potential transmission of dengue fever in Porto Alegre using Geographical Information Systems. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2005; 38(3):246-50.
11. Vanwambeke SO, Van Benthem BH, Khantikul N, Burghoorn-Maas C, Panart K, Oskam L, et al. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. *Int J Health Geogr*. 2006; 18;5:5.
12. Kroeger A, Lenhart A, Ochoa M, Villegas E, Levy M, Alexander N, et al.. Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *BMJ*. 2006; 27;332(7552):1247-52.

13. Cheah WL, Chang MS, Wang YC. Spatial, environmental and entomological risk factors analysis on a rural dengue outbreak in Lundu District in Sarawak, Malaysia. *Trop Biomed*. 2006; 23(1):85-96.
14. Wen TH, Lin NH, Lin CH, King CC, Su MD. Spatial mapping of temporal risk characteristics to improve environmental health risk identification: a case study of a dengue epidemic in Taiwan. *Sci Total Environ*. 2006; 367: 631- 40.
15. Rotela C, Fouque F, Lamfri M, Sabatier P, Introini V, Zaidenberg M, et al. Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. *Acta Trop*. 2007; 103 : 1-13.
16. Barreto FR, Teixeira MG, Costa MC, Carvalho MS, Barreto ML. Spread pattern of the first dengue epidemic in the city of Salvador, Brazil. *BMC Public Health*. 2008; 7: 8 - 51.
17. Nagao Y, Svasti P, Tawatsin A, Thavara U. Geographical structure of dengue transmission and its determinants in Thailand *Epidemiol Infect*. 2008; 136: 843–851.
18. Teixeira TR, Medronho RA. Socio-demographic factors and the dengue fever epidemic in 2002 in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica*. 2008; 24: 2160-70.

19. Siqueira-Junior JB, Maciel IJ, Barcellos C, Souza WV, Carvalho MS, Nascimento NE, et al. Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil. *BMC Public Health*. 2008; 20: 8-361
20. Mammen MP, Pimgate C, Koenraadt CJ, Rothman AL, Aldstadt J, Nisalak A, et al. Spatial and temporal clustering of dengue virus transmission in Thai villages. *PLoS Med*. 2008; 4: 5-11
21. Thammapalo S, Chongsuvivatwong V, Geater A, Dueravee M. Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. *Epidemiol Infect*. 2008; 136: 135-43.
22. Almeida MC, Assunção RM, Proietti FA, Caiaffa WT. Intra-urban dynamics of dengue epidemics in Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil, 1996-2002. *Cad Saude Publica*. 2008; 24 :2385-95.
23. Galli B, Chiaravalloti Neto F. Temporal-spatial risk model to identify areas at high-risk for occurrence of dengue fever. *Rev Saude Publica*. 2008; 42: 656-63.
24. Lenhart A, Orelus N, Maskill R, Alexander N, Streit T, McCall PJ. Insecticide-treated bednets to control dengue vectors: preliminary evidence from a controlled trial in Haiti. *Trop Med Int Health*. 2008; 13: 56-67.
25. Johansson MA, Dominici F, Glass GE. Local and global effects of climate on dengue transmission in Puerto Rico. *PLoS Negl Trop Dis*. 2009;3: e382.

26. Machado JP, Oliveira RM, Souza-Santos R. Spatial analysis of dengue occurrence and living conditions in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro State, Brazil. *Cad Saude Publica*. 2009 ;25 :1025-34.
27. Schreiber MJ, Holmes EC, Ong SH, Soh HS, Liu W, Tanner L, et al. Genomic epidemiology of a dengue virus epidemic in urban Singapore. *J Virol*. 2009; 83: 4163-73.
28. Lozano-Fuentes S, Fernandez-Salas I, de Lourdes Munoz M, Garcia-Rejon J, Olson KE, et al. (2009) The Neovolcanic Axis Is a Barrier to Gene Flow among *Aedes aegypti* Populations in Mexico That Differ in Vector Competence for Dengue 2 Virus. *PLoS Negl Trop Dis* 3(6): e468.
doi:10.1371/journal.pntd.0000468
29. Honório NA, Nogueira RM, Codeço CT, Carvalho MS, Cruz OG, Magalhães MA, Almeida AS, et al. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro. *Rev Saude Publica*. 2009; 43 :666-73.
30. Almeida AS, Medronho Rde A, Valencia LI. Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern Brazil). *Rev Saude Publica*. 2009; 43: 666-73.

31. San Pedro A, Souza-Santos R, Sabroza PC, Oliveira RM. Specific dengue transmission conditions at the local level: a study in Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro State, Brazil. *Cad Saude Publica*. 2009; 25: 1937-46.
32. Jeffery JA, Thi YN, Nam VS, Nghia IT, Hoffmann AA, Kay BH, et al. Characterizing the *Aedes aegypti* population in a Vietnamese village in preparation for a *Wolbachia*-based mosquito control strategy to eliminate dengue. *PLoS Negl Trop Dis*. 2009; 3(11): e552.
doi:10.1371/journal.pntd.0000552
33. Arboleda S, Jaramillo-O N, Peterson AT. Mapping environmental dimensions of dengue fever transmission risk in the Aburrá Valley, Colombia. *Int J Environ Res Public Health*. 2009; 6: 3040-55.
34. Flauzino RF, Souza-Santos R, Barcellos C, Gracie R, Magalhães MA, Oliveira RM. Spatial heterogeneity of dengue fever in local studies, City of Niterói, Southeastern Brazil. *Rev Saude Publica*. 2009; 43 :1035-43.
35. Barbosa, GL and Lourenço, RW. Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*. 2010; 43: 145-151.
36. Melo MS, Barreto FR, Costa Mda C, Morato VC, Teixeira MG. Progression of dengue virus circulation in the State of Bahia, Brazil, 1994-2000. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2010; 43: 139-44.

37. Wen TH, Lin NH, Chao DY, Hwang KP, Kan CC, Lin KC, et al. Spatial-temporal patterns of dengue in areas at risk of dengue hemorrhagic fever in Kaohsiung, Taiwan, 2002. *Int J Infect Dis.* 2010; 14: 4.
38. Thai KT, Nagelkerke N, Phuong HL, Nga TT, Giao PT, Hung LQ, et al. Geographical heterogeneity of dengue transmission in two villages in southern Vietnam. *Epidemiol Infect.* 2010; 138: 585-91.
39. Vazquez-Prokopec GM, Kitron U, Montgomery B, Horne P, Ritchie SA. Quantifying the spatial dimension of dengue virus epidemic spread within a tropical urban environment. *PLoS Negl Trop Dis.* 2010; 21:4 -12.
40. Jeefoo P, Tripathi NK, Souris M. Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue in Chachoengsao province, Thailand. *Int J Environ Res Public Health.* 2011; 8: 51-74.
41. Hu W, Clements A, Williams G, Tong S. Spatial analysis of notified dengue fever infections. *Epidemiol Infect.* 2011; 139: 391-9.
42. Wong J, Stoddard ST, Astete H, Morrison AC, Scott TW. Oviposition site selection by the dengue vector *Aedes aegypti* and its implications for dengue control. *PLoS Negl Trop Dis.* 2011; 12: 5.
43. Knox EG. The detection of space-time interactions. *Appl Stat.*

1964; 13: 25-9.

44. Getis, A. Interaction Modeling Using Second-order Analysis. *Environment and Planning*.1984; 16: 173-83.

45. Getis A, Ord JK. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 1992; 24: 189-206.

46 Marshall, R. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. *J. Appl. Statist.*1991; 40: 283-294.

47 Kuldorff M, Nagarwalla N: Spatial disease clusters: detection and inference. *Stat Med.* 1995; 14: 799-810.

48. Boots, B.N.; Getis, A. *Point Pattern Analysis*. Newbury Park, Sage Publications; 1998.

49. Hastie TJ, Tibshirani RJ: *Generalized Additive Models*. London: Chapman & Hall/CRC; 1990.

50. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions *Ecol. Model.* 2006; 190: 231-259.

51..Rosenberg M, Kenkel N. Wavelet analysis for detecting anisotropy in point patterns. *Journal of Vegetation Science.* 2004; 15: 277-284.

52. Rogerson PA. Statistical Methods for Geography. London: SAGE Publications, 2001, pp. 161-164.
53. Crist EP, Kauth RJ. The tasselled cap demystified. Photogramm. Eng. Rem. S. 1986; 52: 81- 86
54. Wartenberg D, Uchrin C, Coogan P. Estimating exposure using kriging: a simulation study. Environ Health Perspect. 1991; 94: 75 - 82.
55. Anselin L. Local indicators of spatial association — LISA. Geogr Anal 1995; 27: 93-115.
56. Fotheringham, A. S., C. Brunsdon and M. Charlton. Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis. London; Thousand Oaks, Calif., Sage Publications; 2000.

4.7 Manuscrito 2 - Detecção de epidemias em cidade tropical de influência regional

Artigo inédito submetido para publicação.

de Oliveira, Maria Aparecida¹, Carlos Castillo-Salgado.², Ribeiro, Helena.¹

¹Departament of Environmental Health - School of Public Health - University of São Paulo, São

Paulo, Brazil ²Department of Epidemiology - Johns Hopkins Bloomberg School of Public

Health, Baltimore , United States

email : mariaoliveira@usp.br; ccastill@jhsph.edu ; lana@usp.br

RESUMO

OBJETIVO: Identificar os períodos epidêmicos e descrever as principais características epidemiológicas da dengue no município de Araraquara nestes período, segundo sexo, idade e local provável de infecção, de acordo com as informações disponíveis no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

METODOLOGIA: Para identificação de epidemias de dengue no município de Araraquara, no período de 1998 a 2008, foi utilizado o método dos limites históricos descrito por HUTWAGNER et al. ¹, aplicado ao banco de dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), organizado pelo Serviço Especial de Saúde de Araraquara, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Posteriormente, foi realizada a descrição das características epidemiológicas da doença em relação a sua distribuição em termos de gênero, idade e local de infecção dos períodos epidêmicos na série analisada.

RESULTADOS: No Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) foram registrados e confirmados 1973 casos de dengue no município de Araraquara no período de 1998 a 2008. A taxa de incidência anual variou entre 7,53 e 596,0 por 100 mil habitantes/ano. No período de 1998 a 2008, foram identificadas quatro epidemias, a primeira em 1999, com 53 casos e

taxa de incidência 30,39/100 mil, a segunda em 2001, com 212 casos e taxa de incidência 114,5/100 mil ; a terceira em 2007 com 351 casos e taxa de incidência de 173.55/100mil e a quarta epidemia em 2008 com 1187 casos e taxa de incidência de 596, 0/ 100 mil habitantes.

Nos períodos epidêmicos estiveram sob maior risco pessoas com idade entre 20 e 49 anos de idade e pessoas do sexo feminino. Observou-se a ocorrência de casos importados de dengue nos anos epidêmicos e anos inter-epidêmicos, no entanto, a partir da epidemia de 2007 observa-se uma importante redução no número de casos importados e aumento no número de casos autóctones. CONCLUSÃO: O método utilizado para detecção do início das epidemias, mostrou-se eficiente, uma vez que foi capaz de detectar e incorporar as variações da doença ao longo da série temporal analisada. O método poderia ser utilizado pelo sistema de vigilância da dengue no município de Araraquara, como instrumento auxiliar de detecção precoce de epidemias de dengue. Com isso talvez fosse possível a produção de respostas imediatas do serviço de vigilância epidemiológica e entomológica do município, que poderiam bloquear o avanço da epidemia durante o seu período inicial.

Introdução

Entre as doenças infecciosas que atualmente têm acometido as populações em áreas urbanas em países tropicais e subtropicais a dengue tem sido destacada como um grave problema de saúde pública que ultrapassa as fronteiras dos países endêmicos. A facilidade de adaptação do seu principal vetor o *Aedes Aegypti* aos ambientes urbanizados aliado a forte concentração, circulação e faticidade de dispersão de pessoas nas áreas urbanas tem criado as condições ideais para a manutenção de um ciclo ecológico que tem proporcionado a expansão e o agravamento da doença.

A prevalência global da dengue doença tem aumentado nas últimas décadas. Sua ocorrência já foi registrada em mais de 100 países e a doença ameaça a saúde de mais de 2,5 mil milhões de pessoas em zonas urbanas, Peri urbanas e rurais de regiões tropicais e subtropicais.²

A rápida expansão urbana sem planejamento, abastecimento inadequado de água canalizada, aumento da circulação de populações humanas, dentro e entre países, e o maior desenvolvimento e disseminação da resistência aos inseticidas do mosquito vetor da dengue, são algumas das razões do aumento da transmissão de dengue nos últimos anos.^{3,4,5,6}

De acordo com o Ministério da Saúde do Brasil⁷, a dengue é hoje uma das doenças infecciosas mais frequentes no Brasil, atingindo a população em todos os estados, independente da classe social. Até o ano de 2007, somente o estado de Santa Catarina não havia apresentado transmissão autóctone.

No Estado de São Paulo, de acordo com o Centro de Vigilancia Epidemiológica⁸, a transmissão de dengue foi observada, pela primeira vez, em 1987, nos municípios de Guararapes e Araçatuba. No verão de 1990/91, foi registrada uma epidemia de grandes proporções, iniciada no norte do estado, em Ribeirão Preto, que rapidamente se expandiu para municípios vizinhos e outras regiões. A partir de então, as epidemias de dengue vêm ocorrendo todos os anos no estado de São Paulo.

Segundo Teixeira et al.⁹, enquanto se espera uma vacina segura e eficaz, melhores perspectivas para o controle da dengue serão encontradas a partir de pesquisa com a melhoria da educação em saúde, novos modelos e métodos de vigilância epidemiológica e virológica.

Para Ferreira et al.¹⁰, os modelos de controle para doenças como a dengue, concentrados no combate químico, sem integração intersetorial e com escassos recursos de análise epidemiológica são incapazes de obter sucesso. Barreto¹¹, insere a dengue no conjunto de doenças no qual o Brasil não obteve êxito no combate.

A adoção de medidas adequadas e em tempo oportuno para prevenção e controle das epidemias de dengue implica no conhecimento sobre seu comportamento em diversos recortes temporais e espaciais. Desde a sua introdução em 1995, no município de Araraquara, as taxas de incidência de dengue têm aumentado progressivamente ao longo dos anos.

De acordo com Ministério da Saúde⁷ o propósito da vigilância epidemiológica é fornecer orientação técnica permanente para os que têm a responsabilidade de decidir sobre a execução de ações de controle de doenças e agravos. No entanto, embora existam registros de taxas altas de incidência de dengue no município, a vigilância epidemiológica da dengue não dispõe de mecanismos operacionais de alerta de epidemias, capazes de fornecer análises de situações epidêmicas em tempo real no nível local (município), onde o enfrentamento à doença deve ser feito.

A identificação dos limites de transmissão esperados da dengue, considerando um período analisado, e quando esses limites são ultrapassados, tornando-se uma epidemia é um dos grandes desafios na investigação do limiar epidêmico de uma doença infecciosa em áreas urbanas como a dengue. A identificação destes limites, aliada às atuais estratégias do programa de controle da dengue, pode colaborar nas ações de vigilância da dengue em nível local, auxiliando no combate às epidemias.

O objetivo deste estudo foi identificar os anos epidêmicos e descrever as principais características epidemiológicas da dengue nesses períodos.

Materiais e métodos

O presente trabalho é um estudo ecológico de tendência temporal, que abrange o período de 1998 a 2008, no Município de Araraquara, Estado de São Paulo, Brasil.

Todos os dados analisados foram coletados pelo Serviço Especial de Saúde de Araraquara da Faculdade de Saúde Pública, por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Vale ressaltar que não existem dados detalhados sobre dengue no município de Araraquara nos anos anteriores a 1998. O resultado da busca nos órgãos de saúde aponta dados disponíveis para o período anterior apenas com os totais anuais, sem detalhamento mensal. As estimativas populacionais utilizadas foram elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e disponibilizadas pelo Ministério da Saúde no sistema de informações do DATASUS.

Para realização das análises optou-se pela utilização dos casos importados e autóctones. A inclusão de casos autóctones e importados é essencial para modelar a dinâmica da epidemia, possibilita a elaboração de informação crítica aos tomadores de decisão, responsáveis pelo controle da doença.¹²

No entanto, foram realizadas análises separadas dos casos importados, com o intuito de verificar a sua contribuição em cada ano analisado, bem como o município e unidade da federação de sua origem, para entender o processo de disseminação da doença.

Os casos notificados e confirmados de dengue registrados no município de Araraquara, entre 1998 e 2008, foram avaliados retrospectivamente e as epidemias foram identificadas utilizando-se o método dos limites históricos. De acordo com HUTWAGNER et al.¹, o método de limites históricos tem sido utilizado pelo CDC (Center of Disease Control) desde 1989, nos Estados Unidos da América do Norte, para vigilância de doenças infecciosas e integra o conjunto de métodos alternativos para detecção de Early Aberration Reporting System (EARS).

O método dos limites históricos compara o número de casos notificados nas quatro semanas correntes (acumulado do mês, ou 4 semanas epidemiológicas) com os valores de incidência no mesmo período dos anos precedentes.

Definição do limite máximo e valores médios dos casos de dengue no município de Araraquara

Para definição do limite máximo para detecção de valores acima do esperado, foi utilizada a fórmula proposta por Hutwagner et al. ¹

$$x_o / \mu > 1 + (2 * \sigma_x / \mu)$$

Onde x_o é o total atual para um intervalo de 4 semanas, μ é a média dos 15 totais dos intervalos de 4 semanas (incluindo as mesmas 4 semanas precedentes, e 4 semanas posteriores, nos últimos 5 anos da série histórica e σ_x é o desvio padrão destes 15 valores de incidência.

Considerou-se epidemia a ultrapassagem dos limites máximos esperados. Este método parte do pressuposto de que mesmo que a doença exiba uma variação sazonal, na ausência de qualquer aberração, os valores de x_o são independentes e aleatórios, com a mesma função de distribuição.

No período de 2003 a 2008, o método foi aplicado sem nenhuma adaptação. No entanto, de 1999 a 2002, foram necessárias adaptações, porque a série histórica disponível não permitia o cálculo considerando os 15 períodos. Esta adaptação consistiu na redução do limite histórico considerado, conforme descrito no quadro 1. Não foi possível aplicar o método para o ano de 1998, devido à ausência de informação mensal dos anos anteriores, fundamental para manter a sensibilidade do método.

Quadro 1 - Períodos utilizados para cálculo da média dos limites históricos

Período analisado		Períodos utilizados para cálculo da média do limite histórico
Ano	Meses	
1999	Fevereiro a Novembro	3
1999	Dezembro	4
2000	Janeiro	5
2000	Fevereiro a Novembro	6
2000	Dezembro	7
2001	Janeiro	8
2001	Fevereiro a Novembro	9
2001	Dezembro	10
2002	Janeiro	11
2002	Fevereiro a Novembro	12
2002	Dezembro	13
2003	Janeiro	14
2003	Fevereiro a Dezembro	15
2004 a 2008	Janeiro a Dezembro	15

Após a identificação dos períodos epidêmicos, foi iniciada a análise epidemiológica dos dados do SINAN, que consistiu na realização de análises descritivas dos dados, em relação à distribuição de casos, segundo gênero, faixa etária e classificação dos casos importados e autóctones.

Resultados

Entre 1998 e 2008, foram notificados e confirmados 1973 casos de dengue no município de Araraquara. A taxa de incidência anual variou entre 7,53, em 1998, e 596,09 casos por 100 mil habitantes/ano em 2008. A ocorrência de dengue apresentou comportamento diferenciado ao longo dos anos analisados.

Conforme a figura 1, a doença apresentou casos em todos os anos analisados, porém com diferentes intensidades e magnitudes.

Figura 1. Média Histórica, limite superior e casos notificados de dengue no município de Araraquara, no período de Janeiro de 1999 a Dezembro de 2008.

De acordo com a metodologia aplicada, foi possível detectar 4 períodos epidêmicos, nos anos de 1999, 2001, 2007 e 2008. Nestes anos, o pico dos casos ocorreu sempre no mês de abril, na 17ª semana epidemiológica, ou seja, no início do outono no hemisfério sul, com uma curva descendente que geralmente cessava, ou retornava ao nível endêmico da doença no início do inverno, estação do ano que registrou poucos ou nenhum caso de dengue na série analisada.

Com base na figura 1, é possível observar uma clara variação sazonal. Os primeiros casos geralmente ocorreram no início do verão e persistiram até metade do outono. Sendo a chegada do inverno coincidente com o período de redução ou mesmo inexistência de casos notificados de dengue.

A primeira epidemia de dengue no município de Araraquara, teve início no mês de março de 1999, especificamente na décima semana epidemiológica daquele ano, atingindo seu pico no mês de abril. A partir de então, a curva começou a declinar (figura1).

No ano de 2000, observou-se uma queda no número de casos, em relação ao ano anterior. Foram 18 casos notificados e confirmados (tabela1). No ano de 2001, foi detectada outra epidemia, com 212 casos e, desta vez, com uma taxa de incidência de 115 por 100 mil habitantes, bem superior à taxa de incidência registrada no ano anterior.

Tabela 1. Número total de casos e incidência por 100 mil habitantes de dengue, casos autóctones e importados, no município de Araraquara de 1998 a 2008.

Anos	Importados			Autóctones			Total		
	Casos	%	Incidência	Casos	%	Incidência	Casos	Incidência	População
1999	45	84.91	25.81	8	15.09	4.59	53	30.39	174383
2001	20	9.43	10.81	192	90.57	103.75	212	114.55	185065
2007	46	13.11	22.74	305	86.89	150.80	351	173.55	202250
2008	8	0.67	4.02	1179	99.33	592.07	1187	596.09	199132

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

No ano de 2002, foram notificados e confirmados 44 casos, com uma taxa de incidência de 23,48 por 100 mil habitantes. Em 2003, foram registrados 15 casos e uma taxa de incidência de 7,91 por 100 mil habitantes. No ano de 2004, foram notificados 7 casos e uma taxa de incidência de 3,65 por 100 mil habitantes. Em 2005, houve registro de um número muito similar aos 2 anos anteriores, foram notificados e confirmados 8 casos e uma taxa de incidência de 4,06 por 100 mil habitantes. Já em 2006, observou-se um aumento significativo dos casos notificados e confirmados, foram confirmados 65 casos, e uma taxa de incidência de 32,56 por 100 mil habitantes.

Em 2007, ocorreu a terceira epidemia, com início em dezembro de 2006, teve duração de oito meses e produziu um total de 351 casos, com taxa de incidência de 173,55 por 100 mil habitantes. Nos meses de agosto e setembro de 2007, a doença voltou ao nível de endemicidade.

A partir de Outubro de 2007, teve início a quarta epidemia em Araraquara, desta vez com maior intensidade e magnitude, e persistiu no nível epidêmico até Maio de 2008. Esta

epidemia produziu 1187 casos de dengue e uma taxa de incidência de 596,09 por 100 mil habitantes, sendo a maior epidemia registrada na série analisada.

Casos autóctones e importados de dengue em Araraquara.

A tabela 1 apresenta o total de casos importados e autóctones de dengue, no município de Araraquara, nos períodos epidêmicos. A tabela 2 apresenta o total de casos importados, de acordo com a unidade da federação de origem. Ela mostra que, em sua maioria, os casos importados eram oriundos do próprio estado de São Paulo, com exceções nos anos de 1999, 2004 e 2005. O segundo lugar de origem de casos é Minas Gerais, o terceiro lugar do estado do Rio de Janeiro e o quarto o estado da Bahia.

Tabela 2. Total de casos importados segundo unidade da federação.

UF	1999	2001	2007	2008	Total
Amazonas	0	0	2	0	2
Bahia	0	2	0	0	2
Ceará	0	1	0	0	1
Goiás	0	0	0	2	2
Maranhão	0	2	0	1	3
Minas Gerais	0	4	1	0	5
Mato Grosso do Sul	0	1	5	1	7
Rio de Janeiro	0	1	1	1	3
Sergipe	1	0	0	0	5
São Paulo	0	4	34	2	40
Tocantins	0	3	0	1	4
Sem Informação	44	2	3	0	63

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

No ano de 1999, primeiro ano epidêmico da série analisada, 84,91% dos casos foram importados, porém sem identificação do município de origem, o único município identificado foi novamente Aracajú, em Sergipe.

Na segunda epidemia, no ano de 2001, 95% foram autóctones apenas 9,43% foram casos importados, estes casos foram importados das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e apenas um caso do Centro-Oeste.

Em 2007, os casos importados eram oriundos de municípios do estado de São Paulo, Amazonas e Mato Grosso do Sul.

No ano de 2008, ano da maior epidemia da série analisada, houve uma clara redução dos casos importados, apenas 8 casos foram notificados como importados, sendo 1 caso importado de município localizado no estado de São Paulo, 1 caso importado do Mato Grosso do Sul, 2 casos importados do estado de Goiás, 1 caso do estado do Maranhão.

Distribuição dos casos notificados de dengue segundo gênero

Conforme a tabela 3, em quase todos os anos epidêmicos indivíduos do gênero feminino, foram os mais acometidos pela doença.

Tabela 3. Total de casos notificados e confirmados de dengue no município de Araraquara, segundo gênero.

Anos	Gênero				Casos	Total
	Mulheres	%	Homens	%		Incidência/100000
Períodos Epidêmicos						
1999	28	51.85	26	48.15	54	30.39
2001	117	54.17	99	45.83	216	114.55
2007	177	50.43	174	49.57	351	173.55
2008	644	54.03	548	45.97	1192	596.09

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

Distribuição de casos em relação à faixa etária da população

A distribuição de acordo com a faixa etária também mostrou um padrão diferenciado na série analisada. Nos períodos epidêmicos, é possível observar que ocorreram casos em todas as faixas etárias, inclusive em indivíduos menores de 5 anos de idade (tabela 4).

Tabela 4. Total de casos de dengue e percentual segundo faixas etárias, no município de Araraquara – estado de São Paulo.

Faixas etárias									
Anos	0- 10	%	11-19	%	20- 49	%	> 50	%	Total
1999	1	1.85	10	18.52	34	62.96	9	16.67	54
2001	8	3.70	38	17.59	137	63.43	33	15.28	216
2007	9	2.56	51	14.53	210	59.83	81	23.08	351
2008	53	4.45	170	14.26	688	57.72	281	23.57	1192

Fonte: SESA-FSP-USP e SINAN – Ministério da Saúde do Brasil – Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

Outro fator importante que pode indicar mudança do comportamento epidemiológico da doença no município de Araraquara é que, a partir de 2001, houve um aumento progressivo no número de casos em indivíduos menores de 20 anos, em números absolutos. Em 1999 foram registrados 11 casos nesta faixa etária, em 2001 foram 46 casos registrados, em 2007 foram 60 casos e, em 2008, foram 221 casos, uma percentagem de 20% de todos os casos registrados.

Discussão

O estudo evidencia tendência temporal dos casos de dengue no município de Araraquara, no interior do Estado de São Paulo. Ao longo da série analisada houve quatro anos epidêmicos (ou ondas epidêmicas), 1999, 2001, 2007 e 2008. Nos outros anos, a doença parece ter um padrão endêmico, com permanência de risco principalmente no verão e outono.

O método empregado para detecção das epidemias de dengue no período analisado foi capaz de detectar as anomalias, que foram consistentes com a variação no padrão epidemiológico evidenciado pela análise das variáveis gênero, idade e origem dos casos.

Para Hutwagner et al.¹, até 2001, a maioria dos métodos para detecção de eventos acima do número esperado de casos, dependia da disponibilidade de séries históricas de cinco anos sobre a doença investigada. Nos Estados Unidos, após os atentados de 11 de setembro de 2001, interesse especial tem surgido em ferramentas de vigilância em saúde pública que possam ser implementadas sem necessariamente exigirem uma grande série de dados para detecção de possíveis anomalias.

Basear-se nos resultados do trabalho de Hutwagner et al.¹³, no qual os autores fazem uma comparação entre os métodos utilizados para detecção de aberrações nos dados de doenças infecciosas não vetoriais, nos pareceu pertinente a adaptação, na qual foi considerado o acumulado de 4 semanas epidemiológicas. Como a dengue apresenta um ciclo de transmissão de aproximadamente 21 dias, se fossem considerados intervalos de tempo menores, provavelmente, não seria possível a detecção de anomalias.

Os fatores responsáveis para epidemias periódicas em uma área não são bem compreendidos. Eles são, provavelmente, uma combinação do aumento da circulação de vírus em pessoas

entre países e regiões, do nível de imunidade de grupo, de sorotipos do vírus específicos em populações humanas, e de alterações genéticas nos vírus circulantes ou introduzidos que lhes dão maior potencial de epidemia.¹⁴

Os achados deste estudo demonstraram que a maior parte dos casos importados de dengue nos períodos epidêmicos, em Araraquara, teve sua origem no próprio estado de São Paulo, principalmente em cidades que são consideradas pólos regionais de turismo, como os municípios litorâneos da Baixada Santista. No entanto, também há uma grande contribuição dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia como local de infecção dos casos importados.

Conforme afirmam Wichmann e Jelinek¹⁵, os viajantes servem como importantes vetores do vírus da dengue, porque podem introduzir cepas de vírus mais virulentas (subtipos) em áreas onde apenas doença leve tem sido observada antes.

Em Araraquara, observou-se redução no número de casos importados ao longo da série estudada, passando de 85% em 1999 para 0,67% em 2008. No entanto, novos estudos com foco específico na relação entre casos importados e casos autóctones são necessários, com o intuito de investigar se, a exemplo dos achados de¹⁶, os casos importados de dengue também têm sido responsáveis pelo início de casos locais em Araraquara.

Marzochi¹⁷, afirma que um instrumento essencial de vigilância no período endêmico, seriam inquéritos sorotípicos amostrais, utilizando a rede de saúde. Infelizmente, o sistema de vigilância local não dispõe desta informação de modo preciso, pois os inquéritos sorotípicos não constituem um programa do Ministério da Saúde do Brasil.

A grande relevância dos casos importados de dengue, reforça a necessidade de reprogramação das ações de vigilância epidemiológica no município, que poderia incorporar a orientação da população no tocante à observação dos sintomas associados à dengue, principalmente quando seus munícipes viajam para outras áreas do país e do estado nas quais a doença é endêmica.

Para Tauil¹⁸, é praticamente impossível impedir a entrada de pessoas infectadas, em fase de transmissibilidade da doença, em áreas com a presença do vetor. Os meios atuais de transporte são muito rápidos e frequentes, e podem deslocar indivíduos portadores do vírus de locais distantes, rapidamente.

A adoção de medidas que detectem os casos importados de modo rápido e eficiente, poderia minimizar os prejuízos à saúde da população e possivelmente impedir a instauração de epidemias de dengue no município. Vários países têm adotado estratégias para o rastreamento de possíveis infectados entre os viajantes que retornam de áreas onde a dengue é endêmica.^{19, 20}

Segundo a Secretaria Estadual de Saúde, em boletim publicado em maio de 2011, com a entrada do vírus tipo 4 no estado de São Paulo, no ano de 2011, é possível que ocorra um aumento no número de casos com complicações. Neste sentido, é fundamental que a vigilância epidemiológica do município esteja preparada para diagnosticar e detectar rapidamente o início das epidemias e ter ciência de quais vírus estão, de fato, circulando. Como Araraquara está passando por períodos epidêmicos sucessivos, é provável que a gravidade da doença aumente, assim como o número de complicações, como foi registrado na epidemia de 2011, na qual duas pessoas morreram devido a complicações da dengue.

Nas epidemias, ocorre alteração do padrão habitual da doença. As notificações de casos de dengue ocorreram em todas as faixas etárias, sendo a faixa etária de 20 a 49 anos a mais acometida (tabela 4). Geralmente, esta faixa etária concentra adultos trabalhadores, que possuem maior possibilidade de deslocamento, em diversas regiões do município de residência, ou a outros, por conta de suas atividades, ficando mais expostos ao vetor em vários ambientes.

Diferentemente do Sudeste Asiático, onde a dengue é uma doença predominantemente infantil, no Brasil, até 2006, a incidência da febre de dengue e de dengue hemorrágica era muito mais elevada em adultos^{21, 22, 23}. Por outro lado, na epidemia de 2008, verificou-se um aumento da incidência em menores de 10 anos. Segundo 24, esse deslocamento de faixa etária já vinha ocorrendo de forma menos visível nos internamentos por dengue ocorridos no ano de 2007, para o país como um todo.

Na epidemia de 2008, houve, também, um alto número de casos na faixa etária acima de 50 anos, que, em termos relativos, concentrou 24% dos casos, valores bem mais elevados que os registrados nas duas primeiras epidemias, em Araraquara, de 1999 e 2001.

A frequência dos casos por faixa etária pode estar associada à exposição aos 3 tipos de vírus, ao longo do tempo, e da susceptibilidade e imunidade adquiridas. Esses fatores podem influenciar o comportamento da doença nos próximos anos, no município de Araraquara.

A introdução, no estado de São Paulo, do sorotipo DENV 1 se deu em 1987, o DENV 2 em 1997 e o sorotipo DENV 3 em 2002. Neste mesmo ano a vigilância epidemiológica confirmou a circulação simultânea dos três sorotipos. No mês de abril de 2011, no Estado de São Paulo, foi isolado o vírus dengue 4. A circulação do sorotipo DENV 4, no estado, poderá acarretar

aumento de transmissão, tendo em vista o alto número de suscetíveis na população, além da possibilidade do aparecimento de casos graves em função a circulação prévia dos 3 outros sorotipos 1, 2 e 3 ²⁴.

Apesar de não existirem informações fidedignas no município, quanto aos sorotipos responsáveis pelas epidemias identificadas neste estudo, os resultados podem indicar a existência de mais de um sorotipo circulando. De acordo com ²⁵, após a introdução de um dado sorotipo do vírus da dengue em determinado local, segue-se uma explosão epidêmica, com altas taxas de incidência .

A maior percentagem de casos em indivíduos do gênero feminino nos anos epidêmicos, em Araraquara, foi concordante parcialmente com ²⁶ e ²⁷.

Os resultados deste estudo demonstraram a relevância dos casos importados de dengue no município de Araraquara, e mudanças importantes ocorridas no perfil epidemiológico da dengue no município, no que diz respeito às faixas etárias mais acometidas e ao gênero dos indivíduos. Eles reforçam a necessidade de ações de combate à dengue também nas escolas, no ambiente de trabalho e nos pontos de chegada e saída de pessoas no município, tais como rodoviárias e terminais locais de ônibus.

Além disso, seria de extrema importância que exames fossem realizados e gerenciados pela vigilância epidemiológica do município, como uma das ações prioritárias para conhecimento da dinâmica de transmissão da dengue. Considerando que, a partir de 2011, a Secretaria Estadual da Saúde passou a equipar os municípios para a realização de exames de identificação dos sorotipos, esta ação é viável. No entanto, a divulgação e compartilhamento destas informações com a sociedade são necessários.

Atualmente, o Ministério preconiza a realização de sorotipagem somente em pequenos números, que podem não representar todos os sorotipos circulantes no município. Uma vez que não há uma amostragem sistemática, nos períodos epidêmicos, a sorotipagem não é obrigatória. Este fator dificulta a realização de análises epidemiológicas detalhadas que poderiam aumentar a eficácia de ações de vigilância.

As explicações para o surgimento das epidemias em Araraquara são complexas, principalmente porque envolvem a entrada de muitos casos importados, que podem introduzir no município tipos de vírus diferentes do que já circularam, e para os quais provavelmente a maior parte da população já tenha adquirido imunidade.

Os resultados deste estudo parecem indicar que dinâmica de transmissão das doenças infecciosas vetoriais no contexto urbano, constitui mais do que um problema local, pois envolve os fluxos e fixos presentes nas paisagens urbanas.

A dinâmica de transmissão da dengue em Araraquara não poderá ser interrompida somente com ações locais. Esforços intersetoriais capazes de envolver todos os municípios do país, nos quais a dengue é endêmica, são fundamentais. Estudos em outras localidades são necessários para verificação dos padrões de transmissão de dengue em cidades do mundo tropical de uma forma mais abrangente.

Limitações do estudo

O método para detecção das epidemias ocorridas, de 1998 a 2008, foi adaptado do método dos limites históricos descrito por Hutwagner et al.¹, esta adaptação pode ter reduzido a sensibilidade e especificidade do método, devido a ausência de dados de incidência de dengue

anteriores a este período. Outra limitação importante do estudo diz respeito à ausência de informações quanto aos sorotipos responsáveis pelas epidemias no município de Araraquara. Por fim, como foram utilizados somente os casos notificados e confirmados de dengue junto ao SINAN, possivelmente os resultados são subestimados.

Referências

1. Hutwagner L, Thompson W, Seeman GM, Treadwell T. The bioterrorism preparedness and response Early Aberration Reporting System (EARS). J Urban Health. 2003 Jun;80(2 Suppl 1):i89-96.
2. Chansang, C. & KITTAYAPONG, P. Application of Mosquito Sampling Count and Geospatial Methods to Improve Dengue Vector Surveillance. Am. J. Trop. Med. Hyg., 77(5), 2007, pp. 897–902
3. Deubel, V.; Murgue, B. Dengue in . Encyclopedia of arthropod –transmitted Infections of Man and Domesticated Animals. CABI. New York. 2001.
4. Costa, A. I. P.; Natal, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. Rev Saúde Pública1998; 32:232-6.
5. Guha-Sapir, D. Schimmer, B. Dengue fever: new paradigms for a changing epidemiology Emerging Themes in Epidemiology 2005, 2:1.
6. Kittayapong P, Yoksan, Chansang U, Chansang C, Bhumiratana A. Suppression of dengue transmission by application of integrated vector control strategies at sero-positive GIS-based foci. Am J Trop Med Hyg. 2008 Jan;78(1):70-6.
7. Brasil. Ministério da Saúde. SAS. Departamento de Atenção Básica. Vigilância em Saúde: Dengue, Esquistossomose, Hanseníase, Malária, Tracoma e Tuberculose / Ministério da Saúde,

Secretaria de Atenção a Saúde, Departamento de Atenção Básica . - 2. ed. rev. - Brasília : Ministério da Saúde, 2008. 195 p.

8. Centro de Vigilância Epidemiológica. Boletim Epidemiológico Paulista. CVE-SES-SP. 2008

9. Teixeira MG, Costa MCN, Barreto ML, Mota E. Dengue e febre hemorrágica do dengue no Brasil: que tipo de pesquisas a sua tendência, vigilância e experiências de controle indicam ser necessárias? Cad Saúde Pública, 2005; 21:1307-15.

10. Ferreira J B, Souza MFM, Soares Filho AM, Carvalho AA. Evolução histórica dos programas de prevenção e controle da dengue no Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, 14(3):961-972, 2009.

11. Barreto ML, Teixeira MG, Bastos FI, Ximenes RA, Barata RB, Rodrigues LC. Successes and failures in the control of infectious diseases in Brazil: social and environmental context, policies, interventions, and research needs. Lancet. 2011 28;377(9780):1877-89.

12. Degallier N, Favier C, Boulanger JP and Menkes C. Imported and autochthonous cases in the dynamics of dengue epidemics in Brazil. Rev. Saúde Pública [online]. 2009, vol.43, n.1, pp. 1-7. ISSN 0034-8910.

13. Hutwagner L, Browne T, Seeman G and Fleischauer A. 2005 .Comparing aberration detection methods with simulated data. Emerging Infectious Diseases, 11(2):314–316.

14. Wilder-Smith A, Duane J, Gubler AD. Geographic Expansion of Dengue: The Impact of International Travel. Med Clin N Am 92 (2008) 1377–1390 doi:10.1016/j.mcna.2008.07.002

15. Wichmann O and Jelinek T. (2004), Dengue in Travelers: a Review. Journal of Travel Medicine, 11: 161–170. doi: 10.2310/7060.2004.18503

16. Shang CS Fang CT, Liu CM, Wen TH, Tsai KH, et al. (2010) The Role of Imported Cases and Favorable Meteorological Conditions in the Onset of Dengue Epidemics. PLoS Negl Trop Dis 4(8): e775. doi:10.1371/journal.pntd.0000775

17. Marzochi KBF. Dengue endêmico: o desafio das estratégias de vigilância. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 2004;37(5):413-415.

18. Taui PL. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 18: 867-871, 2002.
19. Teixeira MG, Barreto ML, Guerra Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. *Inf. Epidemiol. Sus* [online]. 1999, vol.8, n.4, pp. 5-33. ISSN 0104-1673.
20. Shu PY, Chien LJ, Chang SF, Su CL, Kuo YC, Liao TL, et al. Fever screening at airports and imported dengue. *Emerg Infect Dis* 2005;11:460–2.
21. Barreto, M.L. & Teixeira, MG. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estud. av.* [online]. 2008, vol.22, n.64, pp. 53-72.
22. Halstead SB. Dengue in the Americas and Southeast Asia: do they differ? *Revista Panamericana Salud Publica*, V.20, N.6, P.407-15, 2006.
23. Siqueira-JR., J. B. et al. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever, Brazil, 1981–2002. *Emerging Infectious Diseases*, v.11, n.1, p.48-53, 2005.
24. Teixeira MG, Costa MC, Coelho G, Barreto ML. Recent shift in age pattern of dengue hemorrhagic fever, Brazil. *Emerg Infect Dis*. 2008 Oct;14(10):1663. PubMed PMID: 18826842; PubMed Central PMCID: PMC260986
25. Barreto FR et al. Spread pattern of the first dengue epidemics in the City of Salvador, Brazil. *BMC Public Health*, v.8, n.1, p.51e, 2008.
26. Vasconcelos PFC. Epidemia de febre clássica de dengue causada pelo sorotipo 2 em Araguaína, Tocantins, Brasil. *Rev Inst Med Trop São Paulo*. 1993;35:141-8.
27. Ribeiro AF, Marques GRAM, Voltolini JC, Condino MLF. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Rev Saúde Pública* 2006; 40:671-676.

4.8 Manuscrito 3 - Social and environmental factors related to dengue fever incidence in urban tropical areas

Artigo inédito submetido para publicação.

Social and environmental factors related to dengue fever incidence in urban tropical areas

Authors

de Oliveira, Maria Aparecida¹; Ribeiro, Helena¹

¹Department of Environmental Health, School of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Email: mariaoliveira@usp.br; [lena@usp.br](mailto:lana@usp.br)

Address:

Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental

Av. Dr. Arnaldo, 715, CEP 01246-904

São Paulo, Brasil

Keywords

Word count

ABSTRACT

We examined urban social and environmental factors associated with the incidence of dengue in 2 epidemics that occurred in 2001 and 2008 in a medium-size tropical city, Araraquara, located within the state of São Paulo in **southeast** Brazil. Despite good social and economic conditions, Araraquara has presented severe dengue epidemics in the last decade. We conducted a longitudinal study, which evaluated data on the incidence of dengue reported in the National Information System for Notifiable Diseases in all epidemiological weeks of 2001 and 2008 in the city. The urban social and environmental variables were extracted from census, satellite images, and georeferenced data layers of the built environment. To investigate the independent effect of urban social and environmental variables on the occurrence of dengue cases in the census tracts of Araraquara, we used multivariate analysis models for longitudinal data using generalised estimating equations. The results confirm seasonal patterns and suggest a strong effect of urban social and environmental variables that combine meteorological elements, epidemiology, and built environment as risk factors for occurrence of dengue that varies with time and location.

Keywords: Dengue; tropical city, urban environment, social determinants, Geographic Information Systems

INTRODUCTION

Among the infectious diseases that affect populations in urban areas, dengue occupies a prominent place and is currently a serious public health problem. Dengue fever epidemics are responsible for millions of cases and thousands of deaths worldwide.[1]

An estimated 2.5 billion people live in areas at risk of dengue transmission in more than 100 endemic countries, and more than 50 million infections occur annually: records stand at 500,000 cases of dengue haemorrhagic fever (DHF) and 22,000 deaths, mostly among children.[2] The overall prevalence of this disease has increased dramatically in recent decades, threatening people living in urban, peri-urban, and rural areas in tropical and subtropical regions.[3]

Dengue fever is caused by a flavivirus with 4 known serotypes: DEN-1, DEN-2, DEN-3, and DEN-4. It is characterised as acute febrile illness with a clinical spectrum ranging from nonspecific febrile frames to severe manifestations with haemorrhage and shock: DHF and dengue shock syndrome (DSS). DHF occurs in 2–4% of individuals reinfected. Tropical and subtropical countries have been hardest hit because of their environmental, climatic, and social positions.[4,5]

According to Cifuentes,[6] the distribution of dengue is associated with a complexity of factors, including climatic variables, socioeconomics, demographics, and immunologic diseases.

One of the main problems faced in dengue control is insufficient knowledge about risk factors and their associations.[7] Barreto et al.[8] claim that public policies

to control dengue fever in Brazil would not succeed and need to incorporate new technologies.

Few studies on the incidence of dengue incorporate social and environmental data to analyse factors associated with its occurrence.[9-12] Although there are many similarities between urban areas worldwide, there are also important particularities that should be investigated in order to consider the socio-environmental context of each locality, especially in analyses of infectious diseases such as dengue.

The incorporation of urban social and environmental variables in investigations of the factors involved in dengue transmission dynamics may include individual and group characteristics, such as place of residence and socio-environmental characteristics. For Diez-Roux,[13] these factors are modifiers of the effects of environment on the health status of individuals.

This study aimed to investigate the main urban socio-environmental factors associated with the incidence of dengue in Araraquara City, São Paulo, Brazil, in 2 epidemics: the first serious epidemic, recorded in 2001, and the second-largest epidemic in 2008.

The 2001 epidemic was the first major dengue epidemic ever recorded in Araraquara since 1995 (the year in which the first case in the city occurred). This study found that the second-largest outbreak of dengue in Araraquara was in 2008.

Araraquara was selected for this study because, despite enjoying good social and economic conditions, it has recorded the occurrence of several dengue epidemics in the last decade. In addition, the Special Health Service of Araraquara (SESA) of the School of Public Health of the University of São Paulo (USP) offers detailed and reliable epidemiological data.

The city is located in the northwestern state of São Paulo, approximately 300 km from the state capital. According to Miranda et al.,[14] the climate in this area is classified as the Koppen Aw type, characterised as tropical wet, with dry winters and average temperatures in the coldest month above 18°C.

According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE),[15] Araraquara is a medium-sized municipality, and the regional capital is classified as type C, a category that included 182,471 persons in 2000, with an urbanisation rate of 95.1%. The municipality spans 1008.6 km² and the population density is 180.4 inhabitants/km². [15]

To study the socio-environmental factors associated with the incidence of dengue, we evaluated the urban social and environmental variables, which included meteorological variables, geomorphology, use and land cover, and socioeconomic

variables. The census tract was the unit of spatial analysis and unit of time, comprising a period of 4 epidemiological weeks (13 periods in each year).

Population estimates were prepared by the IBGE and available from the Brazilian Health Ministry's information system DATASUS. We chose to use imported and indigenous cases to perform the analysis, since the inclusion of indigenous and imported cases is essential for modelling the dynamics of an epidemic.[16]

Dengue cases

This study considered all dengue cases that were laboratory confirmed and recorded in 2001 and 2008 in the National Information System for Notifiable Diseases (SINAN), which is an information system of the Ministry of Health of Brazil. This system tracks all reported cases of dengue by municipality. In Araraquara, these data are organised by the SESA, which is linked to the School of Public Health of the USP. The cases were confirmed by laboratory tests, virus isolation and detection of antigen and/or viral nucleic acid, and detection of anti-dengue antibodies was done by immunoenzymatic capture of IgM (MAC-ELISA) as recommended by the Brazilian Ministry of Health.[17]

All notified cases were georeferenced using a geographic information system (GIS) and a georeferenced street map. Subsequently, the layers of information of confirmed dengue cases in 2001 and 2008 were added according to the epidemiological week and census tract in which they were located. With this procedure, information on the number of cases varied spatially and temporally.

Urban social and environmental variables

Meteorological data were collected by an automated Davis Instruments weather station owned by Farm Rancho Rey; latitude -21.0 44' 40" S, longitude -48.0 44' 25" W, at an altitude of 625 m. The GroWeather system was used for configuration and data management from the station.

The original format of the database contains information collected daily, with 30-min intervals. Initially, all daily data were aggregated in epidemiological weeks for univariate analysis and selection of variables associated with the incidence of dengue. Thereafter, data for the epidemiological weeks were aggregated into groups of 4 weeks for multivariate analysis. We generated lags of all the weather variables of 4, 8, or 12 weeks (Lag 1, 2, and 3) to consider the disease cycle.

The variables use and land cover were extracted from ASTER satellite sensor images. We selected 2 images, one for 2001 and another in 2007. Identification of urban areas with or without vegetation was made using the vegetation index (NDVI) bands 2 and 1 as proposed by Rouse et al.[18] Two maps, one for each epidemic year, were generated with the use of land in the urban areas of Araraquara. To extract information from this census tract, maps for spatial analyses were created through the GIS. Thus, 4 new columns detailing the total area covered by vegetation in the census area (m^2) and the total urbanised area (m^2) in 2001 and 2007 were included in the census database. All ASTER sensor pictures, located in 2008 with the NASA Warehouse

Inventory Search Tool (WIST), had high cloud cover and were inadequate for extraction of information on use and land cover. Thus, we used a picture from 2007.

Information relating to minimum and maximum altitude and amplitude of the landforms were obtained from an ASTER digital terrain model a global digital elevation model with 30-m resolution. Hypsometry images were entered into the ArcMap system to extract the median altitude values in each census tract.

The hydrographic information layer was obtained from the Araraquara Municipality website. Originally, it was in AutoCAD format, but was converted to a GIS entry. Information layers of public parks and railways were obtained from the Araraquara Municipality website and the cemetery information layer was obtained with Google Earth. These information layers were used to calculate distances of urban census tracts to public equipment with operations of spatial analysis undertaken in a GIS.

With the exception of use and land cover, which have 2 measures in time, one in 2001 and another in 2007, the social and environmental variables did not vary temporally. The variable distance to the cases of the first epidemiological week varied in both periods, and demographic variables had the same values for the entire study period (epidemiological week group) because the source was the 2000 census.

Spatial analysis

Among the main operations that were carried out in a GIS, we highlighted the georeferencing of all dengue cases reported and confirmed in 2001 and 2008, aggregation of cases at the census tract level, calculations of distances used for model analysis, and testing of spatial autocorrelation, which was confirmed by Moran's Global Index.[19] We used a Queen contiguity criterion (first order) array of neighbourhood to calculate Moran's Global Index.

Statistical analysis

We used multivariate longitudinal data via generalised estimating equations (GEE) to investigate the independent effect of urban social and environmental variables on the occurrence of dengue cases in the Araraquara census tract throughout the 2001 and 2008 models. This model permits evaluation of the effect of independent variables on the occurrence of dengue cases in repeated measurements studies, considering that there is no independence between data measured in the same census tract throughout the study period, i.e. adjusting for the effect of clustering in time units. Initially, models were considered for analysis with the Poisson distribution due to the nature of the outcome (count), but we used the negative binomial frequency distribution as an alternative to model data with extra-Poisson dispersion,[20] improving the model fit.

We tested different models for 2001 and 2008. The first step of the modelling process was a univariate analysis for the selection of variables to be included in the multivariate model. We used the Spearman correlation coefficient (ρ) to verify the association of social and environmental variables with the number of dengue cases identified in each period by census tract. For the meteorological variables, the unit of analysis was a group of 4 epidemiological weeks; we verified the association between meteorological variables, including the lag variables generated, and used the occurrence of cases in each week during 2001 and 2008, separately, as dependent variables. For social and environmental variables, the unit of analysis was the census tract, and we verified the association between the variables and the incidence of cases in 2001 and 2008. At this stage, we selected all variables with $p < 0.20$ and that showed no co-linearity. In the event of co-linearity, we selected the variables with the highest Spearman coefficient value for inclusion in the multivariable model.

Monthly income of head of household remained the only model for adjustment, as there was no association between the average income of the household head and cases of dengue.

We used the backward procedure for the analysis using GEE models, including all selected variables in the univariate model and removing all variables with $p > 0.05$ in the Wald test in successive steps. We tested the interactions between the variables in the model, which resulted in loss of adjustment; therefore, the terms were not included in the final models. We used the quasi-likelihood–based information criterion

(QIC) developed by Pan [21] to select the most parsimonious model, adopting $\Delta QIC > 2$ to consider the best fit.

Statistical analyses were performed with SPSS (v.16). GeoDa software was used for spatial analysis and ArcMap to compile the variables with distances. Terraview 3.3 software was used to geocode dengue cases. ENVI 4.0 software was used to process the satellite images.

RESULTS

Table 1 lists the variables included in the analyses, the unit of urban census tracts, and presents the results of univariate analysis of association between the studied factors and the incidence of dengue in 2001 and 2008.

Table 1. Characteristics of the variables investigated in all urban census tracts in Araraquara City and association with the number of cases in 2001 and 2008.

	Mean	SD	Min	Max	2001		2008	
					Spearman's		Spearman's	
					Rho	<i>p</i>	Rho	<i>p</i>
Landforms								
Minimum (meters) altitude	459.4	74.7	0	520.0	-0.119	0.051	-0.042	0.498
Maximum altitude (meters)	601.2	77.9	0	643.0	-0.119	0.051	-0.042	0.498
Amplitude of landforms (meters)	22.6	3.4	0	24.0	0.143	0.019	0.104	0.089
Use and land cover								
Urban area in 2001 (km ²)	0.2	0.2	0	1.7	0.161	0.008	-	-
Vegetal cover area in 2001 (km ²)	0.1	0.4	0	3.5	-0.015	0.812	-	-
Urban area in 2007 (km ²)	0.2	0.2	0	2.2	-	-	0.493	<0.001
Vegetal cover area in 2007 (km ²)	0.1	0.4	0	3.5	-	-	0.218	<0.001
Distances								

Distance to the nearest park (km)	0.4	0.2	0	1.0	-0.058	0.347	-0.125	0.041
Distance to the trail line (km)	0.4	0.3	0	1.0	-0.024	0.697	-0.139	0.023
Distance to the cases of the first epidemiological week in 2001 (km)	0.4	0.2	0.2	10.6	-0.114	0.062	-	-
Distance to the case of the first epidemiological week in 2008 (km)	5.05	2.1	0.2	10.3	-	-	-0.132	0.030
Distance to the nearest river, lake, or lagoon (km)	0.4	0.3	2.1	993.1	-0.027	0.655	-0.080	0.190
Distance to the nearest cemetery (km)	0.5	0.2	1.7	999.1	-0.009	0.883	-0.080	0.189
Demographic variables								
Number of households	195	76	26	793	0.201	0.001	0.296	<0.001
Average income of the household head (R\$)	1068.3	674.8	0	4674.8	0.271	<0.001	0.073	0.231
Average years of education of the household head	7.4	2.3	0	13.1	0.224	<0.001	-0.040	0.511
Percentage of households without water supply	1.0	8.1	0	97.9	-0.060	0.284	0.183	0.003
Percentage of households with up to 5 residents	90.1	15.6	0	100.0	0.200	0.001	-0.073	0.234
Percentage of households with more than 5 residents	6.6	3.9	0	19.5	-0.176	0.004	0.210	0.001
Percentage of households with 10 or more residents	0.5	0.8	0	4.0	-0.090	0.139	0.174	0.004
Percentage of household-type houses	87.1	27.0	0	100.0	0.001	0.985	0.120	0.049

The different behaviour of the spatial distribution of the incidence in 2001 and 2008 can be observed (Figure 2). The municipality had 269 census tracts in urban areas in 2000.

Figure 3. Standard meteorological variables in 2001 and 2008 according to epidemiologicalweek.
Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

In the correlation analysis between the number of dengue cases in census tracts and meteorological variables, there were important differences between the effect of variables in the very week of event occurrence and the effect of variables with different lags (Table 2).

Table 2. Analysis of correlation between the number of dengue cases in Araraquara and meteorological variables, including variables lag 1–3, in 2001 and 2008.

	Mean	DP	Min	Max	2001		2008	
					Spearman's Rho	<i>p</i>	Spearman's Rho	<i>p</i>
Average temperature	21.04	2.64	14.14	24.75	0.179	0.224	0.101	0.500
Lag 1	21.08	2.69	14.14	24.75	0.556	<0.001	0.412	0.004
Lag 2	21.00	2.57	14.14	24.75	0.743	<0.001	0.569	<0.001
Lag 3	21.14	2.86	14.14	26.29	0.551	<0.001	0.664	<0.001
Minimum temperature	28.65	2.62	21.29	33.50	0.209	0.153	0.327	0.025
Lag 1	28.70	2.68	21.29	33.50	0.577	<0.001	0.624	<0.001
Lag 2	28.57	2.60	21.29	33.50	0.781	<0.001	0.716	<0.001
Lag 3	28.84	2.94	21.29	35.29	0.688	<0.001	0.712	<0.001
Maximum temperature	15.30	3.37	8.14	19.71	0.261	0.073	-0.065	0.664
Lag 1	15.28	3.39	8.14	19.71	0.512	<0.001	0.181	0.222
Lag 2	15.30	3.29	8.14	19.71	0.514	<0.001	0.206	0.161
Lag 3	15.35	3.46	8.14	19.71	0.340	0.021	0.311	0.033
Thermal amplitude	13.35	2.48	8.86	19.14	0.003	0.986	-0.434	0.002
Lag 1	13.41	2.45	9.00	19.14	-0.184	0.221	-0.607	<0.001
Lag 2	13.26	2.41	9.00	19.14	-0.421	0.003	-0.598	<0.001
Lag 3	13.49	2.36	9.00	19.14	-0.628	<0.001	-0.514	<0.001
Rain fall	17.08	21.86	0.00	109.00	0.156	0.289	0.396	0.006
Lag 1	18.27	26.48	0.00	140.00	0.272	0.067	0.586	<0.001
Lag 2	18.44	26.65	0.00	140.00	0.472	0.001	0.607	<0.001
Lag 3	17.96	26.02	0.00	140.00	0.572	<0.001	0.515	<0.001
Humidity	77.74	8.16	55.57	89.00	0.293	0.043	0.596	<0.001
Lag 1	77.33	8.01	55.57	89.00	0.262	0.079	0.612	<0.001
Lag 2	77.59	8.09	55.57	89.00	0.415	0.004	0.419	0.003
Lag 3	76.66	8.78	55.57	89.00	0.452	0.002	0.198	0.181
Wind flow	3.42	1.30	0.50	6.43	-0.452	0.001	-0.201	0.176
Lag 1	3.44	1.29	0.50	6.43	-0.258	0.083	-0.019	0.898

Lag 2	3.49	1.28	0.50	6.43	-0.163	0.274	0.281	0.055
Lag 3	3.52	1.30	0.50	6.43	-0.113	0.456	0.366	0.011

Elaboração: Maria Aparecida de Oliveira.

With the exception of moisture, wind, and thermal amplitude, which demonstrated strong correlation with the number of cases in the week, other weather variables demonstrated higher correlation when we considered the earlier periods (lags). The average, maximum, and minimum temperatures were more strongly correlated with the number of dengue cases in lag 2, i.e. 8 weeks prior (Table 2).

The results of multiple regression analysis for 2001 and 2008 exhibited some similarities but also important differences in the correlation between social and environmental variables investigated in this study (Table 3). The template for 2001 indicated that each 1°C increase in a lag corresponded to a 72% increase in the expected number of dengue fever cases. The normal wind flow appeared to have the opposite effect when considered in the week of occurrence (no lag). There was a 75% reduction in the incidence of dengue with every 1 km/h increase in wind flow (Table 3).

Table 3. Multivariate model for repeated measures (GEE) of cases of dengue fever in Araraquara in 4 epidemiological weeks in 2001 and 2008.

	β	EP	p	Exp(B)	Exp(B) IC95%
2001					
Minimum temperature (°C) Lag 1	0.541	0.077	<0.001	1.718	1.476–2.000
Wind flow (km/h)	-1.395	0.239	<0.001	0.248	0.155–0.396
Distance to the case of the first epidemiological week in 2001 (km)	-0.217	0.056	<0.001	0.805	0.721–0.899
Number of households	0.004	0.001	0.001	1.004	1.002–1.007
Percentage of households with 10 or more residents	-0.450	0.175	0.010	0.637	0.452–0.899
Average income of the household head (R\$)	0.000	0.000	0.884	1.000	1.000–1.000
QIC	819				
2008					
Rainfall (mm) Lag 2	0.011	0.002	<0.001	1.011	1.008–1.015
Wind flow (km/h) Lag 3	-2.260	0.190	<0.001	0.104	0.072–0.152
Humidity (%) Lag 1	0.085	0.035	0.017	1.088	1.015–1.166
Thermal amplitude (°C)	-1.101	0.111	<0.001	0.332	0.267–0.413
Distance to the nearest park (km)	-0.651	0.266	0.014	0.522	0.310–0.879
Distance to the case of the first epidemiological week in 2008 (km)	-0.089	0.033	0.006	0.915	0.858–0.975
Urban area (km ²)	0.650	0.240	0.007	1.916	1.197–3.068
Percentage of households with more than 5 residents	0.055	0.018	0.003	1.056	1.019–1.094
Percentage of households without water supply	0.010	0.004	0.030	1.010	1.001–1.019
Percentage of household-type houses	0.012	0.003	<0.001	1.012	1.006–1.019
Total number of households	0.003	0.001	<0.001	1.003	1.001–1.005
Average income of the household head (R\$)	0.000	0.001	0.141	1.000	1.000–1.000
QIC	1385				

In 2001, the variable total number of households was significantly associated with dengue cases, but the effect was of low magnitude. There was a 0.4% increase in cases for every 100 or more households in a census tract. The opposite was observed in the number of households with more than 10 residents, for which there was a negative association with the number of cases, i.e. the increase of one household in a census tract that comprised more than 10 residents meant that there was a 36% reduction in the incidence of dengue in that census tract (Table 3).

In the 2008 epidemic, 1-mm increase of rain 8 weeks earlier (lag 2) caused a 1% increase in the incidence of dengue in the census tract. In 2008, more cases were recorded for each unit increase of moisture in lag 1. Regarding wind flow, the lower the flow velocity in 3 weeks' lag, the higher the incidence of cases. The effect of temperature variation was negative. For each degree of increase in amplitude, there was a 70% reduction in the incidence of dengue.

Each mile reduction in distance between the census tract and a public square in the 2008 epidemic was associated to a 48% increase in the incidence of dengue in the same tract. Moreover, every kilometre closer to confirmed cases of dengue in the first epidemiological week corresponded to a 10% increase in the incidence of dengue in the census tract.

In 2008, every 1-km² increase in urbanised areas in each census tract was associated to an increase of 92% in the incidence of dengue.

The percentage of households with more than 5 residents had a significant but weak positive effect. The 1% increase in the percentage of households not connected

to a water network was associated to a 1% increase in incidence. The same was observed with the variable number of household-type houses (instead of apartments) and the total number of households.

DISCUSSION

Although the meteorological variables exhibited greater association strengths in the 2 epidemics, other social and environmental variables appear to play an important role in the behaviour of dengue in Araraquara, since the effect of these variables was different in the 2 epidemics.

In the 2001 epidemic, we observed a lesser effect of social and environmental variables associated with urban infrastructure and a greater effect of meteorological variables and epidemiology.

In the 2008 epidemic, there was greater participation of social and environmental variables associated with the urban built environment, such as parks, access to water supply, and urban areas.

Considering the lags in the 2 models, the contribution of meteorological variables is important and can be associated with the vector's reproductive cycle. The wind flow in the 2 models can be associated with the vector's reproductive capacity, flight, and expertise in disease transmission to humans. Similar results were found by Ribeiro et al.,[5] Lowe et al.,[20] Ferreira,[22] and Liu [23].

In 2008, there was a positive association between the percentage of households without water supply and the incidence of dengue in the census tract. In

many studies, both in Brazil and in Asian countries, it is a variable associated with dengue. The need to store drinking water in bottles and containers in proximity to inadequate housing creates the ideal environment for the *Aedes aegypti* reproduction cycle.[24,25]

Another possible explanation for the variation of the disease in relation to the predictor variables in the 2 epidemics can be related to different serotypes circulating in the municipality.

According to the SESA, the serotype identified in the 2001 Araraquara epidemic was DENV-2, and that of the 2008 epidemic was DENV-3. While the population that was affected by dengue in 2001 has remained in the same census tract in 2008, and only the DENV-2 serotype had circulated so far, it is assumed that all census tracts were susceptible in the 2008 epidemic, whether or not there had been a previous infection. Thus, the contribution of social and environmental variables can be greater than that of epidemiological variables because there is existing group immunity.

In line with the findings of Vasquez-Prokopec et al.,[26] an association was observed between the distance of the census tract and the cases of the first epidemiological week in both epidemics. However, there was an important difference in the average distance of the first cases of the epidemiological weeks in the 2 years studied, being 0.4 km in 2001 and 5 km in 2008, i.e. the 2008 epidemic had greater spread than that of 2001.

Moran's Global Index for the 2001 epidemic data was 0.2719 ($p = 0.001$), indicating strong spatial autocorrelation. In 2008, the index value was 0.1248 ($p =$

0.001), which indicates spatial autocorrelation, but weaker than that in 2001. Figure 3 illustrates the spatial distribution of the variable incidence of dengue according to the census tract in 2001 and 2008.

Figure 3 Spatial distribution of the incidence of dengue according to the census tract in 2001 and 2008.

Although the variables related to the vectors were not evaluated due to inconsistency of the available data, we can infer that there were vectors circulating in the entire period, since there was an increased incidence along the epidemiological weeks in 2001 and 2008. For Morrison et al.,[27] the magnitude of vector density in the epidemic is not as important, since it requires only 10–20 female *Ae. aegypti* per household and 1 or 2 of them to be vectors for the transmission process to be successful. Regarding use and land cover, the final multivariate model for 2008 showed that the extent of urban areas in the census tract was strongly associated with a higher incidence of cases. The same was reported by Little et al.,[28] who highlighted the importance of structure and composition of the landscape as a predictor of dengue transmission risk. Barclay [29] believed that urbanisation is an important factor to explain the spread of dengue in the Americas.

In the 2 epidemic models, the presence of the variable distance of the reported cases in the first week may indicate the importance of joint action between entomological and epidemiological surveillance in the fight against dengue.

There are a few possible explanations for the association between the variable distance from public parks and dengue incidence in 2008. One is that they are places with heavy human traffic and in which there are objects that can serve as vector breeding sites, for example, improperly collected waste combined with a large number of people, especially during the day, which is the preferential period of activity of *Ae. aegypti*. According to Reiter et al.,[30] overcrowding and high household densities have been associated with dengue. Accordingly, in large epidemics without proper

prevention activity, public parks can be important points of transmission where the characteristics appropriate to maintaining the disease cycle gather.

According to Cunha et al.,[31] the association between the percentage of houses and the incidence of dengue fever can occur because there is a greater likelihood of containers that accumulate stagnant water and movement of people at home, conditions conducive to disease transmission. In a study conducted in Recife, northeastern Brazil, Braga et al.,[32] found that living in an apartment presented a protective effect against dengue and associated it with the reduced need for water storage in containers, since the majority of buildings, i.e. apartments in Recife, have private water posts. In this sense, the association between living in a house or in an apartment and incidence of dengue can be explained by vector biology. The total number of households appears to be important, not only for vector breeding, but also as an indicator of the intensity of disease transmission rate. Possibly, the largest number of households favours an increased chance of disease transmission due to the increased availability of sites for maintenance and strengthening of the cycle.

The number of households with more than 10 residents had a protective effect on the 2001 epidemic, indicating that it was not associated with low-income census tracts. In 2001, the average income of household heads in these sectors was R\$ 822.1 (approximately US\$ 457) and that in the remaining census tracts was R\$ 1,185.95 (approximately US\$ 658). The change in urban socio-environmental characteristics in relation to the areas with the highest incidence of dengue fever may also be associated with the degree of landscape change. According to Table 2, there were reduced areas

of vegetation in the city. These areas had given way to urban sprawl, as seen in Table

1. These results are consistent with the findings of Hu et al.[33] and Patz et al.[34]

According to the World Health Organisation,[35] urban growth is particularly problematic in areas favourable for the dengue vector, because *Ae. aegypti* is highly anthropophilic and adapted to urban environments.

In the 2001–2008 period, Araraquara lost significant areas of vegetation to urban expansion. Generally, there is housing in urban expansion areas. Although there are no slums in Araraquara, we can infer that there were poor households and households with no access to water supply according to the 2000 census based on socioeconomic characteristics. In some sectors, there are up to 97 households without access to water supply, and improper water storage facilitates vector proliferation.

The seasonality of the disease has been well documented, but the differences between the years studied may indicate the effect of both climate change and of urbanisation. It is possible that there is an association between 2 variables, depending on the temporal and spatial scales.

The results obtained in this study differ from those by Teixeira et al.,[23] Costa and Natal,[36] and Almeida et al.[37] These authors found an association between income, education, and incidence of dengue. In this study, the results suggest that social and environmental variables have an effect on the incidence of dengue, but this effect varies in time and space and is independent of income. Other authors have highlighted the contribution of other social and environmental factors to the occurrence of dengue.[38-40] A study by Reiter et al.[30] concluded that low

dengue prevalence in the United States is principally linked to economic rather than climatic factors.

The different temporal and spatial scales used by different data sources or by the differential socio-urban localities studied can explain the differences in different studies' findings.

The results of this study should be interpreted considering the limitations of the incidence data, as Rigau-Perez [41] warned, and there might be bias caused by underreporting. The lack of information and little detail of entomological use classes and land cover adopted in this study may have hindered the identification of other possible social and environmental factors associated with the incidence of dengue in Araraquara.

However, our results confirm the seasonal patterns observed in previous studies and suggest an important effect of the urban social and environmental variables that combine meteorological variables, epidemiology, and built environment as risk factors for the occurrence of dengue.

The results indicate the importance of the urban socio-environmental factors considered in the study for the control and combat of dengue fever in tropical urban areas, suggesting the need to develop integrative approaches to understand the dynamics of dengue transmission. It is important to consider the application of the methodology in other social and ecological contexts to confirm the results in other areas.

According to our results, activities recommended by the Ministry of Health [17]

may be promising, including increasing educational activities providing detailed and updated information regarding the number of cases registered in a neighbourhood, and the evolution of the epidemic and surveillance in public spaces such as public squares, buses, local bus terminals, clubs, and other places that witness population movement.

Periodic verification of population dense areas in the city recently also appears to be a good strategy that could be linked to entomological and epidemiological surveillance measures currently recommended by the national plan to combat dengue.

The fact that different urban social and environmental variables contributed differently in the 2 epidemics in Araraquara may indicate that changes in the urban landscape in temporal and spatial scales of detail have influenced the epidemiology of dengue.

The results also indicate the need for further research on usage patterns and coverage of urban land as a risk factor for dengue.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Engenheiro Joaquim Dragone and Fazenda Rancho Rey for providing the meteorological data, the Special Health Service System of Araraquara of School of Public Health of São Paulo University, for providing the epidemiological data and the CAPES Foundation for PDEE and Doctoral scholarship by Maria Aparecida de Oliveira (BEX3016/10-2).

REFERENCES

Macintyre, S., Maclver, S., Sooman, A., 1993. Area, class and health: should we be focusing on places or people? *Journal of Social Policy* 22, 213-234.

Anselin, L., 1995. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis* 27, 93-115.

Cunha, M.C.M., Caiaffa, W.T., Oliveira, C.L., et al., 2008. Fatores associados à infecção pelo vírus da dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 17, 217-230.

Almeida, M.C.M., Caiaffa, W.T., Assunção, R.M., Proietti, F.A., 2007. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. *Journal of Urban Health* 84, 334-345.

Barclay, E., 2008. Is climate change affecting dengue in the Americas? *Lancet* 371, 973-974.

Braga, C., Luna, C.F., Martelli, C.M., de Souza, W.V., Cordeiro, M.T., Alexander, N., Albuquerque, M. F., Júnior J.C., Marques, E.T., 2010. Seroprevalence and risk factors

for dengue infection in socio-economically distinct areas of Recife, Brazil. *Acta Tropica* 113, 234-240.

Barreto, M.L., Teixeira, M.G., Bastos, F.I., Ximenes, R.A., Barata, R.B., Rodrigues, L.C., 2011. Successes and failures in the control of infectious diseases in Brazil: social and environmental context, policies, interventions, and research needs. *Lancet* 28, 1877-1889.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2009. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue. Brasília. Série A. Normas e Manuais Técnicos. ISBN 978-85-334-1602-4.

Chansang, C., Kittayapong, P., 2007. Application of Mosquito Sampling Count and Geospatial Methods to Improve Dengue Vector Surveillance. *American Journal Tropical Medicine Hygiene*, 77, 897–902.

Cifuentes, E., 2007. Factores ambientales que determinan la aparición de brotes y la persistencia del dengue en Morelos. *Salud Pública de México* 49,114-116.

Chiang, C.Y., Liu, S.J., Tsai, J.P., Li, Y.S., Chen, M.Y., Liu H.H., Chong, P., Leng, C.H., Chen H.W., 2011. A novel single-dose dengue subunit vaccine induces memory immune responses. *PLoS One* 6, 8.

Costa, A.I.P., Natal, D., 1998. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. *Revista de Saúde Pública* 32, 232-236.

Diez-Roux, A.V., 2001. Investigating neighborhood and area effects on health. *American Journal of Public Health* 91, 1783–1789.

Degallier, N., Favier, C., Boulanger, J.P., Menkes, C., 2009. Imported and autochthonous cases in the dynamics of dengue epidemics in Brazil. *Revista de Saúde Pública* 43, 1-7.

Gubler, D.J., 2006. dengue haemorrhagic fever: history and current status. *Novartis Foundation Symposium* 277, 3-16, discussion 16-22, 71-73, 251-253.

Guha-Sapir, D., Schimmer, B., 2005. Dengue fever: new paradigms for a changing epidemiology. *Emerging Themes in Epidemiology* 2, 1.

Guzmán, M.G., Kourí, G., 2002. Dengue: an update. *Lancet Infectious Diseases* 2, 33-42.

Guzman, M.G., Kouri, G., Valdes, L., Bravo, J., Alvarez, M., et al., 1997. Epidemiologic studies on Dengue in Santiago de Cuba. *American Journal of Epidemiology* 152,793–799.

Hu, W., Clements, W.G., Tong, S., 2011. Spatial analysis of notified dengue fever infections. *Epidemiology and Infection* 139, 391-399.

IBGE.2007. Regiões de influência das cidades 2007. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ISBN 978-85-240-4038-2

Kittayapong, P., Yoksan, S., Chansang, U., Chansang, C., Bhumiratana, A., 2008. Suppression of dengue transmission by application of integrated vector control strategies at sero-positive GIS-based foci. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene* 78, 70-76.

Lian, C.W., Seng, M.C.H., Chai, W.Y., 2006. Spatial, environmental and entomological risk factors analysis on a rural dengue outbreak in Lundu District in Sarawak, Malaysia. *Tropical Biomedicine* 23, 85–96.

Little, E., Barrera, R., Seto, K.C., et al., 2011. Co-occurrence Patterns of the Dengue Vector *Aedes aegypti* and *Aedes mediovittatus*, a Dengue Competent Mosquito in Puerto Rico. *Ecohealth*, 12.

Lowe, R., Bailey, T.C., Stephenson, D.B., et al., 2011. Spatio-temporal modelling of climate sensitive disease risk: towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers & Geosciences* 37,371-81.

Miranda, M. J. et al., 2011. Clima dos municípios Paulistas. Instituto Agronômico de Campinas, 2010. Consultado o 12 Fevereiro 2011. <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>

Morrison, A.C., Getis, A., Santiago, M., 1997. Exploratory space-time analysis of reported dengue cases during an outbreak in Florida, Puerto Rico, 1991–1992. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 57, 119-125.

Mulligan, K., Elliott, S.J., Schuster-Wallace, C., 2012. The place of health and the health of place: Dengue fever and urban governance in Putrajaya, Malaysia. <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthplace.2012.01.001>

Nagao, Y., Svasti, P., Tawatsin, A. et al. , 2008. Geographical structure of dengue transmission and its determinants in Thailand. *Epidemiology Infectious* 136, 843–851.

Pan, W., 2001. Akaike's Information Criterion in Generalized Estimating Equations. *Biometrics* 57, 120-125.

Patz, J.A., Daszak, P., Tabor, G.M., et al., 2004. Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environmental Health Perspectives* 112, 1092–1098.

Reiter, P., Lathrop S, Bunning M. et al., 2003. Texas lifestyle limits transmission of dengue virus. *Emerging Infectious Diseases* 9,86–89.

Ribeiro, A., Marques, G.R. AM, Voltolinill, J.C. et al., 2006. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Revista de Saúde Pública* 40, 671-676.

Rigau-Pérez, J.G., 2006. Severe dengue: the need for new case definitions. *Lancet Infectious Disease* 6, 297-302.

Rotela, C., Fouque, F., Lamfri, M., et al., 2007. Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. *Acta Trop* 103, 1-13.

Rouse, J. W., Jr., H. R. Haas, D. W. Deering, J. A. Schell, and J. C. Harlan, 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC Type III Final Report.

Teixeira, M.G., Costa, M.C.N., Barreto, M.L., et al., 2005. Dengue e febre hemorrágica da dengue no Brasil: que tipo de pesquisas a sua tendência, vigilância e experiências de controle indicam ser necessárias? *Cadernos de Saúde Pública* 21,1307-1315.

Teixeira, T.R., Medronho R. A., 2008. Indicadores sócio-demográficos e a epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 24 2160-2170.

Troyo, A., Fuller, D.O., Calderón-Arguedas, O., Solano, M.E., Beier, J.C., 2009. Urban structure and dengue fever in Puntarenas, Costa Rica. *Singapura Journal of Tropical Geography* 1, 265-282.

Vanwambeke, S.O., Benthem, B.H., Khantikul, N., et al., 2006. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. *International Journal of Health Geographics* 18, 5-5.

Vanwambeke, S.O., Lambin, E.F., Eichhorn, M.P., Flasse, S.P., Harbach, R.E., Oskam, L., et al., 2007. Impact of landuse change on dengue and malaria in Northern Thailand. *EcoHealth* 4, 37–51.

Vazquez-Prokopec, G.M., Kitron, U., Montgomery, B., Horne, P., Ritchie, S.A., 2010. Quantifying the spatial dimension of dengue virus epidemic spread within a tropical urban environment. *PLoS Neglected Tropical Disease*, 21,4-12.

World Health Organization, 2008. Dengue Strategic Plan for The Asia–Pacific Region 2008–2015. www.wpro.who.int/internet/resources.../Dengue+Strategic+Plan.pdf (accessed 02-06-11).

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo devem ser interpretados considerando-se as limitações dos dados de incidência utilizados, a ausência de informação entomológica e o reduzido número das classes de uso e cobertura do solo adotados. No entanto, os resultados obtidos podem contribuir para o desenvolvimento de novas abordagens no estudo da dengue e no planejamento de políticas públicas de vigilância.

Esse trabalho avaliou os fatores socioambientais urbanos associados à incidência de dengue no município de Araraquara, durante o período de 1998 a 2008. A pesquisa investigou as hipóteses de que incidência de dengue possui um padrão espaço-temporal de distribuição e que esta distribuição está associada aos fatores socioambientais urbanos, que incorporam variáveis do ambiente construído, físico e socioeconômico, independente dos fatores meteorológicos.

Os resultados da pesquisa comprovaram as hipóteses e indicaram a complexidade dos fatores associados à incidência de dengue no município de Araraquara, que envolve fatores socioambientais urbanos, que se manifestam em diferentes escalas espaciais e temporais, impondo diferentes desafios analíticos para o planejamento de políticas públicas de enfrentamento desse grave problema de saúde urbana.

A análise das características epidemiológicas da dengue no período de 1998 a 2008 no município de Araraquara permitiu a identificação de quatro epidemias, que apresentaram padrões diferenciados de distribuição espaço temporal, como também alterações nas faixas etárias acometidas pela doença ao longo da série temporal analisada.

A integração das informações socioambientais urbanas com os dados de incidência de dengue, por meio do uso de sistemas de informações geográficas, possibilitou o desenvolvimento de análises integradas de variáveis epidemiológicas, do meio ambiente construído e do meio físico. Estas análises integradas foram

fundamentais para investigação simultânea, dos fatores sociambientais urbanos associados à ocorrência de dengue e a sua variação espaço temporal.

O uso dos setores censitários, como escala espacial de análise da incidência de dengue, mostrou-se adequado para identificação da existência de agrupamentos com diferentes padrões de distribuição espaço-temporal de casos de dengue no nível intra-urbano. Foi possível a identificação de áreas de maior risco de dengue no município que variou espacialmente em praticamente todos os anos analisados. A adoção da semana epidemiológica como unidade temporal, mostrou-se adequada para captar as oscilações meteorológicas fundamentais para compreensão das variações observadas nas taxas de incidência ao longo da série analisada. A análise dos dados agregados em unidades temporais maiores, tais como os meses ou anos, dificultam o entendimento do processo de difusão espacial da doença. Nesse sentido, a adoção de ferramentas de análise espaço temporal em tempo real para vigilância epidemiológica da dengue no nível intra-urbano, parece ser um caminho promissor para o enfrentamento da doença, devido a natureza dinâmica envolvida no seu processo de difusão. A detecção de epidemias de modo precoce pode auxiliar no bloqueio do espalhamento da doença.

A verificação periódica de áreas recentemente adensadas no município também parece ser uma boa estratégia de ação que poderia ser aliada às medidas de vigilância entomológica e epidemiológica atualmente recomendadas pelo plano nacional de combate a dengue.

O fato de que diferentes variáveis socioambientais urbanas tenham contribuído de modo diferenciado, nas epidemias de dengue de 2001 e 2008 em Araraquara, podem indicar que as mudanças na paisagem urbana em escalas temporais e espaciais de detalhe têm influenciado a epidemiologia da dengue.

De acordo com os resultados do estudo, pode ser promissora a realização das atividades preconizadas pelo ministério da saúde (BRASIL 2009), juntamente com o aumento das ações educativas, fornecendo informação atualizada e detalhada quanto aos números de casos registrados na sua vizinhança e evolução da epidemia e de

vigilância nos espaços públicos tais como: praças públicas, rodoviárias, terminais locais de ônibus, clubes entre outros locais propícios à circulação da população.

Os resultados apontam também para a necessidade de investigação mais aprofundada sobre os padrões de uso e cobertura do solo urbano como fator de risco a dengue.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, C.E.C. Dengue, uma abordagem geossistêmica. In Augusto, L.G.S; Carneiro, R.M.; Martins, P.H. Orgs. Abordagem Ecosystemica em Saúde. Ensaio para o controle da dengue. Recife; Ed. Universitária UFPE; 2005. 382 p.
- ALBERT, D; GESLER, WM; LEVERGOOD, B. Spatial Analysis, GIS, and Remote Sensing. Applications in the Health Sciences. Ed. Ann Arbor Press. Chelsea. 2001.
- ALMEIDA, M.C.M.; CAIAFFA, W.T.; ASSUNÇÃO, R.M.; PROIETTI, F.A. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. *J Urb Health* 2007; 84: 334-45.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association— LISA. *Geogr Anal* 1995; 27:91-115.
- ARAUJO, J.R.; FERREIRA, E.F.; ABREU, M.H.; NOGUEIRA, G. Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da dengue no Brasil. *Rev. bras. epidemiol.* [online]. 2008, vol.11, n.4, pp. 696-708.

ARON, J.L. & PATZ, J. A. (EDS). Ecosystem change and Public Health. A global perspective. BALTIMORE, MD: JOHNS HOPKINS UNIVERSITY PRESS, 2001, PP. 526.

AUGUSTO, L.G.S; CARNEIRO, R.M.; MARTINS, P.H. Orgs. Abordagem Ecológica em Saúde. Ensaios para o controle da dengue. Recife; Ed. Universitária UFPE; 2005. 382 p.

AVILÉS, W.; ORTEGA, O.; KUAN, G.; COLOMA, J.; Harris, E. Quantitative Assessment of the Benefits of Specific Information Technologies Applied to Clinical Studies in Developing Countries. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 78(2), 2008, pp. 311–315.

BARATA, E.A.M.F.; COSTA, A.I.P.; CHIARAVALLOTTI NETO, F.; GLASSER, G.M.; BARATA, J.M.; NATAL, D. População de *Aedes aegypti* (L.) em área endêmica de dengue, Sudeste do Brasil. *Rev Saúde Pública* 2001; 35: 237-42.

BARCELLOS, C.; PUSTAI, A.K.; WEBER, M.A.; BRITO, M.R. [Identification of places with potential transmission of dengue fever in Porto Alegre using Geographical Information Systems]. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2005 May-Jun;38(3):246-50.

BARCELLOS, C. Detección de conglomerados espaciales de casos: La Geografía frente a una nube de puntos. In: G. Buzai. Buenos Aires. 2007.

BARCLAY, E. Is climate change affecting dengue in the Americas?
www.thelancet.com Vol 371 March 22, 2008.

BARRETO, F.R.; TEIXEIRA, M.G.; COSTA, M.C.N.; CARVALHO, M.S.; BARRETO, M.L.
Spread pattern of the first dengue epidemic in the city of Salvador, Brazil.
BMC Public Health 2008, 8:51.

BARRETO, M.L. & Teixeira, MG. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e
contribuições para uma agenda de pesquisa. Estudos Avançados 2008; 22:53-
77.

BELL, N.; SCHUURMAN, N.; HAYES M.V. Using GIS-based methods of multicriteria
analysis to construct socio-economic deprivation indices Int J Health Geogr.
2007.

BOOTS, B.N.; GETIS, A. Point Pattern Analysis. Newbury Park, Sage Publications; 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde do Brasil. Informe Epidemiológico do SUS, v.8, n.4, p.5-
33, 1999.

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.

BRIGGS, D.J. Mapping environmental exposure. In Geographical & Environmental Epidemiology. Methods for Small Area Studies. Ed. By P. Elliot. Oxford Medical publications. Great Britain.1996.

CAIAFFA, W.T.; et al. Saúde urbana: "a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora". Ciênc. saúde coletiva [online]. 2008, vol. 13, no. 6, pp. 1785-1796.

CAMARA, F.P. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 2007, v. 40, n. 2, pp. 192-196.

CARVALHO, M.S.; SOUZA-SANTOS R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2005.

CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. Boletim Epidemiológico Paulista. CVE-SES-SP. 2008

- CESSE, E.; FREESE, E. A categoria espaço na análise epidemiológica. In AUGUSTO, L. G. S; CARNEIRO, R. M.; MARTINS, P. H. Orgs. Abordagem Ecológica em Saúde. Ensaio para o controle da dengue. Recife; Ed. Universitária UFPE; 2005. 382 p.
- CHANSANG, C. & KITTAYAPONG, P. Application of Mosquito Sampling Count and Geospatial Methods to Improve Dengue Vector Surveillance. Am. J. Trop. Med. Hyg., 77(5), 2007, pp. 897–902
- CHIARAVALLOTTI-NETO, F.; COSTA, A.I.P.; MOURA, M.A.S.; SOARES, M.R.D.; PEREIRA, F.C.; BATTIGAGLIA, M., et al. Avaliação de ações municipais de combate a vetores da dengue na região de São José do Rio Preto, São Paulo, 1989 a 1995. 1999; 32: 357-362.
- COSTA, A.I.P.; NATAL, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. Rev Saúde Pública 1998; 32:232-6.
- COX, J.; GRILLET, M.E.; RAMOS, O.M., AMADOR, M., BARRERA R. Habitat Segregation of dengue vectors along an urban environmental gradient. Am J Trop Med Hyg. 2007 May;76(5):820-6.

CUNHA, M.C.M.; CAIAFFA, W.T.; OLIVEIRA, C.L. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. Epidemiol. Serv. Saúde, set. 2008, vol.17, no.3, p.217-230.

CUZICK, J.; ELLIOTT, P. Small-area studies: purpose and methods . in Geographical & Environmental Epidemiology. Methods for Small Área Studies. 1996. Ed. By P. Elliot. Oxford Medical publications. Great Britain.

DIEZ, ROUX A.V. Investigating neighborhood and area effects on health. Am J Public Health 91, 1783–1789. 2001.

ELLIOTT, P.; SAVITZ, D. Design Issues in Small-Area Studies of Environment and Health Environmental Health Perspectives, 116,8 .2008

ELLIOTT, P.; BRIGGS, D.; MORRIS, S.; HOUGH, C.; HURT, C.; KOLD, J.T., et al. Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. Br Med J. 2001;323:363–368.

ELLIOT, P.; WAKEFIELD, J.; BEST, N.; BRIGGS D. Spatial Epidemiology. Methods and applications. Oxford University press. New York. 2006.

FORATTINI, O.P. Culicidologia médica: identificação, biologia e epidemiologia. São Paulo: Edusp; 2002. v. 2.

FRUMKIN, H.; FRANK, L.; JACKSON, R. Urban Sprawl and Public Health. Designing, Planning, and Building For Healthy Communities. Island Press. Washington,DC, 2004.

GALEA, S.; VLAHOV, D. Urban health: evidence, challenges, and directions. *Annu Rev PublicHealth*. 2005;26:341–365.

GALLI, B. E.; CHIARAVALLOTI-NETO, F. Modelo de risco tempo-espacial para identificação de áreas de risco para ocorrência de dengue. *Rev. Saúde Pública* [online]. 2008, vol. 42, no. 4, pp. 656-663. ISSN 0034-8910.

GLASSER, C.M.; GOMES, A.C. Infestação do estado de São Paulo por *Aedes Aegypti* e *Aedes Albopictus*. *Ver. Saúde Publica* 2000; 34(6): 570-577.

GLASSER, C.M.; GOMES, A.C. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo *Rev Saúde Pública* 2002;36(2):166-72

GOMES, A. C.; SILVA, N.N.; BERNAL, R.; LEANDRO, A.S.; CAMARGO, N.J.; SILVA, A.M.; FERREIRA, A.C.; OGURA, L.C.; OLIVEIRA, S.J.; MOURA, S.,M. Especificidade da armadilha Adultrap para capturar fêmeas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 40(2):216-219, mar-abr, 2007

GOMES, A. C. . Dinâmica vetorial e suas implicações para a vigilância entomológica do dengue. In: Lia Giraldo da Silva Augusto; Rosa maria Carneiro; Paulo Henrique Martins. (Org.). Abordagem Ecológica em Saúde Ensaio para o Controle do Dengue. Recife: Universitaria UFPE, 2005, p. 147-166.

GUBLER, D.J. (2006). Dengue/dengue haemorrhagic fever: history and current status. Novartis Found. Symp. 277, 3–16; discussion 16–22, 71–13, 251–253.

GUHA-SAPIR, D.; SCHIMMER, B. Dengue fever: new paradigms for a changing epidemiology Emerging Themes in Epidemiology 2005, 2:1.

GURGEL, R.Q.; DIAS, I.M.O.; FRANÇA, V.L.A.; CASTAÑEDA, D.F.N. Distribuição espacial do baixo peso ao nascer em Sergipe, Brasil, 1995/1998 Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 21(5):1329-1337, set-out, 2005.

GUZMÁN M.G.; KOURÍ, G. Dengue: an update. Lancet. Infect Dis 2002;2(1):33-42.

HALSTEAD, S. B. Dengue in the Americas and Southeast Asia: do they differ? Revista Panamericana Salud Publica, v.20, n.6, p.407-15, 2006.

IBGE, 2008. Regiões de influencia das cidades 2007. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro 2008. ISBN 978-85-240-4039-9

IBGE, 2000. Censo Demográfico 2000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
<http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 27/05/ 2008.

IBGE, 2011. Censo Demográfico 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
<http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 12/11 2011.

LAGROTTA, M. T. F.; SILVA, W. C. AND SOUZA-SANTOS, R. Identification of key areas for Aedes aegypti control through geoprocessing in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro State, Brazil. Cad. Saúde Pública [online]. 2008, v. 24, n. 1, pp. 70-80. ISSN 0102-311X.

LARAIA, B.A; MESSER, L.; KAUFMAN, J.S.; DOLE, N.; CAUGHY, M.; O'CAMPO P.; SAVITZ, D.A. Direct observation of neighborhood attributes in an urban area of the US south: characterizing the social context of pregnancy Int J Health Geogr. 2006; 5: 11.

LAWSON A.B. Statistical Methods in Spatial Epidemiology. New York. John Wiley, 2001.

LIAN, C. W.; SENG, M. C., H. ; CHAI, W. Y. Spatial, environmental and entomological risk factors analysis on a rural dengue outbreak in Lundu District in Sarawak, Malaysia Tropical Biomedicine 23(1): 85–96 2006.

MAMMEN, M.P.; PIMGATE, C.; KOENRAADT, C.J.; ROTHMAN, A.L.; ALDSTADT, J.; NISALAK, A.; et al. .Spatial and Temporal Clustering of Dengue Virus Transmission in Thai Villages PLoS Med. 2008 Nov 4;5(11):e205.

MARTINELLI, M.; Clima do Estado de São Paulo, Confins,8. 2010, posto online em 14 Março 2010, Consultado o 12 Fevereiro 2011. URL : <http://confins.revues.org/6348> ; DOI : 10.4000/confins.6348

MARZOCHI, K.B.F. Dengue endêmico: o desafio das estratégias de vigilância. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 2004;37(5):413-415.

MIRANDA, M. J. et al. Clima dos municípios Paulistas. Instituto Agrônômico de Campinas, 2010. Consultado o 12 Fevereiro 2011. <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>

MOELLER, D. W. 2005. Environmental Health. Third Edition. Harvard University Press. London.

MORRISON, A.C.; GETIS, A.; SANTIAGO, M.; RIGAU-PEREZ, J.G.; REITER P. Exploratory space-time analysis of reported dengue cases during na outbreak in Florida, Puerto Rico, 1991-1992. Am J Trop Med Hyg 1998; 58:287-98.

NAKHAPAKORN, K. TRIPATHI, N. An information value based analysis of physical and climatic factors affecting dengue fever and dengue haemorrhagic fever incidence. Int J Health Geogr 2005 Jun 8;4:13.

PENNA, M.L.F. Um desafio para a saúde pública brasileira: o controle do dengue. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(1):305-309, jan-fev, 2003.

PEREIRA, M. Produtividade e habitats larvários de Aedes Aegypti em Santos, Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo. 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA , 2011.
<http://www.araraquara.sp.gov.br/Pagina/Default.aspx?IDPagina=7> acessado em 04/09/2011.

RIBEIRO, A.; MARQUES, G.R.A.M.; VOLTOLINI, J.C.; CONDINO, M.L.F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. Rev Saúde Pública 2006;40(4):671-6.

ROUSE, J.W., JR., H.R. HAAS, D.W.; DEERING, J.A. SCHELL, J. C. HARLAN. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC Type III Final Rep., 371 pp., Greenbelt, Md, 1974.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2009. Perfil dos Municípios Paulistas. Disponível online. Acessado em 14/08/2011.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Informe Técnico: Dengue. Centro de Vigilância Epidemiológica – Divisão de Zoonoses. Disponível em Acessado em junho de 2008.

SHANG, C.S.; FANG, C.T.; LIU, C.M.; WEN, T.H.; TSAI, K.H.; et al. The Role of Imported Cases and Favorable Meteorological Conditions in the Onset of Dengue Epidemics. PLoS Negl Trop Dis. 2010; 4(8).

SHEPARD, D.S.; COUDEVILLE, L.L. HALASA, Y.A.; ZAMBRANO, B.; DAYAN, G.H. Economic impact of dengue illness in the Americas. Am J Trop Med Hyg. 2011 ;84(2):200-7.

- SIQUEIRA-MACIEL, I.J.; BARCELLOS, C.; SOUZA, W.V.; CARVALHO, M.S.; NASCIMENTO N.E.; OLIVEIRA, R.M.; MORAIS-NETO, O.; MARTELLI, C.M.; Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil. *Public Health* 2008, 8:361
- SPIEGEL, J. M.; BONET, M.; IBARRA, A.M. ; PAGLICCIA, N.; OUELLETTE, V. AND YASSI, A. Social and environmental determinants of *Aedes aegypti* infestation in Central Havana: results of a case-control study nested in an integrated dengue surveillance programme in Cuba. *Tropical Medicine and International Health* 2007. Vol. 12 no 4 pp 503–510
- SHU, P.Y.; CHIEN, L.J.; CHANG, S.F.; SU, C.L.; KUO, Y.C.; LIAO, T.L.; et al. Fever screening at airports and imported dengue. *Emerg Infect Dis* 2005;11:460–2.
- TAUIL, P.L. Urbanização e ecologia do dengue *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(Suplemento):99-102, 2001.
- TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cad. Saúde Pública* .2002, vol. 18, no. 3, pp. 867-871.
- TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do dengue. *Informe Epidemiológico do SUS* 1999; 8(4): 5-33.

TEIXEIRA, M.G.; COSTA, M.C.N; BARRETO, M.L.; MOTA, E. Dengue e febre hemorrágica do dengue no Brasil: que tipo de pesquisas a sua tendência, vigilância e experiências de controle indicam ser necessárias? Cad Saúde Pública, 2005; 21:1307-15.

TEIXEIRA, T.R. de A.; MEDRONHO, R.A. Indicadores sócio-demográficos e a epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Cad. Saúde Pública [online]. 2008, v. 24, n. 9, pp. 2160-2170.

THAMMAPALO, S.V.; CHONGSUVIVATWONG, A. G.; DUERAVEE, M. Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. Epidemiol. Infect. (2008), 136, 135–143. Cambridge University Press.

VANWAMBEKE, S. O , BENTHEM, B. H. , KHANTIKUL, N., BURGHOORN-MAAS, C., PANART, K., OSKAM, L., ., LAMBIN, E. F., SOMBOON, P. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. Int J Health Geogr. 2006 Jan 18;5:5.

VILAÇA, P. Dengue no município de São Paulo: uma análise por geoprocessamento. Dissertação de mestrado. Faculdade de Saúde Publica. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

WILSON ME, CHEN LH. Dengue in the Americas. *Dengue Bulletin* 2002; 26:44-61.

ZHANG, X.; CHRISTOFFEL, K.K.; MASON, M.; LIU, L.. Identification of contrastive and comparable school neighborhoods for childhood obesity and physical activity research. *Int J Health Geogr.* 2006.

7. ANEXOS

Helena Ribeiro

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1B

bachelor's at Geography from Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1972), master's at Geography from University of California Berkeley (1981) and doctorate at Physical Geography from Universidade de São Paulo (1988). Has experience in Geosciences, focusing on Geographical Climatology, acting on the following subjects: environmental health. urban health, medical geography, air pollution, climate changes and environmental education.

(Texto informado pelo autor)

Última atualização do currículo em 07/02/2012

Endereço para acessar este CV:

<http://lattes.cnpq.br/8725809744497200>

**Certificado
pelo autor em
07/02/12**

[Rede de Colaboração](#)

[Diretório de grupos de pesquisa](#)

[SciELO - artigos em texto completo](#)

Dados pessoais

Nome Helena Ribeiro

Nome em citações bibliográficas RIBEIRO, H.;Ribeiro, Helena

Sexo Feminino

Endereço profissional Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental.
Av. Dr. Arnaldo, 715
Cerqueira César
01246-904 - Sao Paulo, SP - Brasil
Telefone: (11) 30667712 Ramal: 218 Fax: (11) 30667732
URL da Homepage: www.fsp.usp.br

Formação acadêmica/Titulação

- 1996** Livre-docência.
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Ilha de calor na cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde da população, *Ano de obtenção:* 1996.
Palavras-chave: poluição térmica saúde são paulo calor.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia / *Subárea:* Geografia Humana / *Especialidade:* Geografia da População.
- 1994 - 1994** Pós-Doutorado .
Académie Internationale de l'Environnement.
Bolsista do(a): Agência de cooperação Suíça .
- 1984 - 1988** Doutorado em Geografia (Geografia Física) (Conceito CAPES 5) .
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Poluição do ar e doenças respiratórias em criança da Grande São Paulo: um estudo de geografia médica, *Ano de Obtenção:* 1988.
Orientador: José Roberto Tarifa.
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ,CAPES ,Brasil .
- 1977 - 1981** Mestrado em Geografia .
University of California Berkeley.
Título: Sequent land use and environmental issues in a subtropical milieu: the case of São Simão, in the State of São paulo, Brazil, *Ano de Obtenção:* 1981.
Orientador: Hilgard O'Reilly Sternberg.
Palavras-chave: agricultura sustentável; Cobertura Vegetal; Degradação Ambiental.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia / *Subárea:* Geografia Humana.
- 1969 - 1972** Graduação em Geografia .
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC/SP, Brasil.

Formação complementar

- 1965 - 1972** língua, civilização e literatura francesas. (Carga horária: 700h).
Université de Lorraine.

Atuação profissional

Maria Aparecida de Oliveira

É bacharel e mestre em Geografia pela Universidade de São Paulo. Foi pesquisadora do CEPID-FAPESP Centro de Estudos da Metrópole - Cebrap, consultora UNESCO e OPAS atuando no Ministério da Saúde, na área e Análise de Situação em Saúde Ambiental. Atualmente é aluna do programa de Pós graduação em Saúde Ambiental, nível doutorado, da Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto, Análise Espacial e Saúde Ambiental.

(Texto informado pelo autor)

Última atualização do currículo em 09/11/2011

Endereço para acessar este CV:

<http://lattes.cnpq.br/9059121800910296>

Certificado
pelo autor em
09/11/11

Rede de Colaboração

Diretório de grupos de pesquisa

Dados pessoais

Nome Maria Aparecida de Oliveira

Nome em citações bibliográficas OLIVEIRA, M. A.; Oliveira, Maria Aparecida

Sexo Feminino

Endereço profissional Universidade de São Paulo.
Av. Dr. Arnaldo, 715
Cerqueira César
01246-904 - Sao Paulo, SP - Brasil
URL da Homepage: www.fsp.usp.br

Formação acadêmica/Titulação

- 2008** Doutorado em andamento em Saúde Pública (Conceito CAPES 5) .
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Condicionantes socioambientais urbanos associados à ocorrência de Dengue no município de Araraquara, *Orientador:* Helena Ribeiro.
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ,CAPES ,Brasil .
Palavras-chave: geossistemas; Saúde Ambiental; MEIO AMBIENTE URBANO; Análise Espacial; Dengue.
Grande área: Ciências da Saúde / *Área:* Saúde Coletiva / *Subárea:* Saúde Pública.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia.
Setores de atividade: Saúde Humana.
- 2003 - 2006** Mestrado em Geografia (Geografia Física) (Conceito CAPES 5) .
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Análise da qualidade ambiental urbana um ensaio metodológico na bacia hidrográfica do Rio Itaquera - Zona Leste do município de São Paulo, *Ano de Obtenção:* 2006.
Orientador: Ailton Luchiani.
Palavras-chave: qualidade ambiental urbana; sensoriamento remoto; GEOPROCESSAMENTO; saúde; pobreza; geossistemas.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia / *Subárea:* Sensoriamento Remoto / *Especialidade:* Geografia Física.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia / *Subárea:* Sensoriamento Remoto / *Especialidade:* Sensoriamento Remoto.
Grande área: Ciências Humanas / *Área:* Geografia / *Subárea:* Sensoriamento Remoto / *Especialidade:* Geoprocessamento.
Setores de atividade: Planejamento e Gestão das Cidades, Inclusive Política e Planejamento Habitacional; Serviços Coletivos Prestados Pela Administração Pública Na Esfera da Segurança e Ordem Pública, Inclusive Defesa Civil.
- 1992 - 2000** Graduação em Bacharelado em Geografia .
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: Elaboração de uma base de informações geomorfológicas digital no município de Mococa - SP.
Orientador: Dra. Lylian Zulman Coltrinari.