Edna Pinto Pereira de Sousa

Influência das variáveis climáticas em casos de dengue nas cidades da Baixada Santista (sudeste do Brasil) e Cingapura (sudeste asiático)

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Programa de: Patologia

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Massad

São Paulo 2012

Edna Pinto Pereira de Sousa

Influência das variáveis climáticas em casos de dengue nas cidades da Baixada Santista (sudeste do Brasil) e Cingapura (sudeste asiático)

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Programa de: Patologia

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Massad

(Versão corrigida. Resolução CoPGr 5890, de 20 de dezembro de 2010. A versão original está disponível na Biblioteca FMUSP)

São Paulo

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Sousa, Edna Pinto Pereira de

Influência das variáveis climáticas em casos de dengue nas cidades da Baixada Santista (sudeste do Brasil) e Cingapura (sudeste asiático) / Edna Pinto Pereira de Sousa. -- São Paulo, 2012.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Patologia.

Orientador: Eduardo Massad.

Descritores: 1.Dengue 2.Temperatura mínima 3.Risco relativo 4.Precipitação

USP/FM/DBD-110/12

À minha família, em especial a minha mãe Dora e minha irmã Edvana, pelo amor, alegria e total apoio sempre...

Agradecimentos

Deus, eu te agradeço tanto...

Ao Prof. Dr. Eduardo Massad, meu grande orientador, pelo apoio, pela confiança, por acreditar na minha ciência e me ensinar a acreditar no meu potencial de maneira simples.

À Dra. Micheline de Sousa Zanotti Stagliório-Coelho, sua orientação foi fundamental no trabalho.

Aos Drs. membros da Banca Examinadora de Qualificação pelas inúmeras sugestões que foram essenciais ao trabalho.

Aos Drs. Reynaldo Ayer e Cláudio Cohen que me deram a oportunidade de trabalho no ensino de Bioética no estágio PAE.

A CAPES pelo suporte financeiro.

À Vilma, Iracene, Sandra, Rai, Angélica, Gorete, Dirce, Paula, Branca e Valtair pela ajuda a cada momento que precisei.

Aos queridos colegas da DIM: Silvia Marturano, Paulo Cesar, Márcia Perez, Clarice Pachi, Harki Tanaka, Hélio, Danilo, Marcelo Rossi, Marcela Rossi pelas boas conversas e companhia a cada momento.

À Leuda Oliver, Raquel Lima e Margarete Carraro, pela diferença que fizeram nos meus momentos delicados do doutorado.

À Madre Piedade (in memoriam) e as Pequenas Irmãs Missionárias de Maria Imaculada: Rosimeire, Evelina, Márcia, e Josefa que cuidam de mim aqui e aos poucos se tornaram as minhas mãezinhas.

À Soul Family que compartilhou boas músicas.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha vida durante estes anos crescimento científico.

"Simplesmente funciona"

Steve Jobs

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

RESUMO

SUMMARY

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Introdução
1.2 Revisão Bibliográfica6
1.3 Objetivo11
2 MATERIAIS E MÉTODOS12
2.1 Tipo e local de estudo13
2.2 Período de estudo
2.3 Dados epidemiológicos
2.4 Dados meteorológicos
2.5 Análise estatística
3 RESULTADOS: Baixada Santista32
3.1 Características climatológicas da Baixada Santista33
3.2 Comportamento da dengue
3.3 Comportamento entre os casos de dengue e as variáveis climáticas
3.4 Resultados da modelagem47
3.5 Análise dos acréscimos e riscos relativos

3.6 Probabilidades de ocorrência de novos casos de dengue 60
3.7 Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)62
4 RESULTADOS: Cingapura
4.1 Características climáticas de Cingapura66
4.2 Comportamento da dengue71
4.3 Comportamento entre os casos de dengue e as variáveis climáticas
4.4 Resultados da modelagem80
4.5 Análises dos acréscimos e riscos relativos
4.6 Probabilidades de ocorrência de novos dos casos de dengue 92
4.7 Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)93
5 DISCUSSÃO
5.1 Discussão
5.2 Baixada Santista97
5.3 Cingapura
6 CONCLUSÕES
6.1 Conclusões finais
6.2 Sugestões para trabalhos futuros
7 ANEXOS
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS124
APÊNDICES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Área em risco de dengue em nível global	7
Figura 2	2 - Localização da Baixada Santista14	4
Figura 3	s - Área total da região de Cingapura localizada no sudeste da Ásia16	6
Figura 4	- Série temporal de temperatura do ar na Baixada Santista no período de 2000 a 200735	5
Figura 5	o - Série temporal de umidade relativa do ar na Baixada Santista no período de 2000 a 200736	3
Figura 6	o - Série temporal da precipitação acumulada na Baixada Santista no período de 2000 a 2007	7
Figura 7	' - Total anual dos números de casos de dengue registrados na Baixada Santista no período de 2000 a 200738	3
Figura 8	s - Comportamento sazonal dos casos de dengue registrados na Baixada Santista no período de 2000 a 200740)
Figura 9	- Os casos registrados de dengue e a precipitação acumulada: (a) Série temporal e (b) Perfil mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007	2
Figura 1	0 - Os casos registrados de dengue e a temperatura máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007	4
Figura 1	 1 - Os casos registrados de dengue e a umidade relativa máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007	ŝ
Figura 1	2 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da TMín na Baixada Santista	5

Figura 24 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de	
ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da	
TMáx em Cingapura	37
Figura 25 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de	
ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da	
TMín em Cingapura	39
Figura 26 - (a) Acréscimo do aumento de registros de casos de dengue e	
(b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente	
da influência da Prec em Cingapura	91
Figura 27 - Probabilidades mensais de ocorrência dos novos casos de	
dengue em Cingapura no período de 2000 a 2007	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis climáticas do estudo da Baixada Santista
Tabela 2 - O total anual e as semanas com e sem registros dos números de casos de dengue na Baixada Santista no período de 2000 a 2007
Tabela 3 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e as TMín e TMáx, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)48
Tabela 4 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a Prec, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)
Tabela 5 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a URMáx e URMín, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)
Tabela 6 - Modelo de regressão de Poisson univariado ($MRPU$) com suas respectivas lags, β_0 e β_1 para as variáveis climáticas da Baixada Santista
Tabela 7 - Modelagem múltipla com as variáveis climáticas da Baixada Santista
Tabela 8 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de TMín da Baixada Santista
Tabela 9 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de TMáx da Baixada Santista
Tabela 10 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de Prec da Baixada Santista

Tabela 11 - Probabilidades de ocorrência de novos casos de dengue na Baixada Santista	60
Tabela 12 - Análise de fatores com rotação Varimax e comunalidade referentes as variáveis climáticas da Baixada Santista	63
Tabela 13 - MMRPe através dos <i>escores</i> das variáveis climáticas na Baixada Santista	64
Tabela 14 - Estatística descritiva das variáveis climáticas do estudo para Cingapura6	67
Tabela 15 - O total anual e as semanas com e sem registros dos números de casos de dengue em Cingapura no período de 2000 a 2007	
Tabela 16 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a Prec, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Cingapura)	81
Tabela 17 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e as TMáx e TMín, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Cingapura)	82
Tabela 18 - Modelo de regressão de Poisson univariado ($MRPU$) com suas respectivas lag's, β_0 e β_1 para as variáveis climáticas em Cingapura	83
Tabela 19 - Modelagem múltipla com as variáveis climáticas de Cingapura	85
Tabela 20 - Acréscimo dos casos de dengue e o risco relativo decorrente da influência da TMáx em Cingapura	86
Tabela 21 - Acréscimo dos casos de dengue e o risco relativo decorrente da influência da TMín em Cingapura	88
Tabela 22 - Acréscimo dos casos de dengue e o risco relativo decorrente da influência da Prec em Cingapura	90

Tabela 23 - Probabilidades de ocorrência de novos casos de dengue em	
Cingapura	.92
Tabela 24 - Análise de fatores com rotação Varimax e a comunalidade	
referentes às variáveis climáticas de Cingapura	.94
Tabela 25 - MMRPe através dos escores das variáveis climáticas de	
Cingapura	.95

LISTA DE ABREVIATURAS

A - Acréscimo

AC - Análise de componentes Principais

AF - Análise Fatorial

CP - Componentes Principais

DEN - Dengue

ECP - Escore da Componente Principal

MBCS - Modelo Brasileiro de Clima e Saúde

MMRP - Modelagem Múltipla de Regressão de Poisson

MMRPe - Modelagem Múltipla de Regressão de Poisson com o escore

MRP - Modelagem de Regressão de Poisson

MRPU - Modelagem de Regressão de Poisson Univariado

Prec - Precipitação

PROB - Probabilidade

RMBS - Região Metropolitana da Baixada Santista

RR - Risco Relativo

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

TMáx - Temperatura Máxima

TMín - Temperatura Mínima

URMáx - Umidade Relativa Máxima

URMín - Umidade Relativa Mínima

Influência das variáveis climáticas em casos de dengue nas cidades da Baixada Santista (sudeste do Brasil) e Cingapura (sudeste asiático)

Resumo

Neste estudo, baseado na análise de séries temporais para um período de 8 anos, correlacionou-se os casos de dengue com as variáveis climáticas das cidades da Baixada Santista (sudeste brasileiro) e de Cingapura (sudeste asiático). O estudo foi feito com o uso de um modelo de regressão de Poisson (MRP), que considera os casos de dengue como a variável dependente e as variáveis climáticas: precipitação, temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa (máxima e mínima) como as variáveis independentes. Também foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) para escolher as variáveis que influenciam no aumento do número de casos de dengue nas cidades estudadas. A CP1 (componente principal 1) foi representada pelas temperaturas (máxima e mínima) e a precipitação e a CP2 (componente principal 2) pela umidade relativa (máxima e mínima). Calculou-se o acréscimo dos novos casos de dengue e o risco relativo de ocorrência da doença por influência de cada uma das variáveis climáticas. Na Baixada Santista, os maiores valores de precipitação e temperatura ocorrem nos meses de dezembro e janeiro (verão) e o aumento dos casos de dengue ocorre nos meses de março a maio (outono). Para Cingapura, a diminuição da precipitação e o aumento da temperatura ocorrem nos meses de março a maio (pré-monção de sudeste), e, portanto, observa-se o aumento dos casos de dengue nos meses de junho a outubro (monção de sudeste). Os resultados foram: em Cingapura, para 2°C a 10°C de variação na temperatura (máxima e mínima), houve um aumento médio dos casos de dengue de 22,2% a 184,6% (máxima) e de 26,1% a 230,3% (mínima). O risco relativo médio foi de 1,2 a 2,9 e de 1,3 a 3,3, respectivamente. Para precipitação, a variação de 5mm a 55mm, houve o aumento dos casos de dengue de 5,6% a 84,1% e o risco relativo médio foi de 1,06 a 1,84. A umidade relativa após a análise de correlação foi descartada no uso do modelo de regressão de Poisson por apresentar uma correlação muito baixa com a dengue. Para a Baixada Santista, a variação da temperatura de 2ºC a 10°C apresentou um acréscimo médio nos casos de dengue de 19,6% a 154,4% (máxima) e de 18,2% a 145,5% (mínima). O risco relativo médio foi de 1,20 a 2,54 e de 1,18 a 2,45, respectivamente. A variação da precipitação de 5mm a 55mm apresentou um aumento dos casos de dengue de 3,92% a 53,10% e o risco relativo médio foi de 1,04 a 1,53. Assim, após várias análises, a temperatura mínima foi um dos preditores para ocorrência do aumento dos casos de dengue em Cingapura, sendo que há uma influência bem particular da precipitação, na qual, atua significativamente no período seco (pré-monção de sudeste). Enquanto que na Baixada Santista as influências mais significativas foram da temperatura (máxima e mínima) e da precipitação, que desenvolvem conjuntamente um bom cenário de atuação do vetor no período do outono.

Descritores: dengue, temperatura mínima, risco relativo, precipitação.

Influence of climatic variables in dengue cases in the cities of Baixada Santista (southeastern Brazil) and Singapore (Southeast Asia)

Summary

In this study, based on time series analysis for a period of eight years, correlated dengue cases with climatic variables in the cities of Santos (southeastern Brazil) and Singapore (Southeast Asia). The study was done using a Poisson regression model (PRM), which considers the cases of dengue as the dependent variable and climatic variables: precipitation, temperature (maximum and minimum) and relative humidity (maximum and minimum) as the independent variables. Also we used the Principal Component Analysis (PCA) to select the variables that influence the increase in the number of dengue cases in the cities studied. The PC1 (principal component 1) was represented by the temperatures (maximum and minimum) and precipitation and the PC2 (principal component 2) the relative humidity (maximum and minimum). We calculated the addition of new dengue cases and relative risk of disease influenced by each variable climate. In Baixada Santista, the highest values of precipitation and temperature occur in the months of December and January (summer) and the increase in dengue cases occur in the months from March to May (autumn). For Singapore, the decrease in precipitation and temperature increase occurring in the months March to May (southeast inter-monsoon) and hence there is an increase of dengue cases in the months from June to October (southeast monsoon). The results were in Singapore for 2°C to 10°C change in temperature (maximum and minimum), there was an average increase of dengue cases from 22.2% to 184.6% (maximum) and 26.1% at 230 3% (minimum). The average relative risk was 1.2 to 2.9 and 1.3 to 3.3, respectively. For precipitation, the range of 5mm to 55mm, there was an increase of dengue cases from 5.6% to 84.1% and the average relative risk was 1.06 to 1.84. The relative humidity after the correlation analysis was discarded in the use of Poisson regression model for presenting a very low correlation. For Baixada Santista, the variation of temperature of 2°C to 10°C showed an average increase in the dengue cases from 19.6% to 154.4% (maximum) and 18.2% to 145.5% (minimum). The average relative risk is 1.20 to 2.54 and 1.18 to 2.45, respectively. The variation in the precipitation of 5mm to 55mm showed an average increase in dengue cases from 3.92% to 53.10% and the average relative risk was 1.04 to 1.53. Thus, after several analyzes, the minimum temperature was one of the predictors for the occurrence of the increase of dengue cases in Singapore, and there is a very particular influence of the precipitation, in which it acts significantly in the dry season (southeast inter-monsoon). While in Baixada Santista were the most significant influences of temperature (maximum and minimum) and precipitation, which jointly develop a good field of action of the vector in the autumn.

Keywords: dengue fever, minimum temperature, relative risk, rainfall.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Dengue é um problema de ordem pública em várias regiões tropicais e subtropicais no mundo. Influenciada pelo clima, ela atinge a população de forma epidêmica e endêmica. Uma doença urbana que necessita de um ambiente ideal ao seu desenvolvimento e contenha o homem, o vírus, o vetor (o mosquito) e estrutura que possibilita manter a cadeia de transmissão (Vieira e Lima 2006). O agente etiológico causador da dengue é um *arbovírus*, cuja abreviatura vem de *arthropod-bornvírus*, é encontrado na fêmea dos mosquitos: *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*. O vírus é do gênero *Flavivírus*, pertencente à família *Flaviviridae*, com quatro sorotipos. A infecção por qualquer sorotipo confere imunidade permanente para o mesmo sorotipo e parcial temporária para os outros três (WHO, 2010).

Os sorotipos de vírus causadores da dengue são quatro e estão classificados como: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4, sendo que qualquer deles pode manifestar a forma clássica da doença ou a forma mais grave, a febre da dengue hemorrágica. Os vírus DEN-1 e DEN-2 têm cinco genótipos, o DEN-3 tem quatro e o DEN-4 possui dois genótipos. A relação das diferenças genéticas entre os vírus e a transmissão epidêmica ou a expressão da doença é incerta (Caseiro et al. 2003, Istúriz et al., 2000).

A transmissão ocorrer através da picada do mosquito infectado com o vírus passando para o hospedeiro (o homem), podendo este

desenvolver a doença ou não. Quando o infectado não desenvolve a patologia ele é denominado de doente assintomático ou portador e quem a desenvolve é chamado de sintomático (Yang 2003 e Focks et al. 1993). A doença é caracterizada por febre, dor intensa nas articulações e músculos, inflamação dos gânglios linfáticos e erupção da pele, e é transmitida pelo mosquito fêmea, também vetor da febre amarela. Na forma mais grave da doença, a dengue hemorrágica, é preocupante aos órgãos de saúde pública devido à seriedade do seu quadro clínico, pois causa hemorragia gastrintestinal e nas mucosas, podendo provocar até a morte (Gubler 1997).

A associação do Aedes aegypti com o habitat humano é estreita, ou seja, o vetor desenvolve em sua trajetória evolutiva um comportamento estritamente sinantrópico e antropofílico, sendo reconhecido como a espécie que acompanha o homem em seus deslocamentos (WHO, 2004). De alguma forma, o vetor compartilha do ambiente e dos horários de atividade com o homem para o repasto sangüíneo, o que garante a sua perpetuação. A fêmea do mosquito é hematófaga e precisa de sangue para reproduzir, uma vez com o vírus, torna-se vetor permanente da doença (Natal, 2004).

As influências climáticas estão longe de serem totalmente conhecidas, devido à complexibilidade em relacionar o homem e as variações do ambiente. Portanto, é de grande importância estudar o relacionando entre saúde e clima, pois esta é uma área preocupante quando se leva em consideração a ocorrência das mudanças climáticas (Caseiro et al. 2003, Glasser 1997). Este fato é, potencialmente, a maior ameaça à saúde mundial no século 21 (Costello et al. 2009). A WHO estima mais de

150.000 mortes com 5 milhões de DALY¹ devido a doenças afetadas por mudanças climáticas nas últimas três décadas (Patz et al. 2005). Assim, com o aumento da temperatura global, espera-se que aumente a freqüência de doenças infecciosas transmitidas por vetores (dengue, febre amarela e outras doenças virais) nas próximas décadas (Husain e Chaudhary 2008).

A prevalência global de dengue cresceu nas últimas décadas e estima-se que cerca de 2,5 bilhões de pessoas, 2/5 da população mundial, estão em risco de dengue e cerca de 100 países das Américas, Ilhas do Pacífico, África, Ásia e do Mediterrâneo têm o mosquito *Aedes aegypti* convivendo no cotidiano das pessoas (Ooi 2001, Dhang et al 2005, Ooi et al. 2006, Halstead 2008, Ooi e Gubler 2008, WHO 2010). Em 2080, cerca de 6 bilhões de pessoas estarão em risco de contrair a dengue como uma consequência da mudança climática, em comparação com 2,5 bilhões (Hales et al. 2002, IPCC 2007).

De acordo com alguns estudos epidemiológicos, as variáveis climáticas temperatura, umidade relativa do ar e precipitação são as variáveis que mais influenciaram cada etapa do o ciclo de vida dos mosquitos (Jetfen e Focks 1997, Halstead 2008, Smith e Gubler 2008, Camara et al. 2009, Johansson et al. 2009, Pinto et al. 2011). A temperatura, por exemplo, afeta a taxa de maturação e replicação do patógeno no mosquitos, na densidade do vetor em um área particular e aumenta a probabilidade de infecção (Costello et al. 2009). Esta variável impõe limites à

-

¹ DALY, The Disability-Adjusted Life Year" é uma medida da carga global da doença, expressa como o número de anos perdidos devido a problemas de saúde, deficiência ou morte prematura (Murray e Lopez 1996).

distribuição de dengue no mundo, uma vez que o *Aedes aegypti* raramente sobrevive fora da região compreendida entre 45°N e 35°S, onde as mais altas temperaturas são registradas (Camara et al. 2009). O vetor tem uma gama de condições ideais, tanto para temperatura e precipitação que influenciam cada fase do seu ciclo de vida (ovos, pupas, larva e adulto). De acordo com Donalísio e Glasser (2002), a variação de umidade relativa influência da longevidade do vetor, que pode levar a fêmea infectada *Aedes aegypti* para completar mais de um ciclo de replicação do vírus. Este resultado concorda com que o encontrado por Andrade e Dantas (2004).

O clima influencia a distribuição geográfica do vetor, mas outros fatores também determinam a sua adequação no ambiente, como por exemplo: o fluxo populacional, as condições precárias de saneamento básico, moradia inadequada, fatores culturais e educacionais proporcionam condições ecológicas favoráveis à transmissão dos vírus da dengue (Costa e Natal, 1998; Jansen e Beebe, 2010). O *Aedes aegypti* distribuí-se entre as regiões: tropical e subtropical, nas latitudes 35°N e 35°S. A distribuição está relacionada com a atividade humana e a outros fatores como topografia regional, umidade, temperatura e altitude (Gadelha e Toda 1985, Consoli e Oliveira 1994, Forattini 2002). Embora tenha sido encontrada até a latitude 45° N, sobrevive em altas latitudes no período quente. A distribuição obedece a um padrão de sazonalidade que coincidi com o período do ano chuvoso, com temperatura e umidade relativa elevadas, propiciando à proliferação do vetor (Vieira e Lima 2006, BRASIL 1996).

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1 Influência das variáveis climáticas

O termo doenças tropicais é designado para conceituar as doenças que tem a sua maior incidência nos trópicos, em razão de estarem intimamente relacionadas com as variáveis climáticas e as condições políticas, econômicas e socioambientais.

Ferreira (2003), afirma que o termo de "doenças tropicais" ainda é muito controverso, pois diferentes critérios vêm sendo utilizados para definir o que são doenças tropicais. As três vertentes de definição das doenças tropicais baseiam-se: 1) na valorização dos aspectos ambientais, como as variáveis climáticas (temperatura e umidade); 2) correlaciona às condições de subdesenvolvimento e 3) relaciona os dois critérios valorizando os aspectos regionais. Muitas doenças têm ocorrência sazonal, o que está atrelado, principalmente, às condições climáticas (Pitton e Domingos, 2004).

A dengue é uma doença tropical e subtropical, mas prolifera mais em países tropicais em razão do clima quente e úmido; por isso, nesses países há uma maior necessidade de estudo de prevenção desta epidemia. As condições socioambientais destes países também são favoráveis à proliferação do vetor transmissor da dengue.

Estudos têm provado que o clima tem uma influência significante na distribuição do mosquito da dengue no mundo (Figura 1).

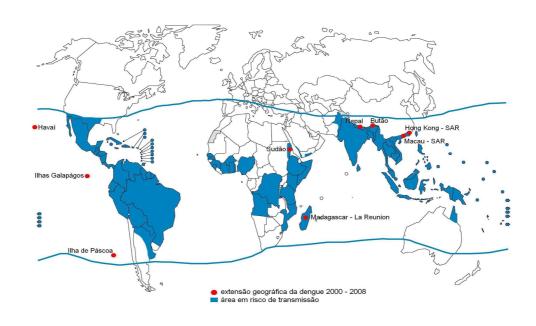


Figura 1 - Área em risco de dengue em nível global. (Fonte: WHO, 2008)

Um dos aspectos mais importantes no estudo das relações entre clima e saúde humana diz respeito à análise da vulnerabilidade socioambiental da população. A aplicação do conceito de vulnerabilidade é fundamental para o mapeamento das populações sob maior risco de serem atingidas e, conseqüentemente, com as tomadas de decisões de medidas para adaptação ou proteção da população contra os efeitos deletérios do clima na saúde (Confalonieri 2008). Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de criar alternativas plausíveis de estudos para o entendimento do que acontecerá com a população caso doenças infecciosas sejam influenciadas pelas mudanças climáticas.

Para Schreiber (2001), um bom entendimento das relações entre o clima e a dengue é importante tanto para facilitar a análise dos potenciais impactos que as mudanças climáticas podem causa na evolução da dengue, como também por poder contribuir para a elaboração de políticas públicas de prevenção da doença, nas áreas.

Em particular, a temperatura afeta a taxa de multiplicação de insetos. A sazonalidade é uma componente chave do clima e no verão em várias regiões temperadas apresentam temperaturas tão elevadas quanto às das regiões tropicais, mas a grande diferença, que contribui para o aumento da atividade dos vetores nas regiões tropicais é o fato dessas últimas não terem invernos frios (Reiter, 2001).

A dinâmica de transmissão das doenças tropicais é fortemente influenciada pelas variáveis climáticas. A temperatura, precipitação e umidade relativa são de essencial importância para o estudo das influências do clima em doenças tropicais. Variáveis importantes como o vento, radiação de ondas longas e nebulosidade atuam de forma significativa e devem ter as suas influências consideradas no processo de atuação da doença (Reiter, 2001).

O aumento rápido da temperatura pode diminuir o período de incubação extrínseca e diminuir o tempo entre uma refeição e outra do mosquito aumentando a capacidade de transmissão da dengue. Períodos mais curtos de incubação extrínseca resultarão em maior proporção de mosquitos infectantes, aumentando a eficiência da transmissão (Schreiber, 2001).

Segundo Rueda et al. (1990) as temperaturas mais elevadas podem resultar em mosquitos adultos com menor tamanho corporal. Por outro lado, nessas situações, fêmeas adultas, buscam um maior número de refeições, aumentando a taxa de repasto (Macdonald, 1958).

As taxas máximas de sobrevivência do mosquito foram identificadas na faixa de temperatura entre 20°C a 30°C (Rueda et al., 1990). Segundo modelos, temperaturas superiores a 40°C reduzem a expectativa de vida do *Aedes aegypti*, compensando o aumento da taxa de repasto e propagação do vírus, reduzindo uma potencial epidemia (Patz et al., 1998). No entanto, temperaturas acima de 30°C podem ter um impacto pequeno sobre o *Aedes aegypti*, uma vez que o mosquito pode reduzir a sua atividade diurna, se refugiando em locais onde as temperaturas sejam mais amenas, dentro das residências (Schreiber, 2001).

A precipitação e a temperatura podem interagir para produzir padrões sazonais na incidência de dengue. A maioria das áreas endêmicas do mundo mostra um acentuado aumento na incidência da doença após períodos mais úmidos e mais quentes.

Segundo Schultz (1993), a incidência de dengue em Manila, na República das Filipinas, aumentou cerca de dois meses após o início do período mais quente e úmido, que naquela região asiática tem início em junho e vai até setembro, período durante o qual a população de *Aedes aegypti* aumentou. Especulações sobre o impacto do aquecimento global sobre a saúde humana freqüentemente incide sobre doenças transmitidas por mosquitos.

Modelos simples sugerem que o aumento global da temperatura pode aumentar as taxas de transmissão dessas doenças e alargar os seus limites geográficos. No entanto, históricos de três doenças transmitidas por mosquitos (malária, febre amarela e dengue) revelam que o clima raramente tem sido o principal determinante no aumento dos casos (Reiter, 2001).

Para Amarakoon et al. (2007), anos com períodos mais quentes, como em caso de ocorrência de eventos El Niño as epidemias surgem mais cedo no Caribe. Conforme os autores, análises de índices baseados em temperatura média parecem ser eficazes na elaboração de estratégias para mitigação de epidemias de dengue.

Fuller et al. (2008) utilizaram dados sobre El Niño e índices de vegetação para encontrar padrões de ocorrência da doença. O modelo elaborado pelos autores reproduziu as epidemias na Costa Rica com uma acurácia de 64%.

Para o estudo de dengue é imprescindível considerar o clima, pois o vetor da doença (*Aedes aegypti*) é diretamente influenciado pelas condições climáticas, sendo que estas devem apresentar-se propícias ao desenvolvimento do mesmo. A ecologia de vetores de muitas das doenças tropicais, denotam que as variáveis climáticas, o tempo de duração da estação de verão ou das condições de calor e umidade, dentre outros fatores, favorecem a proliferação dos mosquitos.

1.3 Objetivo

1.3.1 Geral

Um estudo sobre o papel das variavéis climáticas na dinâmica de transmissão e no aumento do números de casos de dengue.

1.3.2 Específico

- Avaliar a influência das variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) no aumento dos casos registrados de dengue.
- Usar uma modelagem preditiva (Modelo Brasileiro de Clima e Saúde-MBCS, Coelho-Zanotti 2010), método baseado na modelagem de regressão de Poisson para quantificar e representar em que período as influências das variáveis climáticas ocorrerão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Tipo e local de estudo

O estudo é do tipo ecológico de séries temporais, onde o delineamento é caracterizado por estudar grupos de indivíduos, geralmente por regiões geográficas. No caso deste trabalho o local estudado é a Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), no litoral do estado de São Paulo, na região sudeste do Brasil e a cidade de Cingapura na região sudeste da Ásia.

2.1.1 Baixada Santista

A região é denominada como Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), foi criada em 1996 e tem seus limites idênticos aos das regiões administrativas e de Governo de Santos (Figura 2). É uma região portuária do litoral do estado de São Paulo, formada por nove municípios: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente que ocupam território de 2.373 km², com uma população urbana de 1.668.377 milhões de habitantes e rural de 6.611 mil habitantes e a densidade demográfica de 663,2 hab/km². A RMBS está localizada entre as latitudes 24º18'S e 23º51'S e longitudes 46º59'W e 46º08'W. Representam 1% da superfície do estado de São Paulo, localizada em uma pequena faixa de planície litorânea e a região é limitada pela

escarpa da Serra do Mar, em plena Mata Atlântica (Seade, 2008). A região da Baixada Santista reveste-se de grande importância epidemiológica na transmissão de dengue, por apresentar complexo conglomerado urbano, com inúmeras áreas sem estrutura urbana adequada, elevada densidade, importante movimentação populacional e grande número de imóveis fechados (temporada). Além disso, apresenta condições climáticas extremamente favoráveis ao desenvolvimento do vetor (temperatura e umidade). A cidade de Santos possui o maior porto da América Latina, com 15 hectares e 18 quilômetros de extensão, que movimenta 41 milhões de toneladas e 700 mil contêineres por ano, em 4.000 navios que atracam no cais, sendo responsável por 25,4% do comércio externo do País (Sucen, 2005).

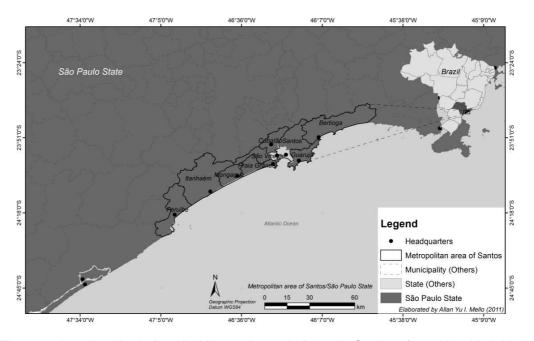


Figura 2 - Localização da Região Metropolitana da Baixada Santista (por: Allan Yu I. Mello, 2011)

2.1.2 Cingapura

Cingapura é uma ilha tropical, na margem norte do estreito de Cingapura, entre a península da Malásia (estreito de Johor) e a Indonésia (estreito de Cingapura) e está localizada entre as latitudes 1º09'N e 1º28'N e longitudes 104°25'E e 103°36'E (Figura 3). É densamente povoada, com uma população total de 4.588.6 habitantes e tem uma área terrestre total de 641,4 km². A região apresenta uma grande importância na posição geográfica e marítima, pois o país possui uma infraestrutura portuária e está localizado geograficamente no cruzamento de rotas de comércio internacional, o que lhe dá reputação de centro de alcance global (NAR, 2004). Em Cingapura não há rios de água doce e lagos naturais, a principal fonte de água potável e de uso doméstico vem da captação da água de chuva. A demanda de água doce é grande e despendiosa, devido a maior parte do consumo de água ser importada ou desalinizada. Então, para diminuir a dependência de importações de água potável e para baratear os custos domésticos. Assim, foram construídos vários reservatórios para coleta água da chuva e instalações para reciclagem de água. E a população aderiu também a coleta de água das chuvas de monções em reservatórios caseiros (http://topartigos.com/?p=3301, 2012).



Figura 3 - Área total da região de Cingapura localizada no sudeste da Ásia, Fonte: (NEA, 2008)

2.2 Período de estudo

O período de estudo é de 8 anos, de janeiro de 2000 a dezembro de 2007, com dois diferentes conjuntos de dados semanais: meteorológicos e epidemiológicos.

2.3 Dados epidemiológicos

Os números de casos confirmados de dengue foram obtidos no Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE) do estado de São Paulo para a região da Baixada Santista (CVE, 2008) e Ministry of Health of Singapore (MOH) para a cidade de Cingapura (MOH, 2008). Sendo um total de 416 semanas de período estudado.

2.4 Dados meteorológicos

As variáveis meteorológicas usadas foram temperatura (TMáx e TMín) e umidade relativa do ar (URMáx e URMín) obtidos no Climate Diagnostic Center-CDC/National Oceanographic and Atmospheric Administration-NOAA (CDC/NOAA, 2008). Os dados de precipitação foram obtidos no Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM 2008).

2.5 Análise estatística

Neste estudo foi feita uma análise descritiva das variáveis e, posteriormente, as hipóteses foram testadas utilizando o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson (MMRP) e Análise de Componentes Principais.

2.5.1 Análise descritiva

As quantitativas foram descritas por meio de medida de posição: tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação - CV).

O teste de aderência à distribuição normal foi o teste de Kolmogorov-Smirnov (Apêndice 1).

2.5.2 Inferência estatística

A segunda etapa de uma análise de dados é a inferência estatística, onde é testada a hipótese do estudo. Nesta fase procuram-se modelos de regressão que melhor se ajustem aos dados em estudo, levando em consideração o erro aleatório existente. Nesta pesquisa foram feitos

Modelos de Regressão de Poisson (*MRP*) considerando como variável dependente os números de casos de dengue. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas: temperatura e umidade relativa do ar (máxima e mínima) e precipitação. Com vias à análise confirmatória, realizamos um estudo multivariado com Análise de Componentes Principais, cujo objetivo foi reforçar o embasamento estatístico do estudo (Coelho-Zanotti, 2007).

As manifestações biológicas dos mosquitos nos humanos apresentam uma aparente defasagem sintomática, ou seja, uma vez ocorrido a transmissão ao vetor, o humano vai apresentar a doença no período de 1 a 4 semanas. Em função desse fato uma determinada estrutura de "lag" (defasagem) é de fundamental importância.

As médias móveis podem ser empregadas, também nesse caso e no estudo foram utilizadas lags e médias móveis variando de 0 a 25 semanas (para todas as variáveis) nas cidades estudadas.

A regressão de Poisson pode ser utilizada para modelar dados de contagem, coorte, retrospectivos ou prospectivos, taxas e, em geral, ocorrência de eventos raros (Coelho-Zanotti, 2007).

Além disso, as observações podem ser ponderadas de acordo com o tempo de acompanhamento ou o tamanho das unidades observacionais. Em diversas situações, a variância é maior do que a esperada pelo modelo de Poisson, caso conhecido como superdispersão, o que pode causar sérios problemas como a subestimação do erro padrão dos

estimadores e a inflação do nível de significância. A inferência estatística usual baseada na teoria das grandes amostras utiliza a aproximação pela distribuição normal. Entretanto, quando a amostra é pequena ou os dados são altamente desbalanceados, os resultados assintóticos podem não ser apropriados. Uma alternativa é a inferência exata obtida através da construção da verdadeira distribuição da estatística do teste. Uma preocupação que surge na prática é a determinação do tamanho da amostra para se garantir uma precisão desejada e um poder pré-fixado. Para o modelo de Regressão de Poisson, uma opção é utilizar a variância assintótica da estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros para calcular o tamanho da amostra (Lucio P.S., 2006).

2.5.2.1 Etapas da modelagem de regressão de Poisson

Na modelagem de Poisson foram seguidos os seguintes passos:

- 1. Construção do diagrama de dispersão;
- 2. Determinação de uma estrutura de "lag" (defasagem), pois se sabe que as manifestações biológicas geralmente apresentam um comportamento que mostra uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes

climáticos. Em outras palavras, espera-se que os casos registrados em uma semana específica estejam relacionados a variações meteorológicas da referida semana, como, também de semanas anteriores;

- 3. Cálculo da matriz de correlação entre as variáveis de estudo (com seus respectivos lags), para definir a ordem de entrada dessas variáveis no modelo segundo o grau de significância estatística, bem como avaliar a colinearidade entre as variáveis independentes;
- 4. Construção dos Modelos Univariado e Multivariado de Regressão de Poisson (*MURP* e *MMRP*) com as variáveis meteorológicas usando a seguinte equação:

$$\ln \lambda(t) = \alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_i(t)$$
 (1)

Onde: $\ln \lambda_t$ é o logaritmo natural da variável dependente, X_{it} são variáveis independentes, α e β são parâmetros a serem estimados.

Posteriormente foram feitos ajustes no MRP pelas variáveis de controle: mês.

5. A partir da análise dos dados efetuados com o *MRP*, em que se determinou a equação, segue-se a investigação do desempenho e a adequação do uso tradicional dos métodos de controle estatístico de qualidade, aplicado aos resíduos do *MRP*. A partir da análise dos dados segue-se a posterior formulação do *MRP*, em que cada grupo considerado é representado por uma serie de contagem temporal.

6. No processo de avaliação do Risco Relativo² (*RR*) devido às variações ambientais. Utiliza-se os parâmetros obtidos pelo modelo através da seguinte equação:

$$RR = \exp^{(\beta^* \times)} \tag{2}$$

Onde: X é o valor da variável independente e β é o parâmetro estimado pelo MRP.

7. Para o cálculo do acréscimo do número de casos da doença utiliza-se:

$$A(\%) = [(\exp^{(\beta^*X)}) - 1] * 100$$
 (3)

-

² O risco em saúde é o perigo potencial de ocorrer uma reação adversa à saúde das pessoas expostas a ele. A definição de risco engloba uma variedade de medidas de probabilidades incluindo aquelas baseadas em dados estatísticos ou em julgamento subjetivo (Cox, 2002).

Onde: X é o limiar que se quer estimar da variável independente e β é o parâmetro estimado pelo MRP.

8. O intervalo de confiança utilizado foi de 95% e usa-se a seguinte equação:

$$IC_{95\%} = \exp[\beta \pm 1.96 * epd(\beta)]$$
 (4)

Onde: epd é o erro padrão de β .

9. A probabilidade de ocorrência do aumento dos casos de dengue foi calculada:

Pr
$$ob(\%) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta^* X)}}$$
 (5)

10. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares: R-Plus (http://www.r-project.org) e SPSS 15 e para todas as análises considerou-se o nível de significância de 5%.

O Critério de Informação de Akaike (*AIC*) é uma estatística freqüentemente utilizada para a escolha da especificação ótima de uma equação de regressão no caso de alternativas não aninhadas.

- 2.5.2.2 Análise de componentes principais (ACP)
- 1. Encontrar as componentes principais a partir da matriz de correlação.
- 2.5.2.2.1 Modelagem de Regressão de Poisson com os escores da ACP
- 1. Encontrar os escores;
- 2. Estimar o aumento do numero de casos de dengue através do *MRP* aplicando os *escores* encontrados.

Devido à utilização de vários conjuntos de dados, é necessária a aplicação de uma técnica estatística que consiga interpretar a estrutura multivariada dos mesmos. O objetivo primário das análises multivariadas é resumir grandes quantidades de dados através de alguns parâmetros que

serão obtidos, posteriormente após o emprego da análise fatorial. O interesse da análise multivariada é encontrar relações entre:

- 1. A resposta da variável;
- 2. As unidades experimentais;
- 3. A resposta da variável com as unidades experimentais.

Essas relações existem quando algumas das variáveis têm uma resposta comum entre si.

Análise fatorial (AF)

Uma técnica estatística cujo propósito é interpretar a estrutura de um conjunto de dados multivariados a partir da respectiva matriz de variância-covariância. Essa técnica pode se utilizar, entre outros, do método da análise das componentes principais (*ACP*). A *ACP* transforma uma série de variáveis originais dentro de uma série menor de combinações lineares que explicam a maior parte da variância da série original de dados.

26

O propósito da ACP é determinar os fatores (Componentes Principais-CPs)

de maneira a explicar o quanto da variância total da série pode ser explicado

com poucos desses fatores (Wilks, 1995).

As CPs são extraídas de forma que a primeira componente

principal $(CP_{(1)})$, explica a maior parte da variação dos dados. A $(CP_{(1)})$ é a

combinação linear das variáveis observadas. A segunda Componente

Principal $(CP_{(2)})$ é a combinação linear das variáveis observadas e não é

correlacionada com a primeira combinação linear e explica o máximo de

variação total restante que nem sempre é captada por $(CP_{(1)})$. Em geral a n-

ésima componente principal $(CP_{(m)})$, é a combinação linear dos pesos das

variáveis observadas X_j , (j = 1,2,...,p), representado na equação abaixo.

$$CP_{(1)} = W_{(1)}X_{(1)} + W_{(2)}X_{(2)} + \dots + W_{(1)p}X_{(1)p}$$
(7)

Onde: w é o peso da variável observada.

a) Entrada de Dados

Os parâmetros meteorológicos, além dos dados de incidência de

casos confirmados de dengue, foram introduzidos no software SPSS 15.

Todos esses parâmetros possuem unidades físicas diferentes, então se

utilizou a normalização ou anomalia padronizada, com a finalidade de remover a influência da localização e extensão do conjunto de dados. Neste processo as unidades físicas do conjunto de dados são canceladas, logo as variáveis normalizadas são sempre adimensionais, calculada pela a seguinte equação:

$$Z = \frac{X_{j-}\overline{X}}{S_{x}} = \frac{X^{"'}}{S_{x}}$$
 (8)

Onde: X_j é a j-ésima variável da amostragem, \overline{X} é a medida da amostragem, Z é a variável normalizada, S_x é o desvio padrão da amostra.

Este processo converte cada observação dos dados originais em um fator padronizado, onde a média é igual a zero e o desvio padrão igual a 1.

b) Extração das CPs

Suponha que os vetores das observações $X=\left(X_{1},X_{2},...,X_{p}\right)$ tenham uma matriz de covariância-variância (Σ) , por conveniência matemática, assume-se que a média de Z_{i} é zero para todo i=1,2,...,p. Para encontrar a primeira componente principal $Y_{(i)}$, procura-se os

coeficientes de vetores $\gamma' = (\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_p)$ tal que a variância de γ' $\gamma = 1$. A forçante que o produto escalar do coeficiente do vetor γ com ele mesmo é igual a um é utilizada para evitar um aumento na variância de γ' X (Wilks, 1995).

Dadas p variáveis originais $X_1, X_2, ..., X_p$ com n elementos cada uma, a matriz de dados é escrita como:

A partir da matriz anterior obtém-se a matriz de correlação $\Sigma(pxp)$:

Cada elemento S_{jk} obtido através da expressão:

$$S_{jk} = \frac{\frac{1}{n_{j=1}} \Sigma \left(x_{ij} - \overline{x_j} \right) \left(x_{ik} - \overline{x_k} \right)}{\sigma_{xi} \sigma_{xk}}$$
(11)

Onde: S é o coeficiente de correlação e o σ é o desvio padrão dado por:

$$\sigma_{xj} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(x_{ij} - \overline{x_{i}}\right)^{2}}{n}}$$
 (12)

$$\sigma_{xk} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(x_{ik} - \overline{x_k}\right)^2}{n}} \tag{13}$$

Esta matriz fornece p autovalores (λ_j) , onde $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq ... \geq \lambda_p$. A cada um dos p autovalores correspondem a um autovetor A_j , sendo:

$$A_{j} = (a_{1j}, a_{2j}, ..., a_{pj}), j = 1, 2, ..., p$$
 (14)

Que são as componentes da base ortogonal utilizada.

Cada um dos p componentes da base fornece uma explicação \underline{e} da variância total proporcional ao seu autovalor, de modo que:

$$e_j = \frac{\lambda_j}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \times 100\% \tag{15}$$

Foi utilizado o critério proposto por Kaiser (1960) para determinação do número de autovalores significativos, ou seja, retêm-se somente os fatores com autovalores maiores que 1. A correlação entre os autovalores e as respectivas variáveis é chamada de "fator de loadings" e representa a mais importante informação para interpretação dos autovalores.

c) Rotação dos fatores retidos

Para o p, fatores retidos, é realizado o critério da rotação VARIMAX, que é o método mais comumente utilizado. Consideremos a notação:

 $A = a_{jp}$ matriz dos pesos ("loadings") dos fatores iniciais.

 $B = b_{jp}$ matriz dos pesos ("loadings") dos fatores finais.

 $T = t_{qp}$ matriz da transformação ortogonal tal que.

$$B = AT (16)$$

A comunalidade de qualquer variável permanece invariante.

$$\sum_{p=1}^{m} = b_{jp}^{2} = \sum_{p=1}^{m} a_{jp}^{2} = h_{j}^{2} \qquad (j = 1, 2,n)$$

O critério VARIMAX de rotação procura simplificar os fatores maximizando a variância dos pesos (pesos dos novos fatores divididos pelas raízes quadradas das respectivas comunalidade), isto é, maximizando a função:

$$V = n \sum_{p=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{b_{jp}}{h_{j}} \right)^{4m} - \sum_{p=1}^{m} \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{b_{jp}^{2}}{h_{j}^{2}} \right)^{2}$$
 (18)

Esse processo de rotacionar os fatores iniciais tem como objetivo tornar mais clara a separação entre os fatores (Keiding et al., 1986).

Utilizando a técnica multivariada das componentes principais foram extraídos os *escores* e a partir de então foi possível fazer a Modelagem de Regressão da Poisson usando os escores. Neste processo obtiveram-se as estimativas dos β s para o cálculo do acréscimo do número de casos de dengue.

3 RESULTADOS

Baixada Santista

3.1 Características climáticas da Baixada Santista

A Baixada Santista apresenta clima quente e úmido com temperatura média anual superior a 20°C e uma precipitação anual variando de 2.000,0 a 2.500,0mm. A distribuição anual das chuvas mostra uma forte concentração na estação de verão (dezembro a março), enquanto as precipitações mais baixas ocorrem durante o inverno (junho a agosto (OLIVA, 2003). Os principais sistemas atmosféricos que interferem na região da Baixada Santista são: ZCAS (durante o verão), sistemas frontais, brisa marítima, convecção local (responsável pelas chuvas localizadas) e o aquecimento diferencial de superfície (de origem orográfica) em todas as estações do ano (Silva Dias, 2005). No verão esta instabilidade aumenta, em virtude do aquecimento do continente, resultando no aumento da quantidade de chuva. As frentes frias, formadas ao longo do litoral sul do Brasil, deslocam-se de forma relativamente rápida, até serem barradas pelas Serra do Mar, tornam-se estacionárias, dando origem a situações de instabilidade por alguns períodos.

De acordo com Lima, 2011:

Após a passagem de sistemas frontais na região, também é observado o aporte de umidade gerado pelos ventos do flanco norte³ da alta transiente, ou seja, os

⁻

³ Ventos do flanco norte: componente do vento de leste definida da alta subtropical (Lima, 2011).

ventos de leste carregam umidade do oceano para dentro do continente.

A temperatura média no período de 2000 a 2007 é de 27,3°C, sendo as máximas variando em torno de 26,7°C a 32,7°C e as mínimas em torno de 16,1°C a 19,4°C. O período mais quente ocorre dos meses de dezembro a março (verão) e o mais frio nos meses de junho a agosto (inverno), conforme as normais climatológicas do estado de São Paulo (CDC/NOAA, 2008).

A precipitação acumulada para o mesmo período foi de 10.049,8mm, no período mais chuvoso (verão) a acumulada fica em torno de 1.342,2mm e o menos chuvoso (inverno) fica em torno de 362,4mm em toda a região (TRMM, 2008).

A umidade relativa do ar média para o mesmo período foi de 99%, sendo 100% a máxima e 66% a mínima.

A Tabela 1 apresenta a análise da estatística descritiva das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar (médias, máximas e mínimas) e precipitação (acumulada).

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis climáticas do estudo da Baixada Santista

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV	No.
Temp. Média (°C)	23,5	23,4	17,8	27,3	1,9	8,2	416
Temp. Máxima (°C)	25,4	25,4	19,4	32,7	2,0	8,0	416
Temp. Mínima (°C)	22,3	22,1	16,1	26,7	2,3	10,3	416
UR Média (%)	94,5	95,2	84,0	99,0	2,8	2,9	416
UR Máxima (%)	99,0	99,4	90,0	100,0	1,3	1,3	416
UR Mínima (%)	88,5	89,7	66,1	97,6	5,0	5,6	416
Precipitação (mm)	24,2	15,4	0,0	167,0	27,2	112,7	416

Os menores valores registrados na série de dados com relação às temperaturas foram: 17,8°C para temperatura média (fevereiro/2000), 19,4°C para temperatura máxima (setembro/2000) e 16,1°C para temperatura mínima (julho/2000). Com relação aos maiores valores registrados nas séries foram: 27,3°C para temperatura média (fevereiro/2001, fevereiro e março/2003), 32,7°C para temperatura máxima (outubro/2002) e 26,7°C para temperatura mínima (março/2003), Figura 4.

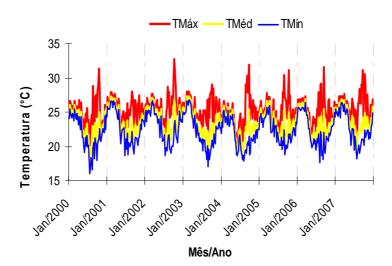


Figura 4 - Série temporal de temperatura do ar na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

Para a variável umidade relativa do ar, os menores valores registrados na série de dados foram: 84% para umidade relativa média (julho/2000, setembro/2006, junho e julho/2007), 90% para umidade máxima (outubro/2006) e 66% para umidade mínima (junho/2007). Com relação aos maiores valores temos: 99% para umidade média (janeiro/2000, fevereiro/2004), 100% para umidade máxima (outubro e novembro/2000, janeiro, março e maio/2002, fevereiro, abril e dezembro/2004, janeiro, fevereiro, março e outubro/2005, janeiro, fevereiro e março/2006, fevereiro, março e dezembro/2007) e 98% para umidade mínima (junho/2007), Figura 5.

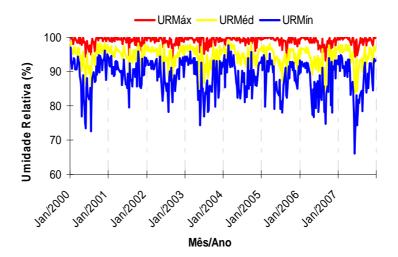


Figura 5 - Série temporal de umidade relativa do ar na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

Na séria temporal de precipitação o ano mais chuvoso foi 2005 com o total acumulado anual de 1.416,8mm e o menos foi 2007, com 1.136,0mm. Os valores de precipitação variaram de 0,0mm (abril, junho, julho e agosto/2000, julho, agosto e setembro/2001); (abril, junho, agosto, setembro e outubro/2002); (abril, junho, julho, agosto, setembro e dezembro/2003); (agosto e setembro/2005); (maio, junho, julho, e agosto/2005); (abril, junho, julho e agosto/2006); (junho, julho, agosto, setembro e outubro/2007) a 167,0mm (janeiro/2004), Figura 6.

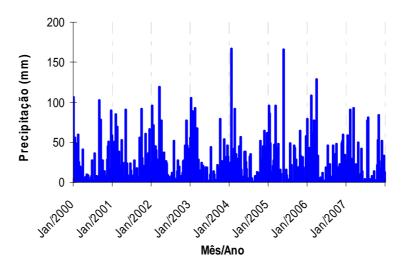


Figura 6 - Série temporal da precipitação acumulada na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

3.2 Comportamento da dengue

O período de estudo foi de 416 semanas, foram registrados 65.009 casos de dengue confirmados na Baixada Santista. Assim, foram 335 (81%) semanas com casos registrados e 81 (19%) semanas sem nenhum registro no período. A Figura 7 apresenta o total anual dos números de casos de dengue registrados no período de 2000 a 2007.

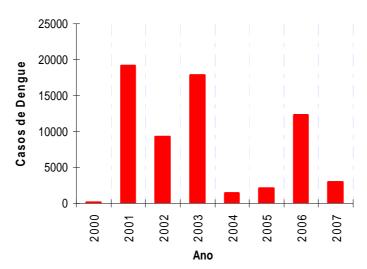


Figura 7 - Total anual dos números de casos de dengue registrados na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

O estudo foi dividido em dois grupos em função dos números de registros dos casos de dengue. Os anos com maiores registros dos casos foram 2001, 2002, 2003 e 2006 e com os menores registros foram 2000, 2004, 2005 e 2007, respectivamente na Baixada Santista.

Os anos com os maiores números de casos registrados foram em: 2001 (19.144 - 29,4%), 2002 (9.214 - 14,2%), 2003 (17.808 - 27,4%) e 2006 (12.333 - 19%). Os menores números de casos registrados da doença foram em: 2000 (136 - 0,2%), 2004 (1 369 - 2,1%), 2005 (2 107 - 3,2%) e 2007 (2 902 - 4,5%) do total de registros dos casos na região de estudo, (Tabela 2).

Tabela 2 - O total anual e as semanas com e sem registros dos números de casos de dengue na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

	Númei	os de	Semanas				
Ano	cas	os	com registros			gistros	
	N	%	N	%	N	%	
2000	136	0,2	23	5,5	29	7,0	
2001	19.144	29,4	41	9,9	11	2,6	
2002	9.210	14,2	44	10,6	8	1,9	
2003	17.808	27,4	42	10,1	10	2,4	
2004	1.369	2,1	40	9,6	12	2,9	
2005	2.107	3,2	51	12,3	1	0,2	
2006	12.333	19	52	12,5	0	0,0	
2007	2.902	4,5	42	10,1	10	2,4	
TOTAL	65.009	100,0	335	80,6	81	19,4	

Na Figura 8 é apresentado o comportamento sazonal dos números de casos de dengue. Este comportamento é referente às estações do ano no hemisfério sul, onde pode observar o aumento e a diminuição dos casos da doença. No trimestre de março (10.707 casos), abril (21.815 casos) e maio (17.762 casos), correspondendo ao período de outono, é observado o pico máximo dos registros da doença. No trimestre de setembro (74 casos), outubro (33 casos) e novembro (43 casos), correspondendo ao período de primavera, é o trimestre com os menores registros.

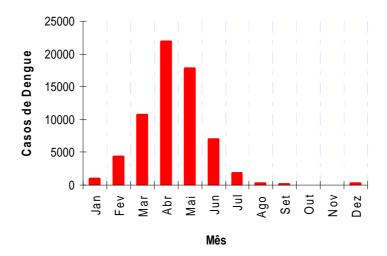


Figura 8 - Comportamento sazonal dos casos de dengue registrados na Baixada Santista no período de 2000 a 2007

3.3 Comportamento entre os casos de dengue e as variáveis climáticas

3.3.1 Associação entre os casos registrados de dengue e a precipitação

A associação entre as séries temporais dos casos registrados de dengue com as precipitações acumuladas foram às seguintes: 2001 (19.144 casos e 1.281,4mm), 2003 (17.808 casos e 1.148,0mm), 2006 (12.333 casos e 1.290,1mm) e 2002 (9.210 casos e 1.265,8mm) (Figura 9a).

Nos meses de janeiro (930 casos e 1.755,2mm), fevereiro (4.368 casos e 1.244,7mm), março (10.707 casos e 1.177,7mm) ocorreram o aumento dos números de casos registrados e a diminuição na quantidade de precipitação. Em abril (21.815 casos e 570,8mm) observa-se o maior pico dos registros da doença, que é no período de outono. Nos meses de setembro (74 casos e 611,6mm), outubro (33 casos e 805,6mm) e novembro (43 casos e 1.016,1mm), no período da primavera.

Observa-se que ocorreram os menores registros de casos da doença e o aumento na quantidade de precipitação (Figura 9b).

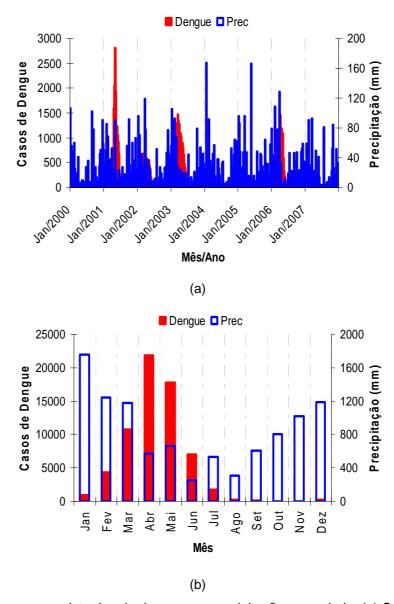


Figura 9 - Os casos registrados de dengue e a precipitação acumulada: (a) Série temporal e (b) Perfil mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007

3.3.2 Associação entre os casos registrados de dengue e a temperatura

Para cada ano com os maiores registros de casos da doença ocorreram as seguintes temperaturas máximas e mínimas: 2001 (19.144 casos e máxima 23,7°C/mínima 21,7°C), 2003 (17.808 casos e máxima 23,1°C/mínima 21,3°C), 2006 (12.333 casos e máxima 23,3°C/mínima 21,4°C) e 2002 (9.210 casos e máxima 23,8°C/mínima 21,3°C) (Figura 10a).

Nos registros acumulados dos casos de dengue associados às médias mensais das temperaturas máximas e mínimas verificamos que o aumento dos casos ocorreu quando houve o aumento das temperaturas (Figura 10b). Os maiores registros dos casos de dengue foram observados no trimestre de março (10.707 casos e máxima 26,1°C/mínima 24,5°C), abril (21.815 casos e máxima 24,9°C/mínima 23,3°C) e maio (17.762 casos e máxima 23,6°C/mínima 20,5°C), sazonalmente é o período de outono. Nos meses de setembro (74 casos e máxima 21,3°C/mínima 18,6°C), outubro (33 casos e máxima 22,0°C/mínima 20,2°C) e novembro (43 casos e máxima 22,6°C/mínima 20,8°C) ocorrem a diminuição nos números de registros dos casos e nas temperaturas, sazonalmente é o período da primavera.

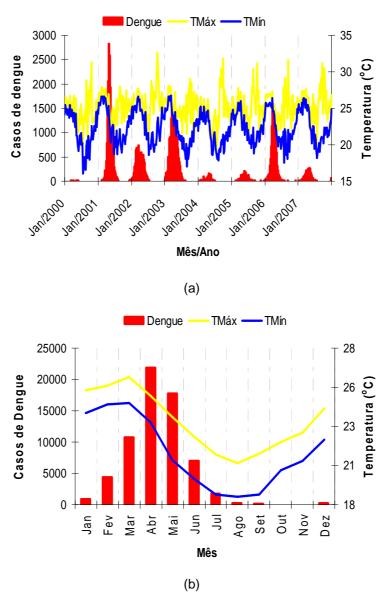


Figura 10 - Os casos registrados de dengue e a temperatura máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007

3.3.3 Associação entre os casos registrados de dengue e a umidade relativa

Não há uma variação considerável da umidade relativa máxima, quando associamos a série temporal dos casos registrados da dengue. Nos anos de menores valores de umidade ocorreu o aumento dos números de casos registrados. Nos anos de 2001 (19.144 casos e mínima 89,8%), 2002 (9.210 casos e mínima 89,4%), 2003 (17.808 casos e mínima 88,1%) e 2006 (12.333 casos e mínima 87%), Figura 11a.

Com os registros das médias mensais dos casos da doença, verificamos que o aumento dos números de casos ocorreu quando houve uma diminuição da umidade relativa mínima nos meses de janeiro (930 casos e mínima 93%) e fevereiro (4.368 casos e mínima 92%), Figura 11b. No trimestre de março (10.707 casos e mínima 92%), abril (21.815 casos e mínima 90%) e maio (17.762 casos e mínima 84%) apresentaram os maiores picos de registros de casos e a contínua diminuição na umidade relativa mínima, é o período de outono. Nos meses de setembro (74 casos e mínima 88%), outubro (33 casos e mínima 89%) e novembro (43 casos e mínima 90%) ocorrem os menores números de registro de casos e a umidade relativa mínima o aumento gradual da umidade, é o período da primavera.

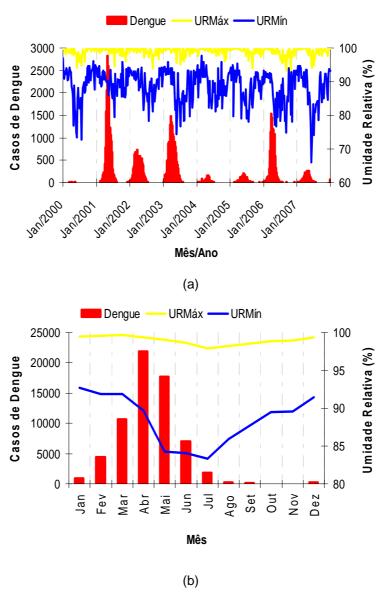


Figura 11 - Os casos registrados de dengue e a umidade relativa máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal da Baixada Santista no período de 2000 a 2007

3.4 Resultados da modelagem

3.4.1 Análise para escolha da estrutura de lag e o alisamento

Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão descritos os coeficientes de correlação de Pearson (r), com os respectivos níveis de significância estatística (p) e os resultados de teste Kolmogorov-Smirnov para todas as variáveis Prec, TMáx e TMín, URMáx e URMín, respectivamente.

A estrutura de lags foi determinada pela defasagem de 0 a 25 semanas para todas as variáveis climáticas. Em seguida, foi construída uma matriz de correlação com todas as variáveis e suas respectivas defasagens no tempo.

Neste processo, foi possível identificar quais defasagens e variáveis que foram mais representativas na matriz de correlação. As lags mais significativas encontradas foram para Prec (4 a 21 semanas), TMáx (5 a 25 semanas), TMín (1 a 19 semanas), URMáx (2 a 14 semanas) e URMín (4 a 25 semanas). Assim a modelagem foi realizada com apenas as lags significativas das variáveis.

A variável TMín (0,246 para um p<0,001) apresentou a melhor correlação com a dengue na Baixada Santista.

3.4.1.1 Temperatura (TMín e TMáx)

Depois de feita as correlações entre as variáveis, foram selecionadas as que apresentaram as melhores e maiores significâncias estatística. A Tabela 3 apresenta as lags com as maiores correlações significantes da variável temperatura (máxima e mínima).

Tabela 3 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e as TMín e TMáx, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)

Variáveis	Lag	r (p<0,001)	K-S $D_t = 0.05$	Variáveis	Lag	r (p<0,001)	K-S $D_t = 0.05$
	1	0,339	0,0120		5	0,171	0,0071
	2	0,393	0,0121		6	0,202	0,0071
	3	0,436	0,0123		7	0,223	0,0070
	4	0,474	0,0124		8	0,226	0,0070
	5	0,511	0,0124		9	0,225	0,0068
	6	0,542	0,0126		10	0,232	0,0068
	7	0,560	0,0126		11	0,226	0,0069
	8	0,563	0,0128		12	0,216	0,0069
	9	0,559	0,0128		13	0,191	0,0071
	10	0,557	0,0129		14	0,166	0,0071
TMín	11	0,538	0,0129	TMáx	15	0,152	0,0068
	12	0,510	0,0129		16	0,240	0,0069
	13	0,470	0,0131		17	0,229	0,0070
	14	0,427	0,0133		18	0,213	0,0069
	15	0,378	0,0136		19	0,204	0,0071
	16	0,329	0,0139		20	0,197	0,0071
	17	0,274	0,0140		21	0,197	0,0069
	18	0,217	0,0138		22	0,169	0,0069
	19	0,154	0,0140		23	0,152	0,0069
	-	-	-		24	0,201	0,0069
	-	_	_		25	0,167	0,0069

Para TMín as maiores correlações foram: lag8 (r= 0,563), lag7 (r= 0,560), lag9 (r= 0,559) e lag10 (r= 0,557), respectivamente.

E para TMáx, as maiores correlações foram: lag16 (r= 0,240), lag10 (r= 0,232), lag17 (r= 0,229) e lag8 e 11 (r= 0,226), respectivamente.

3.4.1.2 Precipitação (Prec)

A Tabela 4 apresenta as lags com as maiores correlações significantes da variável precipitação. Para Prec as maiores correlações foram: lag12 (r= 0,290), lag13 (r= 0,277), lag11 (r= 0,264) e lag14 (r= 0,253), respectivamente.

Tabela 4 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a Prec, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)

Variáveis	Lag	r (p<0,01)	K-S (D_t = 0,05)
	4	0,105	0,0377
	5	0,157	0,0376
	6	0,167	0,0377
	7	0,178	0,0377
	8	0,180	0,0379
	9	0,203	0,0380
	10	0,245	0,0382
	11	0,264	0,0384
Prec	12	0,290	0,0384
1100	13	0,277	0,0381
	14	0,253	0,0380
	15	0,229	0,0380
	16	0,206	0,0379
	17	0,205	0,0379
	18	0,200	0,0378
	19	0,184	0,0375
	20	0,154	0,0373
	21	0,117	0,0371

3.4.1.3 Umidade Relativa (URMáx e URMín)

A Tabela 5 apresenta as lags com as maiores correlações significantes da variável umidade relativa (máxima e mínima).

Tabela 5 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a URMáx e URMín, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Baixada Santista)

Variávais	Loa	r (n =0 001)	K-S	Variávaia	Log	r /n =0 001)	K-S
Variáveis	Lag	r (p<0,001)	$D_t = 0.05$	Variáveis	Lag	r (p<0,001)	$D_t = 0.05$
	2	0,145	0,0411		4	0,218	0,0205
	3	0,164	0,0409		5	0,250	0,0208
	4	0,182	0,0410		6	0,275	0,0207
	5	0,190	0,0410		7	0,293	0,0204
	6	0,203	0,0410		8	0,301	0,0205
	7	0,210	0,0410		9	0,299	0,0201
	8	0,212	0,0411		10	0,297	0,0197
	9	0,205	0,0409		11	0,304	0,0197
	10	0,193 0,0409		12	0,301	0,0199	
	11	0,185	0,0409		13	0,300	0,0199
URMáx	12	0,166	0,0409	URMín	14	0,296	0,0200
URIVIAX	13	0,150	0,0410	URIVIII	15	0,279	0,0202
	14	0,137	0,0411		16	0,268	0,0200
	-	-	-		17	0,270	0,0196
	-	-	-		18	0,257	0,0196
	-	-	-		19	0,243	0,0197
	-	-	-		20	0,223	0,0199
	-	-	-		21	0,213	0,0200
	-	-	-		22	0,215	0,0201
	-	-	-		23	0,208	0,0199
	-	-	-		24	0,187	0,0200
	-	-	-		25	0,164	0,0198

E para URMáx, as maiores correlações foram: lag8 (r= 0,212), lag7 (r= 0,210), lag9 (r= 0,205) e lag6 (r= 0,203), respectivamente.

Para URMín as maiores correlações foram: lag11 (r= 0,304), lag8 e 12 (r= 0,301), lag13 (r= 0,300) e lag9 (r= 0,299), respectivamente.

3.4.2 Modelo de Regressão de Poisson Univariado e o alisamento

Na etapa anterior foram feitas as matrizes de correlação a fim de identificar as variáveis que participariam da modelagem. Nesta etapa foi utilizado modelo de regressão de Poisson univariado (*MRPU*) para as variáveis independentes: TMáx, TMín, Prec e URMín, separadamente e sem ajustes.

Na Tabela 6 estão descritos os coeficientes gerados pelo modelo univariado das variáveis que influenciam no aumento dos casos de dengue.

Tabela 6 - Modelo de regressão de Poisson univariado (MRPU) com suas respectivas lags β_0 e β_1 para as variáveis climáticas da Baixada Santista

Variáveis	Lag	$oldsymbol{eta}_o$	$oldsymbol{eta_1}$	p
	10	0,4045	0,1071	
Prec	11		0,1033	<i>p</i> <0,001
riec	12		0,0103	<i>p</i> <0,001
	7		0,0093	
	10	0,3885	0,1304	
TMáx	7		0,1232	<i>p</i> <0,001
liviax	6		0,1176	<i>p</i> <0,001
	12		0,1137	
	10	0,2306	0,1695	
TMín	11		0,1389	<i>p</i> <0,001
I IVIII I	1		0,1198	<i>p</i> <0,001
	7		0,1189	
URMín	25	-69,9922	0,0782	
	6		0,0777	<i>p</i> <0,001
OIXIVIIII	7		0,0759	ρ<0,001
	4		0,0719	

Os valores observados de β_0 para cada variável climática foram: Prec (β_0 = 0,4045), TMáx (β_0 = 0,3885), TMáx (β_0 = 0,2306) e TMín (β_0 = -69,9922). Os valores de β_0 mostram como as relações entre o aumento dos casos de dengue e as variáveis climáticas se comportam. E o maior valor de β_1 para cada variável foi: TMínlag10 (β_1 = 0,1695), TMáxlag10 (β_1 = 0,1304), Preclag10 (β_1 = 0,1071) e URMínlag25 (β_1 = 0,0782).

3.4.3 Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson (MMRP)

Nesta etapa, houve o ajuste pela variável de controle (variável indicadora mês), com a finalidade de informar em que período as variáveis climáticas apresentaram uma influenciam significativa no aumento de casos de dengue (Tabela 7). A modelagem múltipla (MM) foi aplicada para todas as variáveis climáticas e ajustada pela variável controle.

Para MM¹ (Prec+TMáx+TMín+URMáx+URMín) o $\beta_{0ajustado}$ gerado na modelagem múltipla foi ($\beta_{0ajustado}$ = -0,9589) e para cada variável os $\beta_{1ajustado}$ gerados pelo modelo foram: Preclag6 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,0008), TMáxlag14 ($\beta_{1ajustado}$ =0,0010), TMínlag10 ($\beta_{1ajustado}$ =0,0019), URMáxlag8 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,0002) e URMínlag25 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,0005). Todas as variáveis tiveram uma diminuição na significância.

Para MM^2 (Prec+TMáx+TMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado}$ = -3,635) e Preclag7 ($\beta_{1ajustado}$ =

0,0656), TMáxlag11 ($\beta_{1ajustado} = 0,1552$), TMínlag13 ($\beta_{1ajustado} = 0,1735$). As maiores significâncias foram de TMín, TMáx e menor significância de Prec.

Para MM³ (Prec+URMáx+URMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado}$ = -0,6800) e Preclag10 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,00885), URMáxlag7 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,001), URMínlag4 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,0087). Todas as variáveis tiveram as significâncias diminuídas.

Para MM 4 (TMáx+TMín+URMáx+URMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado} = -99,9512$) e TMáxlag12 ($\beta_{1ajustado} = 0,0873$), TMínlag7 ($\beta_{1ajustado} = 0,1306$), URMáxlag4 ($\beta_{1ajustado} = 0,0197$) e URMínlag23 ($\beta_{1ajustado} = 0,0319$). As maiores significâncias foram de TMín e TMáx e as menores foram para URMín e URMáx.

As influências ocorreram no período de dezembro a fevereiro.

Tabela 7 - Modelagem múltipla com as variáveis climáticas da Baixada Santista

		MM ¹	MM^2	MM ³	MM ⁴	
Variáveis	Lag	$\beta_0 = -0.9589$	$\beta_0 = -3,635$	β_0 = -0,6800	eta_{0} = -99,951	p
	6	0,0008*	-	-	-	
Prec	7	-	0,0656**	-	-	p<0,001
	10	-	-	0,0089*	-	
	11	-	0,1552***	-	-	
TMáx	12	-	-	-	0,0873***	p<0,001
	14	0,0010*	-	-		
	7	-	-	-	0,1306***	
TMín	13	-	0,1735***	-	-	p<0,001
	10	0,0019*	-	-	-	
	8	0,0002*	-	-	-	
URMáx	6	-	-	-	0,0197**	p<0,001
	11	-	-	0,0011*	-	
	4	-	-	0,0087*	-	
URMín	23	-	-	-	0,0319**	p<0,001
	25	0,0005*	-		-	

Valores: * perde de significância; ** diminui a significância e *** aumenta a significância.

3.5 Análise dos acréscimos e riscos relativos

A análise dos acréscimos no aumento dos casos de dengue e dos riscos relativos de ocorrência devido à variação individual das variáveis TMín, TMáx, e Prec, pode ser observada nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente. Para a TMín foi feito um incremento a cada 2°C até 10°C e verificou-se que o aumento médio nos casos de dengue (Tabela 8).

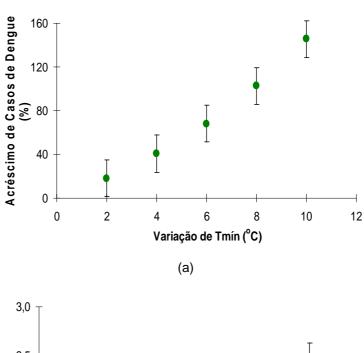
Tabela 8 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de TMín da Baixada Santista

Variávaia	Loa			ACRÉSCIMO	S (%)	
Variáveis	Lag	$\Delta 2$	$\Delta 4$	$\Delta 6$	$\Delta 8$	Δ 10
	1	27,1	61,5	105,2	160,8	231,3
	2, 3, 5	13,0	27,8	44,9	64,7	87,5
	6, 7, 8	17,6	38,9	64,5	95,5	133,1
	10, 11, 12, 13, 14	26,0	59,6	103,1	159,9	234,3
	15, 16	7,1	14,8	23,0	31,8	41,2
	Média	18,2	40,5	68,1	102,5	145,5
TMín		RISCO RELATIVO				
	1	1,27	1,61	2,05	2,61	3,31
	2, 3, 5	1,13	1,28	1,45	1,65	1,87
	6, 7, 8	1,18	1,39	1,64	1,95	2,33
	10, 11, 12, 13, 14	1,26	1,60	2,03	2,60	3,34
	15, 16	1,07	1,15	1,23	1,32	1,41
	Média	1,18	1,41	1,68	2,03	2,45

Assim, analisando os acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da TMín, verificou-se que se ocorrer uma variação de 0 a 2° C haverá um acréscimo de 18,2% ($\Delta 2$), se ocorrer um amento de 2° C a 4° C este percentual será de 40,5% ($\Delta 4$), com a variação de 4° C a 6° C este aumento será de 68,1% ($\Delta 6$). Para uma variação de 6° C a 8° C este aumento médio será de 102,5% ($\Delta 8$). E por fim, se esta variação for de 8° C a 10° C o

acréscimo médio dos casos de dengue será de 145,5% (Δ 10). O acréscimo total médio no aumento dos casos de dengue será de 75,0% (Figura 12a).

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue por influência da TMín. Nota-se que o risco relativo médio varia de 1,18 a 2,45, ($IC_{95\%}$ = 1,10: 1,08). O risco relativo total médio será de 1,75 (Figura 12b).



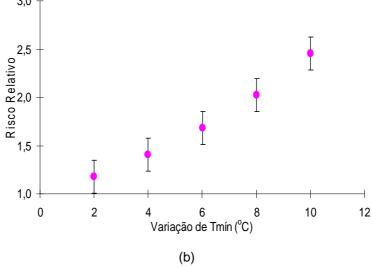


Figura 12 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da TMín na Baixada Santista

Para a TMáx houve um incremento a cada 2°C até 10°C e verificou-se que o aumento médio nos casos de dengue (Tabela 9).

Na análise dos acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da TMáx, verificou-se que se ocorrer uma variação de 0 a 2°C haverá um acréscimo de 19,6% (Δ2), havendo a variação de 2°C a 4°C este percentual será de 43,6% (Δ4), com a variação de 4°C a 6°C este aumento será de 73,2% (Δ6). Para uma variação de 6°C a 8°C este aumento médio será de 109,5% (Δ8). Se houver uma variação de 8°C a 10°C o acréscimo médio dos casos de dengue será de 154,4% (Δ10). O acréscimo total médio no aumento dos casos de dengue será de 80,1% (Figura 13a)

Tabela 9 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de TMáx da Baixada Santista

Variáveis	Log			ACRÉSCIMO	S (%)			
variaveis	Lag	$\Delta 2$	$\Delta 4$	$\Delta 6$	$\Delta 8$	Δ 10		
	5	29,1	66,6	115,0	177,5	258,2		
	6, 7, 8, 9	24,8	55,8	94,5	143,1	203,8		
	10, 11, 12, 13 14	19,9	44,3	74,5	111,7	158,0		
	15, 16, 17, 18	11,1	23,5	37,3	52,8	70,1		
	19, 20, 21, 22	13,8	29,5	47,3	67,7	90,9		
	23, 24, 25	19,2	42,3	70,3	104,2	145,3		
	Média	19,6	43,6	73,2	109,5	154,4		
TMáx		RISCO RELATIVO						
	5	1,29	1,67	2,15	2,78	3,58		
	6, 7, 8, 9	1,25	1,56	1,95	2,43	3,04		
	10, 11, 12, 13 14	1,20	1,44	1,74	2,12	2,58		
	15, 16, 17, 18	1,11	1,23	1,37	1,53	1,70		
	19, 20, 21, 22	1,14	1,29	1,47	1,68	1,91		
	23, 24, 25	1,19	1,42	1,70	2,04	2,45		
	Média	1,20	1,44	1,73	2,09	2,54		

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue por influência da TMáx. Nota-se que o risco relativo médio foi de 1,20 para 2,54, (IC_{95%}= 1,10: 1,09). O risco relativo total médio será de 1,80 (Figura 13b).

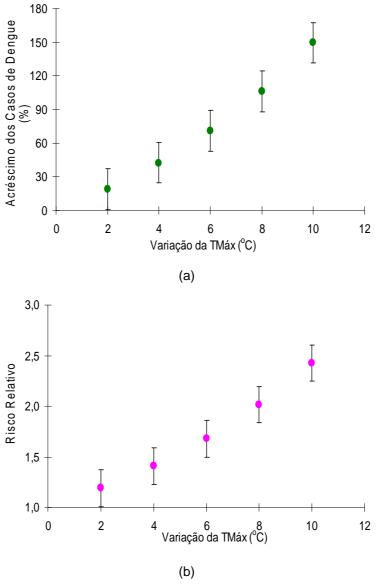


Figura 13 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da TMáx na Baixada Santista

Para a Prec foi feito um incremento a cada 5mm até 55mm e verificou-se que um aumento médio nos casos de dengue (Tabela 10).

Na análise dos acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da Prec, verificou-se que se ocorrer uma variação de 5mm haverá um acréscimo de 3,9% (Δ 5), se a variação for de 10mm o acréscimo será de 12,2% (Δ 15), com a variação de 25mm o acréscimo será de 21,3% (Δ 25), havendo a variação de 35mm o aumento será de 31,0% (Δ 35), com a variação de 45mm o acréscimo será de 41,6% (Δ 45). E por fim, se a variação for de 55mm este acréscimo será de 3,9% a 53,1% (Δ 55).

O acréscimo total médio no aumento dos casos de dengue será de 27,3% (Figura 14a).

Tabela 10 - Acréscimo nos casos de dengue e o risco relativo devido à variação de Prec da Baixada Santista

Variáveis	Lag					ACRÉ	SCIMO	OS (%)				
variaveis	Lag	Δ5	Δ 10	∆15	Δ 20	∆25	$\Delta 30$	Δ 35	∆40	∆45	∆50	Δ55
	5	4,5	9,1	14,0	19,1	24,4	29,9	35,7	41,8	48,1	54,7	61,6
	6, 7, 8, 9	4,4	9,1	13,9	19,0	24,3	29,8	35,6	41,6	47,9	54,5	61,4
	10, 11, 12, 13, 14	4,8	9,8	15,1	20,7	26,5	32,6	39,0	45,7	52,7	60,1	67,9
	15, 16, 17, 18	3,0	6,1	9,4	12,7	16,1	19,6	23,2	26,9	30,8	34,8	38,8
	19, 20, 21, 22	3,4	6,9	10,5	14,3	18,2	22,2	26,3	30,6	35,0	39,6	44,4
	23, 24, 25	3,4	6,9	10,5	14,3	18,1	22,2	26,3	30,6	35,1	39,7	44,5
	Média	3,9	8,0	12,2	16,7	21,3	26,0	31,0	36,2	41,6	47,2	53,1
Prec						RISC	O REL	ATIVO				
	5	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,30	1,36	1,42	1,48	1,55	1,62
	6, 7, 8, 9	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,30	1,36	1,42	1,48	1,54	1,61
	10, 11, 12, 13, 14	1,05	1,10	1,15	1,21	1,26	1,33	1,39	1,46	1,53	1,60	1,68
	15, 16, 17, 18	1,03	1,06	1,09	1,13	1,16	1,20	1,23	1,27	1,31	1,35	1,39
	19, 20, 21, 22	1,03	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,26	1,31	1,35	1,40	1,44
	23, 24, 25	1,03	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,26	1,31	1,35	1,40	1,45
	Média	1,04	1,08	1,12	1,17	1,21	1,26	1,31	1,36	1,42	1,47	1,53

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue devido à influência da Prec. Nota-se que o risco relativo médio foi de 1,04 para 1,53, ($IC_{95\%}$ = 1,01: 1,01). O risco relativo total médio será de 1,27 (Figura 14b).

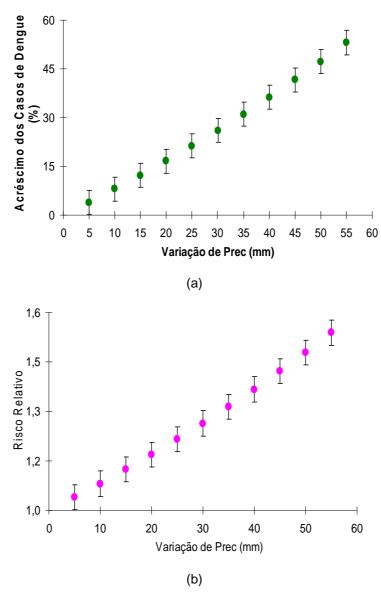


Figura 14 - (a) Acréscimo do aumento de registros de casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da Prec na Baixada Santista

3.6 Probabilidades de ocorrência do aumento dos casos de dengue

As probabilidades mensais de ocorrência de novos casos de dengue foi calculada utilizando os coeficientes (β_o e β_i) gerados pelo MRP e as variações estabelecidas (2°C a 10°C) da variável climática que mais exerce influência no aumento dos casos de dengue, neste caso utilizou-se a temperatura (Tabela 11).

Tabela 11 - Probabilidades de ocorrência de novos casos de dengue na Baixada Santista

Mese	es	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	$\Delta 2$	61	58	61	63	62	61	59	57	56	56	56	58
(%)	$\Delta 4$	61	58	61	63	62	61	59	57	56	56	56	58
PROB	$\Delta 6$	64	65	67	73	70	68	63	60	58	57	58	59
PR	$\Delta 8$	62	60	63	66	65	64	61	58	57	56	57	59
	Δ10	70	68	73	81	82	74	67	62	60	59	61	64

As probabilidades de ocorrência dos novos casos de dengue foram observados no trimestre de março (61% a 73%), abril (63% a 81%) e maio (62% a 82%). Estas probabilidades são observadas no período do final do verão e início do outono, onde as temperaturas estão mais amenas e a quantidade de chuva e a umidade relativa começam a diminuir considera-se um período de transição entre as estações de verão (quente e chuvosa) e inverno (fria e seca).

As variações escolhidas para representarem a probabilidade de novos casos de dengue na Baixada Santista foram: 4°C, 6°C e 8°C (Figura 15).

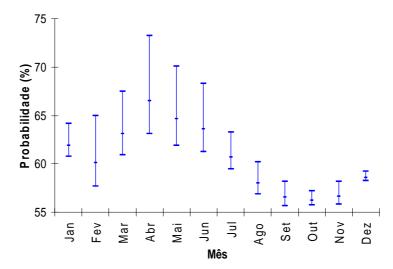


Figura 15 - Probabilidades mensais de ocorrência dos novos casos de dengue na Baixada Santista

3.7 Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)

Na Tabela 12, serão mostradas as análises de fatores das variáveis climáticas, a matriz de dados possui o número das variáveis climáticas (*p*) igual a cinco (TMáx, TMín, Prec, URMáx e URMín), e o número dos eventos (*m*).

Os valores em **negrito** indicam os elementos com pesos mais significativos e que possibilitam a identificação das variáveis representativas no processo.

A comunalidade (h^2), indica o quanto a variabilidade dos dados foi significativamente captada pelos 2 fatores identificados.

A análise fatorial para as variáveis climáticas foi feita e, neste caso, CP₁ e CP₂ explicam juntos 67,49% da variância dos dados, sendo satisfatória a explicação do processo (Kaiser 1960). A CP₁ explica 47,23% da variância dos dados, é representada pelas variáveis Prec e TMín. A componente mostra uma associação forte e positiva da Prec (0,537) e da TMín (0,780) no aumento dos casos de dengue na Baixada Santista.

A CP₂ explica 20,26% da variância captada, neste caso é representada pela TMáx e URMín. A componente mostra uma forte e positiva associação da TMáx (0,794) e uma forte e negativa associação da URMín (-0,465) no aumento dos casos de dengue na Baixada Santista.

Tabela 12 - Análise de fatores com rotação Varimax e comunalidade referentes as variáveis climáticas da Baixada Santista

Variáveis	CP ₁	CP ₂	h^2
Prec	0,537	-0,314	0,677
TMáx	0,493	0,794	0,683
TMín	0,780	0,276	0,784
URMáx	0,325	-0,396	0,464
URMín	0,160	-0,465	0,466
Autovalores	2,361	1,013	TOTAL
Variância (%)	47,23	20,26	67,49%

3.7.1 Aplicação dos escores das CPs na modelagem múltipla de regressão de Poisson (MMRPe)

Nesta etapa foram feitas novamente as análises multivariada, porém sem inserir a variável dependente. A partir de então, foram extraídos os *escores* das CPs para estimar os coeficientes através da modelagem múltipla de regressão de Poisson (MMRPe).

Nesta abordagem os *escores*, que funcionam como "índices" os quais contêm mais informações das variáveis relacionadas ao processo, do que a análise de regressão com as variáveis individuais (como as utilizadas no MMRP). Os *escores* obtidos foram chamados ECP₁ e ECP₂. Na Tabela 13 estão descritos os coeficientes da MMRPe para a variável dependente através dos *escores* das CPs. Na análise de regressão múltipla o ECP₁ e ECP₂ apresentaram significância estatística quando inseridas juntas no modelo, logo o aumento dos casos de dengue poderá ser explicado utilizando os *escores* das componentes principais. Os *escores* da ECP₁ têm maior peso de significância do que o ECP₂.

Os coeficientes da modelagem múltipla de ECP₁+ECP₂ foram: para β_0 = 4,6738 e ECP₁ (β_1 = 0,0835) e ECP₂ (β_2 = 0,0326). Estes são os estimadores da equação do modelo.

Tabela 13 - MMRPe através dos *escores* das variáveis climáticas na Baixada Santista

ECP ₁ +ECP ₂ ($\beta_0 = 4,6738$)	$eta_{\scriptscriptstyle 1}$	eta_2	r
ECP ₁	0,0835	-	p<0,001
ECP ₂	-	0,0326	ρ<0,001

4 RESULTADOS Cingapura

4.1 Características climáticas de Cingapura

O clima é caracterizado por altas temperaturas, umidade relativa do ar e chuvas abundantes. Apresenta duas estações principais, a monção de nordeste (dezembro a início de março) e a monção de sudeste (junho a setembro). E os dois períodos relativamente curtos, as inter-monção ou prémonção: de nordeste (outubro a novembro) e de sudeste (o restante do mês de março a maio).

A temperatura média anual é de 27°C, sendo as máximas variando em torno de 30°C a 34°C e as mínimas em torno de 21°C a 26°C (CDC/NOAA, 2008).

A precipitação anual acumulada da região varia em torno de 2.536,7mm, sendo no período mais chuvoso na monção de nordeste (1.339,2mm) e no menos chuvoso na monção de sudeste (549,2mm) (TRMM, 2008).

A umidade relativa média anual varia entre a mínima de 84% e máxima de 90%, mas durante o período de chuva pesada e prolongada, a umidade relativa alcança frequentemente 100%. Não há distinção entre estação do ano, há o período mais e o menos chuvoso. E isso é devido sua localização geográfica

A Tabela 14 apresenta a análise da estatística descritiva das variáveis de estudo: temperatura (média, máxima e mínima) e umidade relativa do ar (média, máxima e mínima), precipitação (acumulada).

Tabela 14 - Estatística descritiva das variáveis climáticas do estudo para Cingapura

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV	No.
Temp. Média (°C)	27,1	27,2	25,6	28,7	0,6	2,2	416
Temp. Máxima (°C)	28,0	28,0	26,5	29,7	0,6	2,2	416
Temp. Mínima (°C)	26,4	26,4	24,7	27,8	0,6	2,4	416
UR Média (%)	95,4	95,5	88,9	98,6	1,2	1,2	416
UR Máx (%)	99,7	99,9	97,9	100,0	0,4	0,4	416
UR Mín (%)	88,8	89,0	74,6	95,7	2,3	2,6	416
Precipitação (mm)	44,2	32,4	0,0	417,8	51,3	116,2	416

Os menores valores registrados na série de dados com relação às temperaturas foram: 25,6°C para temperatura média (fevereiro/2007), 26,5°C para temperatura máxima (janeiro/2000 e 2007, fevereiro/2000) e 24,7°C para temperatura mínima (fevereiro/2007). Com relação aos maiores valores registrados nas séries foram: 28,7°C para temperatura média (maio/2004), 29,7°C para temperatura máxima (agosto/2003) e 27,8°C para temperatura mínima (maio/2004), Figura 16.

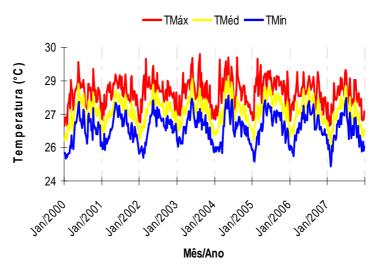


Figura 16 - Série temporal de temperatura de Cingapura no período de 2000 a 2007

Para a variável umidade relativa do ar, os menores valores registrados na série de dados foram: 89% para umidade relativa média (agosto/2004), 98% para umidade máxima (fevereiro/2004, janeiro e fevereiro/2005) e 75% para umidade mínima (agosto/2004). Com relação aos maiores valores temos: 99% para umidade média (dezembro/2007), 100% para umidade máxima e 96% para umidade mínima (dezembro/2006 e 2007), Figura 17.

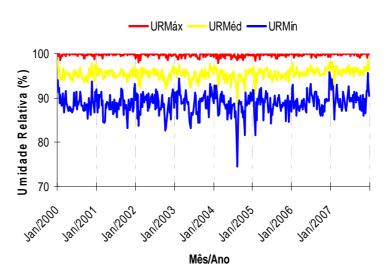


Figura 17 - Série temporal de umidade relativa de Cingapura no período de 2000 a 2007

Na séria temporal de precipitação o ano mais chuvoso foi de 2006 com o total acumulado de 2.816,0mm e o menos foi de 2001, com 1.257,4mm. Os valores de precipitação em toda a série variaram de 0,0mm (maio/2002); (fevereiro, junho, agosto/2004); (março/2006) e (fevereiro/2007) a 417,8mm (janeiro/2007), Figura 18.

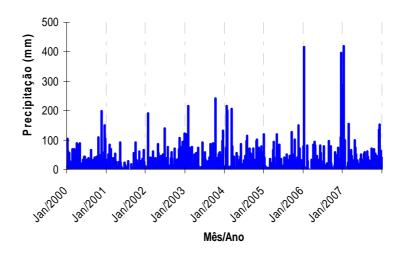


Figura 18 - Série temporal da precipitação de Cingapura no período de 2000 a 2007

4.2 Comportamento da dengue

Em Cingapura foram 46.354 números de casos registrados nas 416 semanas de estudo.

O período de estudo foi dividido em dois grupos: os anos de 2003, 2004, 2005 e 2007 representam os anos com os maiores números de casos registrados de dengue em Cingapura e 2000, 2001, 2002 e 2006 com os menores. A Figura 19 apresenta o total anual registrados.

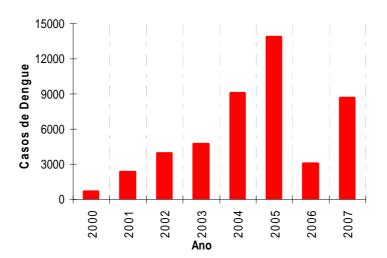


Figura 19 - Total anual dos números de casos de dengue registrados em Cingapura no período de 2000 a 2007

Nos anos de 2003, 2004, 2005 e 2007 apresentaram 4.733 (10,2%), 9.059 (19,5%), 13.874 (29,9%) e 8.664 (18,7%) de casos respectivamente.

E nos anos de 2000, 2001, 2002 e 2006 foram 657 (1,4%), 2.366 (5,1%), 3.938 (8,4%) e 3.063 (6,6%) de casos registrados respectivamente, (Tabela 15).

Tabela 15 - O total anual e as semanas com e sem registros dos números de casos de dengue em Cingapura no período de 2000 a 2007

	Númer	os de		Sema	anas	
Ano	cas	os	Com re	egistros	Sem registros	
	N	%	N	%	N	%
2000	657	1,4	52	12,5	-	-
2001	2.366	5,1	52	12,5	-	-
2002	3.938	8,4	52	12,5	-	-
2003	4.733	10,2	52	12,5	-	-
2004	9.059	19,5	52	12,5	-	-
2005	13.874	29,9	52	12,5	-	-
2006	3.063	6,6	52	12,5	-	-
2007	8.664	18,7	52	12,5	-	-
TOTAL	46.354	99,8	416	100	-	-

Na Figura 20 é apresentado o comportamento médio mensal dos registros dos casos de dengue. Como já mencionado anteriormente, por estar localizado em região tropical e sofrer influência de monções, observaremos os menores registros dos casos de dengue no trimestre de janeiro, fevereiro e março, o que corresponde ao período da monção de nordeste. O pico máximo de registros da doença foi no período de junho a setembro, correspondente ao período de monção de sudeste.

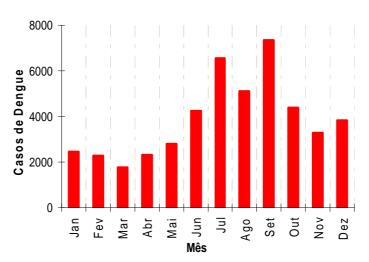


Figura 20 O comportamento médio mensal dos casos de dengue registrados em Cingapura no período de 2000 a 2007

4.3 Comportamento entre os casos de dengue e as variáveis climáticas

4.3.1 Associação entre os casos registrados de dengue e a precipitação

A associação entre as séries temporais dos casos registrados de dengue com as precipitações acumuladas foram às seguintes: 2005 (13.874 casos e 2.064,8mm), 2004 (9.059 casos e 2.613,4mm), 2007 (8.664 casos e 2.664,4mm) e 2003 (4.733 casos e 2.666,3mm), respectivamente (Figura 21a).

Utilizando os registros de casos acumulados mensais, dos oito anos de estudo, ocorreu o aumento dos números de casos quando houve uma diminuição na quantidade de precipitação (Figura 21b).

Nos meses de junho (4.240 casos e 984,3mm), julho (6.564 casos e 1.229,3mm), agosto (5.099 casos e 1.071,0mm) e setembro (7.343 casos e 1.286,3mm) apresentaram os maiores números de registros da doença e as menores precipitações acumuladas. É considerado o período menos chuvoso do ano (monção de sudeste).

Nos meses de novembro (3.272 casos e 1.901,9mm), dezembro (3.819 casos e 2.636,4mm) e janeiro (2.461 casos e 2.889,0mm) apresentaram os menores números de registro da doença e os maiores valores de precipitação. É considerado o período mais chuvoso (monção de nordeste).

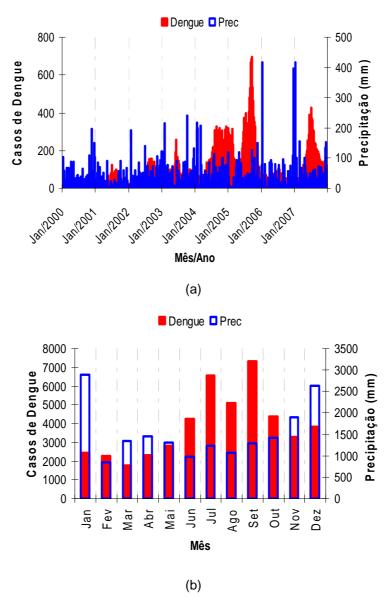


Figura 21 - Os casos registrados de dengue e a precipitação: (a) Série temporal e (b) Perfil mensal de Cingapura no período de 2000 a 2007

4.3.2 Associação entre os casos registrados de dengue e a temperatura

Para cada ano com os maiores registros de casos da doença ocorreram as seguintes temperaturas máximas e mínimas: 2005 (13.874 casos e máxima 28,2°C/mínima 26,4°C), 2004 (9.059 casos e máxima 28,1°C/mínima 26,3°C), 2007 (8.664 casos e máxima 29,0°C/mínima 26,4°C) e 2003 (4.733 casos e máxima 29,5°C/mínima 26,4°C) (Figura 22a).

Novamente com os registros acumulados mensais, verificamos que o aumento dos números de casos ocorreu quando houve o aumento da temperatura (Figura 22b).

Os registros mais elevados dos casos da dengue são observados nos meses de junho a setembro, mas as máximas temperaturas foram observadas dois meses antes dos maiores picos da ocorrência da doença. Nos meses de abril (2.321 casos e máxima 28,2°C), maio (2.802 casos e máxima 28,9°C) e junho (4.240 casos e máxima 28,6°C) é considerado o início do período mais quente (pré-monção de sudeste).

E nos meses de janeiro (2.461 casos e mínima 26,0°C), novembro (3.272 casos e mínima 25,7°C), dezembro (3.819 casos e mínima 25,5°C), ocorrem os menores números de registro de casos da doença e as menores temperaturas mínimas, é o período menos quente do ano (monção de nordeste).

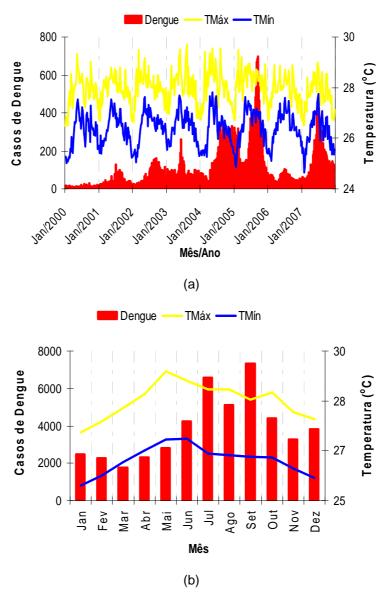


Figura 22 - Os casos registrados de dengue e a temperatura máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal de Cingapura no período de 2000 a 2007

4.3.3 Associação entre os casos registrados de dengue e a umidade relativa

Com base nesse banco de dados, não foi observada uma variação considerável da umidade relativa máxima, associado ao mesmo período dos casos registrados da dengue. Com relação à umidade relativa mínima, nota-se que nos períodos de menores valores ocorreu o aumento dos números de casos registrados.

Nos anos de 2005 (13.874 casos e mínima 90,4%), 2004 (9.059 casos e mínima 89,9%), 2007 (8.664 casos e mínima 91,9%) e 2003 (4.733 casos e mínima 90,6%), Figura 23a.

Utilizando os registros de casos acumulados mensais, verificamos que o aumento dos números de casos ocorreu quando houve uma diminuição da umidade relativa (Figura 23b).

No trimestre de julho (6.564 casos e 88,5%), agosto (5.099 casos e 84,5%) e setembro (7.343 casos e 88%) apresentaram os maiores números de registros de casos e os menores valores de umidade relativa mínima. É o período mais seco do ano (monção de sudeste).

Nos meses de novembro (3.272 casos) e dezembro (3.819 casos) e janeiro (2.461 casos) ocorrem os menores números de registro de casos e a umidade relativa mínima ficou entorno de 89,5%. É considerado o período mais úmido do ano (monção de nordeste).

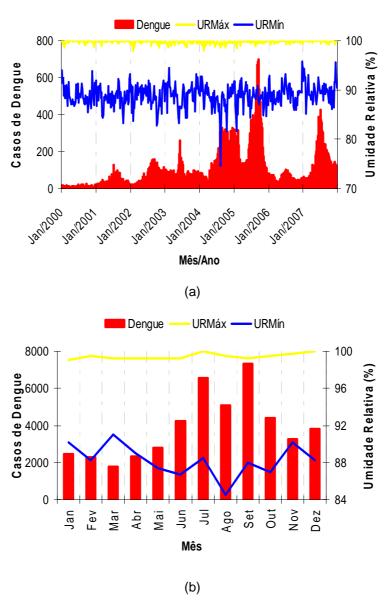


Figura 23 - Os casos registrados de dengue e a umidade relativa máxima e mínima: (a) Série temporal e (b) Perfil médio mensal de Cingapura no período de 2000 a 2007

4.4 Resultados da modelagem

4.4.1 Análise para escolha da estrutura de lag e o alisamento

Nas Tabelas 16 e 17 estão descritos os coeficientes de correlação de Pearson (r), com os respectivos níveis de significância estatística (p) e os resultados de teste Kolmogorov-Smirnov para todas as variáveis Prec, TMáx e TMín, respectivamente.

A estrutura de lags foi determinada de 0 a 25 semanas para todas as variáveis. Em seguida, foi construida uma matriz de correlação com todas as variáveis e suas respectivas defasagens no tempo.

Neste processo, foi possível identificar quais defasagens e quais variáveis foram mais representativas na matriz de correlação. As lags mais significativas encontradas foram para Prec (22 a 25 semanas), TMáx (1 a 16 semanas) e TMín (0 a 16 semanas).

As variáveis URMáx e URMín serão descartadas por não apresentarem correlações significativas com os casos de dengue.

Assim a modelagem foi realizada com apenas as lags significativas para Prec, TMáx e TMín. As variáveis TMín e TMáx (0,223 e 0,162 para um p<0,001) apresentaram as melhores correlações com a dengue em Cingapura.

4.4.1.1 Precipitação (Prec)

Com as variáveis climáticas correlacionadas individualmente com a variável dependente dengue, selecionou-se as lags que apresentaram os maiores valores de significância estatística.

A Tabela 16 da Prec apresenta as quatro maiores correlações significativa: lag25 (r= 0,166), lag24 (r= 0,131), lag22 (r= 0,126) e lag23 (r= 0,111), respectivamente.

Tabela 16 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e a Prec, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Cingapura)

Variáveis	Lag	r (p<0,01)	K-S <i>D_f</i> = 0,05
Prec	22	0,126	0,0397
	23	0,111	0,0397
FIEC	24	0,131	0,0396
	25	0,166	0,0396

4.4.1.2 Temperatura (TMáx e TMín)

A Tabela 17 apresenta as lags com as maiores correlações significativas da variável temperatura (TMáx e TMín).

Para TMáx as correlações foram: lag11 (r= 0,240), lag13 (r= 0,238), lag12 (r= 0,234) e lag14 (r= 0,233), respectivamente.

E para TMín as correlações foram: lag8 (r= 0,298), lag7 (r= 0,294), lag9 e 10 (r= 0,291) e lag6 e 11 (r= 0,287), respectivamente.

Tabela 17 - Correlação de Pearson entre os casos de dengue e as TMáx e TMín, com os níveis de significância estatística e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Cingapura)

Variáveis	Lag	r (p<0,005)	K-S $D_t = 0.05$	Variáveis	Lag	r (p<0,005)	K-S $D_t = 0.05$
	1	0,162	0,0075		0	0,188	0,0083
	2	0,173	0,0071		1	0,215	0,0080
	3	0,188	0,0068		2	0,240	0,0079
	4	0,177	0,0067		3	0,257	0,0079
	5	0,185	0,0068		4	0,265	0,0079
	6	0,183	0,0071		5	0,284	0,0080
	7	0,194	0,0072		6	0,287	0,0081
	8	0,217	0,0073		7	0,294	0,0084
TMáx	9	0,210	0,0073	TMín	8	0,298	0,0084
	10	0,220	0,0074		9	0,291	0,0086
	11	0,240	0,0075		10	0,291	0,0087
	12	0,234	0,0078		11	0,287	0,0088
	13	0,238	0,0079		12	0,275	0,0089
	14	0,233	0,0078		13	0,259	0,0089
	15	0,223	0,0079		14	0,234	0,0089
	16	0,206	0,0082		15	0,207	0,0089
	-	-	-		16	0,175	0,0091

4.4.2 Modelo de Regressão de Poisson Univariado e o alisamento

Na etapa anterior foram feitas as matrizes de correlação a fim de identificar as variáveis que participariam da modelagem. Nesta etapa foram utilizados Modelos de Regressão de Poisson Univariado (MRPU) para as variáveis independentes: Prec, TMáx e TMín, separadamente e sem ajustes. Na Tabela 18 estão descritos os coeficientes da modelagem univariada para o aumento dos registros de casos de dengue.

Os valores observados de β_0 para cada variável climática foram: Prec (β_0 = 4,3470), TMáx (β_0 = 2,0433) e TMín (β_0 = 1,1362). Os valores de β_0 mostram como as relações entre o aumento dos casos de dengue e as variáveis climáticas se comportam. E os maiores valores de β_1 para cada variável foram: TMínlag12 (β_1 = 0,1531), a TMáxlag16 (β_1 = 0,1509) e a Preclag25 (β_1 = 0,0131).

A modelagem univariada mostrou, através dos coeficientes calculados, que os maiores valores encontrados para as variáveis TMáx e TMín exerciam as maiores influências no aumento dos casos de dengue, seguido das influências da Prec.

Tabela 18 - Modelo de Regressão de Poisson Univariado (MRPU) com suas respectivas lags, β_0 e β_1 para as variáveis climáticas em Cingapura

Variáveis	Lag	$oldsymbol{eta}_{\scriptscriptstyle O}$	$eta_{\scriptscriptstyle 1}$	р
	25	4,347	0,0131	
Prec	24		0,0124	<i>p</i> <0,001
1 160	22		0,0106	p 10,001
	23		0,0104	
	16	2,043	0,1509	
TMáx	1		0,1329	<i>p</i> <0,001
Tiviax	11		0,1240	<i>p</i> <0,001
	14		0,1043	
	12	1,1362	0,1531	
TMín	13		0,1497	<i>p</i> <0,001
	15		0,1106	p<0,001
	11		0,1084	

4.4.3 Modelo múltiplo de regressão de Poisson (MMRP)

Nesta etapa, houve o ajuste pela variável de controle (variável indicadora mês), com a finalidade de informar em que período as variáveis climáticas apresentaram uma influenciam significativa no aumento de casos de dengue (Tabela 19).

A modelagem múltipla (MM) foi aplicada para todas as variáveis climáticas TMáx, TMín e Prec e ajustada pelo controle.

Para MM¹ (Prec+TMáx+TMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado}$ = -0,3100) e Preclag22 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,0016), TMáxlag11 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,1329), TMínlag16 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,2315). As significâncias de TMín e TMáx aumentaram, e da Prec diminuiu.

Para MM² (TMáx+TMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado}$ = -30,5108) e TMínlag5 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,2471) e TMáxlag3 ($\beta_{1ajustado}$ = 0,1615). As duas variáveis mantiveram as suas altas significâncias, onde a TMín aumentou ainda mais e a TMáx diminuiu a significância.

Para MM³ (Prec+TMín) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado} = -0.2343$) e TMínlag13 ($\beta_{1ajustado} = 0.2210$), Preclag22 ($\beta_{1ajustado} = 0.0017$). Nesta combinação, a TMín manteve alta significância e da Prec diminuiu.

Para MM⁴ (Prec+TMáx) os coeficientes gerados pelo modelo para cada variável foram: ($\beta_{0ajustado} = -0,2629$) e TMáxlag13 ($\beta_{1ajustado} = 0,2317$), Preclag25 ($\beta_{1ajustado} = 0,0017$). Como na combinação anterior, a TMáx manteve a alta significância e Prec manteve-se na mesma.

Em todas as rodadas as influências foram no período de janeiro a março.

Tabela 19 - Modelagem múltipla com as variáveis climáticas de Cingapura

., ., .		MM ¹	MM^2	MM ³	MM ⁴	
Variáveis	Lag	$eta_0 = -0.3100$	β_0 =-30,5108	β_0 = -0,2343	$\beta_0 = -0.2629$	р
	22	0,0016*	-	-	-	
Prec	22	-	-	0,0017*	-	p<0,001
	25	-	-		0,0017*	
TMáx	3	-	0,1615**	-	-	
	11	0,1898**	-	-	-	p<0,001
	13	-	-	-	0,2317***	
TMín	5	-	0,2471***	-	-	
	13	-	-	0,2210***	-	p<0,001
	16	0,2315***	-	-	-	

Valores: * perde de significância; ** diminui a significância e *** aumenta a significância.

4.5 Análises dos acréscimos e riscos relativos

A análise dos acréscimos no aumento dos casos de dengue e dos riscos relativos de ocorrência devido à variação individual das variáveis TMáx, TMín e Prec, pode ser observada nas Tabelas 20, 21 e 22, respectivamente.

Para a TMáx foi feito um incremento a cada 2°C até 10°C e verificou-se um aumento médio nos casos de dengue (Tabela 20).

Tabela 20 - Acréscimo e risco relativo dos casos de dengue conforme a variação de

TMáx em Cingapura

Variáveis	Log			ACRÉSCIMO	S (%)	
variaveis	Lag	$\Delta 2$	$\Delta 4$	$\Delta 6$	$\Delta 8$	Δ 10
	1	30,5	70,2	122,0	189,6	277,9
	2, 3, 5	18,5	40,5	66,5	97,5	134,4
	8, 10	16,0	35,2	58,0	85,3	118,0
	11, 12, 13, 14	21,1	47,2	79,3	119,1	168,4
	15, 16	24,8	56,9	98,5	152,9	224,1
	Média	22,2	50,0	84,9	128,9	184,6
TMáx				RISCO RELA	TIVO	
	1	1,30	1,70	2,22	2,90	3,78
	2, 3, 5	1,18	1,40	1,67	1,98	2,34
	8, 10	1,16	1,35	1,58	1,85	2,18
	11, 12, 13, 14	1,21	1,47	1,79	2,19	2,68
	15, 16	1,25	1,57	1,99	2,53	3,24
	Média	1,22	1,50	1,85	2,29	2,85

Na análise dos acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da TMáx, verificou-se que se ocorrer uma variação de 0 a 2°C haverá um acréscimo de 22,2% (Δ2), havendo a variação de 2°C a 4°C este percentual será de 50% (Δ4), com a variação de 4°C a 6°C este aumento será de 84,9% (Δ6). Para uma variação de 6°C a 8°C o aumento médio será de 128,9% (Δ8). Se houver uma variação de 8°C a 10°C o acréscimo médio dos casos de dengue será de 184,6% (Δ10). O acréscimo médio total no aumento dos casos de dengue será de 94,1% (Figura 24a)

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue por influência da TMáx. Nota-se que o risco relativo médio foi de 1,22 para 2,85, ($IC_{95\%}$ = 1,12: 1,09). O risco relativo total médio foi de 1,80 (Figura 24b).

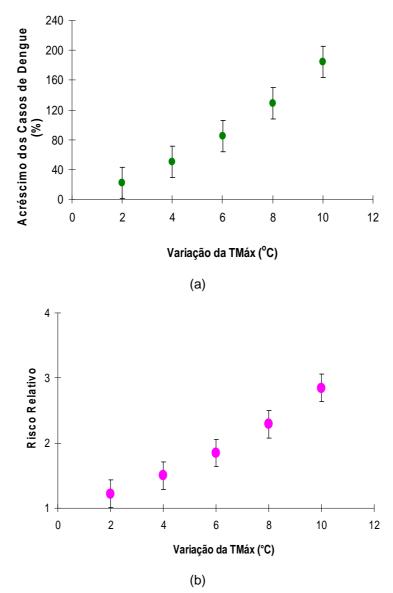


Figura 24 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da TMáx em Cingapura

Para a TMín foi realizado o mesmo procedimento para TMax, com um incremento a cada 2°C até 10°C e verificou-se um aumento médio nos casos de dengue (Tabela 21).

Tabela 21 - Acréscimo e risco relativo dos casos de dengue conforme a variação de

TMín em Cingapura

Variáveis	Log	ACRÉSCIMOS (%)									
variaveis	Lag	$\Delta 2$	$\Delta 4$	$\Delta 6$	$\Delta 8$	Δ10					
	0, 1	22,0	49,0	82,1	122,9	173,2					
	2, 3, 5	23,7	53,0	89,3	134,2	189,8					
	11, 12, 13	23,1	52,1	89,0	136,0	196,2					
	16	35,8	84,5	150,5	240,3	362,2					
	Média	26,1	59,6	102,7	158,4	230,3					
TMín		RISCO RELATIVO									
	0, 1	1,22	1,49	1,82	2,23	2,73					
	2, 3, 5	1,24	1,53	1,89	2,34	2,90					
	11, 12, 13	1,23	1,52	1,89	2,36	2,96					
	16	1,36	1,84	2,51	3,40	4,62					
	Média	1,26	1,60	2,03	2,58	3,30					

Assim, analisando os acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da TMín, verificou-se que se ocorrer uma variação de 0 a 2° C haverá um acréscimo de 26,1% ($\Delta 2$), se ocorrer um amento de 2° C a 4° C este percentual será de 59,6% ($\Delta 4$), com a variação de 4° C a 6° C este aumento será de 102,7% ($\Delta 6$). Para uma variação de 6° C a 8° C este aumento médio será de 158,4% ($\Delta 8$). E por fim, se esta variação for de 8° C a 10° C o acréscimo médio dos casos de dengue será de 230,3% ($\Delta 10$). O acréscimo total médio no aumento dos casos de dengue será de 115,4% (Figura 25a).

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue por influência da TMín. Nota-se que o risco relativo médio foi de 1,26 para 3,30, ($IC_{95\%}$ = 1,15: 1,10). O risco relativo médio total foi de 1,75 (Figura 25b).

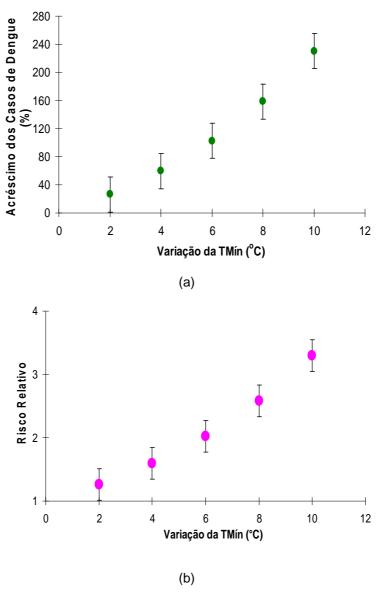


Figura 25 - (a) Acréscimo dos casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da TMín em Cingapura

Para a Prec foi feito um incremento a cada 5mm até 55mm e verificou-se que o aumento médio nos casos de dengue (Tabela 22).

Tabela 22 - Acréscimo e risco relativo dos casos de dengue conforme a variação da Prec em Cingapura

1 100 cm Omgapara													
•	Variáveis	Lag	ACRÉSCIMOS (%)										
_			Δ5	Δ10	∆15	$\Delta 20$	Δ25	$\Delta 30$	∆35	∆40	∆45	∆50	∆55
		22	6,4	13,2	20,5	28,2	36,4	45,2	54,4	64,3	74,9	86,1	98,0
		23, 24, 25	4,9	10,0	15,4	21,1	27,1	33,4	40,0	47,0	54,3	62,0	70,2
		Média	5,6	11,6	18,0	24,7	31,8	39,3	47,2	55,7	64,6	74,1	84,1
	Prec			RISCO RELATIVO									
		22	1,06	1,13	1,20	1,28	1,36	1,45	1,54	1,64	1,75	1,86	1,98
		23, 24, 25	1,05	1,10	1,15	1,21	1,27	1,33	1,40	1,47	1,54	1,62	1,70
		Média	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,39	1,47	1,56	1,65	1,74	1,84

Na análise dos acréscimos dos casos de dengue devido ao aumento individual da Prec, verificou-se que se ocorrer uma variação de 5mm haverá um acréscimo de 5,6% (Δ 5), se a variação for de 10mm o acréscimo será de 18,0% (Δ 15), com a variação de 25mm o acréscimo será de 31,8% (Δ 25), havendo a variação de 35mm o aumento será de 47,2% (Δ 35), com a variação de 45mm o acréscimo será de 64,6% (Δ 45). E por fim, se a variação for de 55mm este acréscimo será de 84,1% (Δ 55). O acréscimo total médio no aumento dos casos de dengue será de 41,5% (Figura 26a).

O risco relativo foi calculado para determinar a ocorrência dos casos de dengue por influência da Prec. Nota-se que o risco relativo médio foi de 1,06 para 1,84, ($IC_{95\%}$ = 1,01: 1,01). O risco relativo total médio foi de 1,42 (Figura 26b).

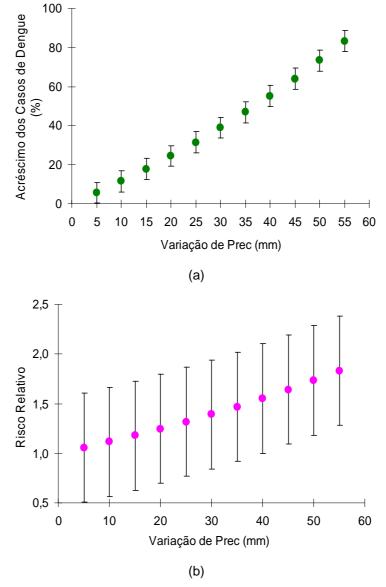


Figura 26 - (a) Acréscimo do aumento de registros de casos de dengue e (b) Risco relativo de ocorrência dos casos de dengue decorrente da influência da Prec em Cingapura

4.6 Probabilidades de ocorrência de novos dos casos de dengue

As probabilidades mensais de ocorrência de novos casos de dengue foi calculada utilizando os coeficientes (β_0 e β_1) gerados pelo MRP e as variações estabelecidas (2°C a 10°C) da variável climática que mais exerce influência no aumento dos casos de dengue, neste caso utilizou-se a temperatura (Tabela 23).

Tabela 23 - Probabilidades de ocorrência de novos casos de dengue em Cingapura

Mese	es	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	$\Delta 2$	79	80	81	81	83	84	85	85	84	82	80	80
(%)	$\Delta 4$	80	81	82	82	84	86	89	89	87	86	84	83
PROB	$\Delta 6$	81	82	83	84	86	87	90	92	89	88	86	85
PR	$\Delta 8$	82	82	84	85	85	87	90	90	91	91	87	88
	Δ10	85	84	85	86	89	91	95	94	95	91	89	90

As probabilidades de ocorrência dos novos casos de dengue foi observado no trimestre de julho (85% a 95%), agosto (85% a 94%) e setembro (84% a 94%). Estas probabilidades são observadas no período da monção de sudeste.

As variações escolhidas para representar o comportamento das probabilidades foram: 2°C, 6°C e 10°C e as chances de novos casos foram observadas durante os meses de junho a setembro, (Figura 27).

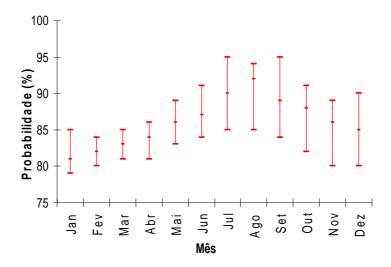


Figura 27 - Probabilidades mensais de ocorrência dos novos casos de dengue em Cingapura no período de $2000\ a$

4.7 Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)

A Tabela 24 mostra as análises de fatores das variáveis climáticas, a matriz de dados possui o número das variáveis climáticas (p) igual a cinco (TMáx, TMín, Prec, URMáx e URMín), e o número dos eventos (m). Os valores em **negrito** indicam os elementos com pesos mais significativos e que possibilitam a identificação das variáveis representativas no processo. A comunalidade (h^2), indica o quanto a variabilidade dos dados foi significativamente captada pelos 2 fatores identificados.

A análise fatorial para as variáveis climáticas foi feita e, neste caso, CP₁ e CP₂ explicam juntos 67,8% da variância dos dados, sendo satisfatória a explicação do processo (Kaiser 1960). A CP₁ explica 45,4% da variância dos dados, é representada pelas variáveis TMáx, TMín e Prec. A variável Prec apareceu associada negativamente (-0.634) com as TMáx (0,895) e TMín (0,733). A CP₂ explica 22,4% da variância dos dados, neste caso a URMáx (0,796) e URMín (0,415). A primeira componente informa que o aumento de casos de dengue tem forte associação com as temperaturas e está negativamente associado com a precipitação. Resumidamente, as variáveis climáticas possuem uma associação explícita, corroborando resultados anteriores.

Tabela 24 - Análise de fatores com rotação Varimax e comunalidade referentes às variáveis climáticas de Cingapura

Variáveis	CP₁	CP ₂	h ²	
Prec	-0,634	0,159	0,427	
TMáx	0,895	0,219	0,849 0,777	
TMín	0,733	0,490		
URMáx	-0,208	0,796	0,677	
URMín	-0,697	0,415	0,658	
Autovalores	2,269	1,120	TOTAL	
Variância (%)	45,384	22,402	67,79%	

4.7.1 Aplicação dos escores das CPs na Modelagem Múltipla de Regressão de Poisson (MMRPe)

Nesta etapa foram feitas novamente as análises multivariada, porém sem inserir as variáveis dependentes. A partir de então, foram extraídos os *escores* das CPs para estimar os coeficientes através da Modelagem de Regressão de Poisson (MMRPe).

Nesta abordagem os *escores*, que funcionam como "índices" nos quais contêm mais informações das variáveis relacionadas ao processo, do que a análise de regressão com as variáveis brutas (como as utilizadas no MMRP). Os *escores* obtidos foram chamados ECP₁ e ECP₂.

Na Tabela 25 estão descritos os coeficientes da MMRPe para a variável dependente através dos *escores* das CPs. Os coeficientes da modelagem múltipla de ECP₁+ECP₂ foram: β_0 =3,1115; ECP₁ (β_1 =0,5202) e ECP₂ (β_2 =0,2601). Estes são os estimadores da equação do modelo.

Tabela 25 - MMRPe através dos escores das variáveis climáticas de Cingapura

ECP ₁ +ECP ₂ ($\beta_0 = 3,1115$)	$oldsymbol{eta}_1$	eta_2	r
ECP ₁	0,5202	-	p<0,001
ECP ₂	-	0,2601	

5 DISCUSSÃO

5.1 Discussão

Os resultados deste trabalho refletem as características climáticas dos locais de estudo abordando o quanto da influência que cada variável climática (TMáx, TMín, Prec, URMáx e Umín) exerce no aumento dos casos de dengue. Analisando o comportamento das variáveis e sua evolução foi possível notar que há uma relação direta das variáveis com o aumento dos casos de dengue.

5.2 Baixada Santista

No entendimento das influências que as variáveis climáticas exercem no aumento dos casos de dengue é fundamental conhecermos os fatores climáticos que fazem parte do processo. No presente estudo, considerou-se o uso da modelagem de regressão de Poisson, através de uma modelagem preditiva Modelo Brasileiro de Clima e Saúde - MBCS (Coelho-Zanotti, 2010), como uma das formas de ação no controle e prevenção do aumento dos casos da doença na região da Baixada Santista.

Primeiramente, analisando o comportamento do clima em escala global para cada ano de estudo e a princípio consideramos que houve

atuação do fenômeno EL Niño⁴ nos anos com maiores casos de dengue registrados. Sendo assim, de 2002 para 2003, ocorreu o fenômeno de intensidade moderada e de 2006 para 2007 de intensidade fraca. Na região sudeste do Brasil o fenômeno tende a apresentar temperaturas mais elevadas e aumento da precipitação, no verão e no inverno, dependendo do período de extensão do fenômeno.

No ano de 2001 ocorreu um evento de La Niña⁵, de intensidade moderada, com temperaturas abaixo do normal o ano tudo, diminuição da intensidade da precipitação, na região sudeste do Brasil (Climanálise, 2000-2008). Neste caso, o que modulou as características do clima foram outros fatores climáticos, como por exemplo, os efeitos locais, os deslocamentos com mais freqüência e rapidez das frentes frias, vindas da região sul do Brasil e chegaram até o litoral de São Paulo. Sem deixar de considerar ações antrópicas que alteram as características físicas locais.

Os casos da dengue apresentaram um comportamento sazonal, sendo os maiores picos de registros nos meses de março, abril e maio (outono) e os menores registrados nos meses de setembro, outubro e novembro (primavera). Sendo que a infestação dos mosquitos sempre começa quando as temperaturas aumentam e o período chuvoso começa. Confaloniere (2003) afirmou que no auge da estação chuvosa o meio se

⁴ É o aquecimento anômalo das águas superficiais do setor centro-leste do Oceano Pacífico,

predominantemente na sua faixa equatorial. É um fenômeno oceânico-atmosférico que afeta o clima regional e global, mudando a circulação geral da atmosfera, também é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos (LabMet, 2010).

⁵ É oposto ao El Niño, corresponde ao resfriamento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental formando uma "piscina de águas frias" nesse oceano (LabMet, 2010).

torna desfavorável a proliferação de mosquitos pelo grande escoamento superficial que carreia as larvas dos insetos para fora dos criadouros, inviabilizando-as. Por outro lado, após dois ou três meses de estação seca, o meio se torna desfavorável à sobrevivência dos mosquitos pela baixa umidade relativa e a ausência de criadouros temporários. O melhor período para a infestação do mosquito é, de fato, no final da primavera e início do verão, quando o ambiente perfeito para o seu ciclo de vida e atividade.

As matrizes de correlação de Pearson das variáveis climáticas foram feitas para indicar quais seriam inseridas no modelo individualmente com objetivo de saber a influência que cada uma delas exerceu no aumento dos casos de dengue.

O MRPU (Coelho-Zanotti, 2010) mostrou que os coeficientes gerados das variáveis apresentam significância apenas para TMín, TMáx e Prec com lag de 10 semanas, exerciam as maiores influências no aumento dos casos de dengue.

Segundo a Climanálise (2003) o que pode explicar esta condição climática é que a região apresenta altas temperaturas e fortes pancadas de chuvas ocasionadas pelo calor. Assim, surgirão vários criadouros naturais para o vetor se desenvolver. As variáveis URMín e URMáx apresentaram os coeficientes fracos e foram descartados para do uso no modelo.

Na modelagem múltipla, em todas as etapas, houve ajuste pela variável de controle (mês). Iniciou-se a modelagem com quatro combinações entre as variáveis.

Na MM¹ todas as variáveis independentes foram inseridas juntamente com o controle, todas as variáveis perderam um pouco de significância indicando que a combinação entre variáveis forte, elas acabam se equiparando por apresentarem autocorrelação entre si.

A rodada MM² foi feita uma combinação entre a precipitação e as temperaturas (máxima e mínima) e os maiores pesos foram das temperaturas com lags de 11 e 13 semanas, respectivamente. O menor peso foi da precipitação com lag de 7 semanas. Isso pode ser explicado pelo período com temperaturas em elevação e chuvas ocasionadas pelo calor, ou seja, para ano sob influência de El Niño, o calor permanecerá de uma estação a outra e com possibilidade de chuvas.

Na MM³ foram inseridas as umidades relativas (máxima e mínima) juntamente com a precipitação e todas as variáveis tiveram baixa significância depois de inserido o controle. Este resultado coincide com o encontrado pelo MM¹, onde as variáveis possuem o mesmo peso de significância. E nenhuma se sobrepõe a outra, ou seja, se chove haverá umidade independente da intensidade da chuva (as variáveis são semelhantes).

E por fim, a MM⁴ para as temperaturas (máximas e mínimas) e umidades relativas (máximas e mínimas), a maior significância foi para temperatura mínima e máxima e a menor significância foi para umidades (máxima e mínima). Este caso, as temperaturas modulam a atividade do vetor e do ponto de vista entomológico haverá um limiar de temperatura mínima no qual dará condições de sobrevivência para que o mosquito

consiga suportar o período do inverno e chegue à primavera totalmente ileso.

Assim, a influência das variáveis no aumento dos casos de dengue ocorrerá em período de transição. Todas as combinações geradas pelo modelo múltiplo apresentaram maiores significâncias no período de janeiro, fevereiro e março, ou seja, final do verão e início do outono.

A temperatura (máxima e mínima) apresenta o acréscimo e o risco relativo maiores do que os apresentados pela precipitação. Como já era esperado, a temperatura é a variável principal que influência diretamente no aumento dos casos da doença.

A probabilidade média de ocorrência dos novos casos de dengue foi vista no trimestre de março, abril e maio, no período do outono. Teoricamente, é a fase de transição do calor (verão) até a chegada do frio (inverno).

As análises das CPs corroboram com os resultados gerados pelo MMRP, onde as CPs confirmam que há uma forte contribuição da temperatura mínima e precipitação no aumento dos casos de dengue, ou seja, a temperatura se eleva e a precipitação diminui, haverá aumento dos registros de casos da doença.

E trabalhar com os *escores* na modelagem teremos resultados mais satisfatórios, pois atuação de todas as variáveis relacionadas ao processo é completamente apurada.

5.3 Cingapura

O comportamento do clima em escala global foi novamente analisado, houve atuação dos fenômenos El Niño e Lá Niña nos anos de estudo para Cingapura. Assim, para 2004 e 2005 ocorreu El Niño de intensidade fraca e em 2007 ocorreu La Niña de intensidade forte. Na região sudeste da Ásia o fenômeno El Niño tende a provocar aumento na temperatura e diminuição considerável no regime da precipitação (abaixo da normal), enquanto que o La Niña está relacionado com fortes chuvas e enchentes, juntamente com aumento da temperatura. Neste caso, na região do sudeste asiático o que vai modular o aumento dos casos de dengue será o evento de menor intensidade, (WMO, 2010).

Os casos da dengue apresentam os maiores picos de registros nos meses de julho, agosto e setembro (monção de sudeste) e os menores registrados nos meses de fevereiro, março e abril (pré-monção de sudeste). Sendo que o aumento sempre começa no final do período chuvoso ou período de transição.

As variáveis foram inseridas no modelo individualmente com objetivo de saber a influência que cada uma exerce no aumento dos casos de dengue. A escolha das variáveis foi feita através da matriz de correlação de Pearson e as mais significativas foram: TMáx, TMín e Prec. As correlações das umidades foram fracas e descartamos do uso no modelo. Apesar de apresentar uma forte associação com as demais variáveis

climáticas, a umidade relativa será descartada devido a sua constância. A umidade da região tropical nunca é menor 89%, não apresenta uma variação siginificativa, ou seja, Cingapura está na região extremamente úmida.

Assim, as variáveis climáticas foram aplicadas individualmente no MRPU e notamos que os coeficientes que exerciam as maiores influências no aumento dos casos de dengue foram: temperatura (máxima e mínima) e precipitação, com lag de 12, 16 e 25 semanas, respectivamente.

As principais combinações do MMRP foram para MM¹ e MM², onde os pesos de significância foram da temperatura (máxima e mínima) e da precipitação. As combinações feitas apresentaram maiores influências nos meses de fevereiro e março. A TMín foi a variável mais forte e que mais influenciou no aumento dos casos de dengue.

O acréscimo e risco relativo no aumento médio dos casos de dengue foram maiores para as temperaturas. A precipitação se torna um fator protetor, pois a chuva em excesso acaba matando os mosquitos (o fator de risco). A probabilidade média de ocorrência dos novos casos de dengue foi vista no período de maio a setembro, na monção de sudeste, sendo a fase menos chuvosa no sudeste asiático.

As análises das CPs corroboram com os resultados gerados pelo MMRP (MM¹ e MM²), onde há a confirmação da forte contribuição da temperatura e da precipitação no aumento dos casos de dengue. E o uso dos escores na modelagem foram bastante satisfatórios.

6 CONCLUSÕES

6 1 Conclusões finais

6.1.1 Baixada Santista

Os resultados refletem as características climáticas dos locais de estudo. Na análise do aumento dos casos de dengue, as variáveis climáticas temperatura (máxima e mínima) e a precipitação apresentam influências significantes no processo.

As temperaturas (máxima e mínima) são as variáveis que mais exerce influência no aumento dos casos de dengue. A explicação para o maior peso da TMín pode ser a seguinte: considerando um ano de evento El Niño, o inverno é atípico, a temperatura mínima será mais elevada e a ocorrência de chuvas ocasionais, acima da média, será mais frequente. Estas condições climáticas mudam o cenário do inverno padrão (seco e frio). Assim, o ambiente favorece a proliferação do mosquito e o risco da transmissão dengue será muito maior nos próximos meses, pois o período mais propício ao desenvolvimento do vetor, a primavera, já iniciará com os níveis de infestação acima do esperado. O acréscimo e o risco relativo das temperaturas foram 80% e 1,78 (máxima) e 75% e 1,25 (mínima) aumento dos registros dos casos de dengue.

A precipitação será o fator a influenciar mais no ciclo de vida do mosquito, sendo que é importante ressaltar que a variável é um fator protetor, pois a chuva em excesso acaba matando os mosquitos (o fator de risco). O acréscimo e o risco relativo foram 27% e 1,27 no aumento dos registros dos casos de dengue.

A umidade relativa é uma variável complementar na qual atua na conservação do ambiente para vida do vetor. A sua influência está ligada a da precipitação, ou seja, elas atuam mais no ciclo de vida do vetor e não diretamente no aumento dos registros dos casos de dengue.

6.1.2 Cingapura

Em Cingapura, a variável que mais influenciou no aumento dos registros de casos de dengue foi a temperatura (máxima e mínima).

A precipitação é importante, pois atua na eclosão dos ovos do vetor, mas o seu excesso é visto como prejudicial ao mesmo, pois na região a chuva é muito mais intensa. Portanto, para muita chuva na monção de nordeste (dezembro a início de março) a precipitação acaba matando os mosquitos. No período de fevereiro a março, há uma diminuição da quantidade de chuva e justamente a quantidade de chuva deste período foi considerada pelo MRP como importante para o aumento dos registros de

dengue. O acréscimo e o risco relativo de aumento dos registros dos casos de dengue foram 41% e 1,42 (para precipitação).

No entanto, durante o clima quente e seco nas monções de sudeste (junho a Setembro), os mosquitos estão em um ambiente perfeito para infestação. A temperatura é normalmente muito elevada durante o ano todo e os maiores valores coincidiram com o aumento dos registros dos casos da doença no período. É a variável mais importante no ciclo de vida e atividade do mosquito. O acréscimo e o risco relativo no aumento dos registros de casos de dengue foram 115% e 2,25 (temperatura mínima) e 94% e 1,94 (temperatura máxima).

As variáveis temperatura e precipitação apresentaram maiores valores de acréscimo e risco relativo para Cingapura do que para a Baixada Santista. A explicação para isso está na geografia e na climatologia do local, já na Baixada Santista, que está localizada em área temperada, o que contribuiu muito na alta incidência são os fatores ambientais tais como: saneamento básico, o acúmulo de água em containers, nos vasos das plantas e os jardins maltratados e outros fatores antrópicos.

A falta de consciência ambiental no combate a estes problemas de saúde pública ainda é um desafio a ser encarado todas as vezes que começar as estações mais esperada do ano (a primavera e o verão).

Contudo, este trabalho representou um passo importante na compreensão das influências que estas variáveis climáticas exercem no aumento dos casos de dengue.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

- O uso do número de ocorrências dos eventos atmosféricos como dados de entrada do modelo;
- Que sejam utilizadas outras variáveis com as informações socioeconômicas, tipo de moradia, características físicas das regiões estudadas, idade, sexo e outras que possam refinar ainda mais as informações de estudo.
- Utilizar rodadas dos modelos matemáticos de controle de epidemia para servir de entrada para o MBCS;
- Utilizar dados do ciclo de vida do mosquito como variáveis de entrada para calibração do modelo.

ANEXOS

Anexo A



APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 02/04/2008, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 0134/08, intitulado: "INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM CASOS DE DENGUE NAS CIDADES DA BAIXADA SANTISTA (SUDESTE DO BRASIL) E CINGAPURA (SUDESTE ASIÁTICO)" apresentado pelo Departamento de PATOLOGIA.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Prof. Dr. Eduardo Massad

Pesquisador (a) Executante: Edna Pinto Pereira de Sousa

CAPPesq, 04 de Abril de 2008

600

Prof. Dr. Eduardo Massad Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do HCFMUSP e da FMUSP Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo Rua Ovídio Pires de Campos, 255, 5º andar - CEP 05403 010 - São Paulo - SP Fone: 011 3069 6442 Fax: 011 3069 6492 e-mail: cappesq@hcnet.usp.br / secretariacappesq2@hcnet.usp.br

Anexo B

This article was downloaded by: [Instituto De Ciencias Matematicas]

On: 19 December 2011, At: 08:11

Publisher: Taylor & Francis

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered

office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



International Journal of Environmental Health Research

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

http://www.tandfonline.com/loi/cije20

The influence of climate variables on dengue in Singapore

Edna Pinto ^a , Micheline Coelho ^a , Leuda Oliver ^a & Eduardo Massad ^{a b}

^a Department of Medicine, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

^b Department of Infectious Diseases, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, UK

Available online: 23 May 2011

To cite this article: Edna Pinto, Micheline Coelho, Leuda Oliver & Eduardo Massad (2011): The influence of climate variables on dengue in Singapore, International Journal of Environmental Health Research, 21:6, 415-426

To link to this article: http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2011.572279

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae, and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand, or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

International Journal of Environmental Health Research Vol. 21, No. 6, December 2011, 415–426



The influence of climate variables on dengue in Singapore

Edna Pinto^a, Micheline Coelho^a, Leuda Oliver^a and Eduardo Massad^{a,b}*

^aDepartment of Medicine, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil; ^bDepartment of Infectious Diseases, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, UK

(Received 10 December 2010; final version received 3 March 2011)

In this work we correlated dengue cases with climatic variables for the city of Singapore. This was done through a Poisson Regression Model (PRM) that considers dengue cases as the dependent variable and the climatic variables (rainfall, maximum and minimum temperature and relative humidity) as independent variables. We also used Principal Components Analysis (PCA) to choose the variables that influence in the increase of the number of dengue cases in Singapore, where PC1 (Principal component 1) is represented by temperature and rainfall and PC2 (Principal component 2) is represented by relative humidity. We calculated the probability of occurrence of new cases of dengue and the relative risk of occurrence of dengue cases influenced by climatic variable. The months from July to September showed the highest probabilities of the occurrence of new cases of the disease throughout the year. This was based on an analysis of time series of maximum and minimum temperature. An interesting result was that for every 2-10°C of variation of the maximum temperature, there was an average increase of 22.2-184.6% in the number of dengue cases. For the minimum temperature, we observed that for the same variation, there was an average increase of 26.1-230.3% in the number of the dengue cases from April to August. The precipitation and the relative humidity, after analysis of correlation, were discarded in the use of Poisson Regression Model because they did not present good correlation with the dengue cases. Additionally, the relative risk of the occurrence of the cases of the disease under the influence of the variation of temperature was from 1.2-2.8 for maximum temperature and increased from 1.3-3.3 for minimum temperature. Therefore, the variable temperature (maximum and minimum) was the best predictor for the increased number of dengue cases in Singapore.

Keywords: dengue; Poisson Regression Model; Principal Component Analysis; temperature; relative risk

Introduction

Climate change is potentially the biggest global health threat in the 21st century (Costello et al. 2009). The World Health Organization (WHO) estimates attribute more than 150,000 deaths with 5 million DALY¹ due to diseases affected by changing climate in the last three decades (Patz et al. 2005).

It is expected that global temperature rise will increase the frequency of infectious vector-borne diseases like dengue, yellow fever and other viral diseases in the next decades (Husain and Chaudhary 2008). Temperature affects the rate of pathogen

^{*}Corresponding author. Email: edmassad@usp.br

416

maturation and replication in the mosquitoes, in the density of the vector in a particular area and increases the likelihood of infection (Costello et al. 2009).

The global prevalence of dengue has grown dramatically in recent decades. Currently it is estimated that some 2.5 billion people – two fifths of the world's population – are at risk from dengue (WHO 2010). About 100 countries of the Americas, Africa, Pacific Islands, Asia and the Mediterranean have the mosquito Aedes aegypti and it is estimated that 100 million people annually contracted dengue fever according to the World Health Organization (Ooi 2001; Dhang et al. 2005; Ooi et al. 2006; Halstead 2008; Ooi and Gubler 2008; WHO 2010). By 2080, about 6 billion people will be at risk of contracting dengue fever as a consequence of climate change, compared with 3.5 billion if the climate remained unchanged (Hales et al. 2002; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2007).

According to several epidemiological studies, the most relevant climatic variables are ambient temperature and precipitation, variables that influenced each stage of the life cycle of the vectors (Jetfen and Focks 1997; Halstead 2008; Smith and Gubler 2008; Câmara et al. 2009; Johansson et al. 2009).

Temperature, for example, imposes limits on the distribution of dengue in the world, since the *Aedes aegypti* rarely survives outside the region comprised by the parallel 45° N and 35° S, where the highest temperatures are registered (Câmara et al. 2009). The vector has a range of optimal conditions, both for temperature and rainfall, which influence mosquitoes' breeding, and for each phase of its life cycle (egg, pupae, larva and adult).

According to Donalísio and Glasser (2002), the variation of Relative Humidity and of rainfall, influence the longevity of *Aedes aegypti*, which can lead the infected female aedes to complete more than one cycle of the replication of the virus, thus becoming infective. This result agrees with that found by Andrade and Dantas (2004).

In Singapore, dengue is endemic with year-round transmission (Ministry of Health [MOH] of Singapore 2005). Sero-epidemiological surveys conducted in 1982–84, 1990–91, 1993 and 1998 indicated that dengue prevalence declined from 46% in 1982–84 to 29.4% in 1998 (Wilder-Smith et al. 2004). In spite of the great effort in *Aedes* control implemented in Singapore during the last decades, outbreaks had occurred with greater frequency and intensity with the largest outbreak reported in small dengue outbreaks until the large epidemic of 2004–2005.

The incidence of dengue increased from a baseline of 9.3 cases per 100,000 habitants in 1988 to 312.2 per 100,000 in 2005 (Burattini et al. 2008). All four dengue serotypes have been detected, with DEN-3 predominating in 1992, DEN-2 in 1998 and DEN-1 in 2004–2005 (Burattini et al. 2008).

Recently Burattini et al. (2008) proposed a mathematical model to assess the impact of environmental changes on dengue incidence by making the mosquitos carrying capacity as a state variable. This was based on the assumption that the increase in both the local average temperature observed in the previous 15 years, and the number of new construction sites providing breeding places for mosquitoes, were monotonically increasing functions of time. The model reproduced the actual number of cases with good accuracy, i.e., it reproduced qualitatively the real data and was used to propose control strategies to mitigate the epidemic in 2005.

As we show later in this paper, there was an observed trend of increase in temperature and dengue cases in Singapore in the period between 1989 and 2005 (National Environmental Agency [NEA] Singapore 2005), with a Pearson correlation coefficient between temperature and dengue estimated at 0.64 (Burattini et al. 2008).

In this work, we correlated the number of dengue cases with several climatic factors. This was performed through a Poisson Regression Model (PRM), considering the number of cases as the dependent variable and the climatic conditions of rainfall, maximum and minimum relative humidity and temperature as independent variables.

One of the objectives of the study was to estimate the effects of weather on the occurrence of dengue, the relative risk, and the increase of the probability of occurrence using Poisson Regression Model. Another objective was to use the model as a predictive PRM to monitor climate change and control the emergence of new outbreaks.

The studied region

Singapore is situated in Southeast Asia at approximately 137 km north of the equator near latitude 1.5° N and longitude 104° E. It is separated from Peninsular Malaysia by the Straits of Johor and from the Indonesian Islands by the Straits of Singapore. Its total land area (including smaller islands) is 641.4 km². The main island of Singapore, where almost all the country's residential commercial and industrial developments are located, covers an area of 580 km² and is about 42 km from west to east and 23 km from north to south.

Climatology of Singapore

The climate is characterized by high temperature and relative humidity and abundant rainfall. It can be divided into two main seasons: the Northeast Monsoon (December to early March) and the Southwest Monsoon (June to September), which are separated by two short periods of inter-monsoons: Pre-Southwest Monsoon (late March to May) and Pre-Northeast Monsoon (October to November).

Data

The study period consisted of a eight-year period from January 2000 to December 2007 with two different weekly date sets: meteorological and epidemiological. Epidemiological data, i.e., the number of dengue cases confirmed by the Ministry of Health Singapore (MOH 2008), were weekly averaged over the 416 weeks of the studied period. The meteorological variables are the maximum and minimum temperature (MaxTemp and MinTemp), the maximum and minimum relative humidity (MaxRH and MinRH) obtained from the Climate Diagnostic Center and National Oceanographic and Atmospheric Administration (CDC/NOAA 2008) and the rainfall obtained from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM 2008).

Regarding data analysis, the approach used was an ecological study of time series. This kind of study is characterized by the analysis of temporal trends of variables as well as by correlations between selected variables.

Methods

The Poisson Regression Model (PRM)

We applied a weekly lag structure on all the variables to know which of these meteorological variables can directly affect the number of dengue cases in

418 E. Pinto et al.

the same weeks. Next, we constructed a correlation matrix with all the variables and their respective time lags. In this process it was possible to identify which time lags and variables were most representative in the correlation matrix.

Finally, a Poisson Regression Model was proposed, considering the number of dengue cases as dependent variable and rainfall, maximum and minimum relative humidity and temperature as independent variables. The univariate Poisson Regression Model (PRM) was based on the following model (Coelho-Zanotti 2007; Coelho-Zanotti et al. 2010):

$$Log \lambda(t) = \alpha + \sum_{t} \beta * (X)$$
 (1)

where, $\lambda(t)$ is the dependent variable, X represents the range of the independent variables and α and β are estimated coefficients.

Next, we applied the estimated coefficients to calculate the increase in the number of dengue cases (INDC), the relative risk (RR) with the confidence interval (CI) and the probability (Prob) using the following equations:

$$INDC = \left[\left(\exp^{(\beta * X)} \right) - 1 \right] * 100 \tag{2}$$

where the INDC is in percentage (%).

$$RR = \exp^{(\beta * X)} \tag{3}$$

$$CI_{95\%} = \exp \left[\beta \pm 1.96 * \text{se}(\beta)\right]$$
 (4)

where $se(\beta)$ is the Standard Error of β .

$$Prob = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta * X)}}$$
(5)

where the *Prob* is in percentage (%). All analyses were carried out with R-Plus and SPSS 15 software and we set all significant levels at 5%.

Principal Components Analysis (PCA)

The Principal Component Analysis used Factorial Analysis (FA), a statistical technique designed to interpret the structure of a series of multivariate data from their respective variance-covariance matrix. This technique can use, among others, the method of Principal Components Analysis (PCA). PCA transforms a set of original variables into a smaller set of linear combinations that better explain the greater part of the variance of the original series of data. The purpose of PCA is to determine the factors (or Principal components [PCs]) underlying the data, in order to determine the amount of the total variance that can be explained by the fewest of these factors (Wilks 1995). The calculations of FA and PCA were carried out with SPSS 15 software.

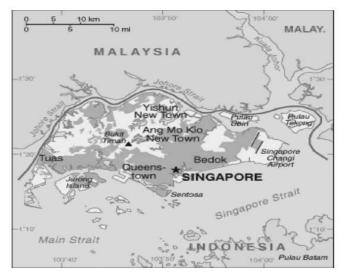


Figure 1. The total area of the Singapore region localized in Southeast Asia (NEA) National Environmental Agency, Singapore, http://www.dengue.gov.sg.

Results

Time series of the variables

It should be noted that the increase in the disease shows a pronounced seasonality, with peaks from May to September. The highest total incidence of dengue cases occurred in the years 2004 (9,059 cases), 2005 (13,874 cases) and 2007 (8,664 cases). In the period between 2000 and 2007, the maximum rainfall volume recorded was 2,816 mm (in December 2006); the average maximum and minimum temperature was of 29.7°C (in May 2005) and 24.7°C (in January 2007). The maximum and minimum relative humidity in the period was 100% (in December 2006) and 83.5% (in August 2004). Figure 2 shows the time series of the variables.

Figure 3 shows the total monthly averaged number of confirmed dengue cases in the period between 2000 and 2007. The period of highest incidence of disease are the months of June, July, August and September with a peak in July (6,564 cases) and September (7,343 cases).

Table 1 shows the descriptive statistics of the data used in this study. Data are presented monthly. In addition, the variables were transformed from weekly to monthly data, in order to compose the table in the same time scale.

The Poisson Regression Model

The lag structure was determined by varying from 0–40 weeks between the dependent and the independet variables. Next, we constructed a correlation matrix with all the variables and their respective time lags. In this process it was possible to identify which time lags and which variables were most representative in the correlation matrix. The most significant lags found were 0–16 weeks.

420 E. Pinto et al.

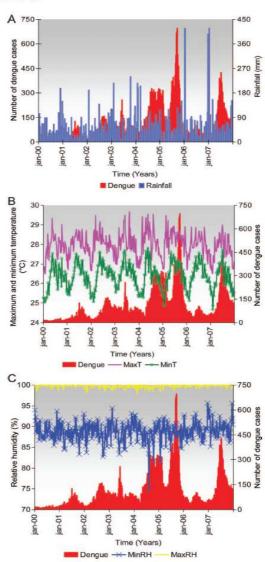


Figure 2. The time series of the weekly accumulated number of dengue cases (red bars): (a) with the weekly accumulated of rainfall (blue bars); (b) with the weekly average of the maximum (rose line) and minimum (green line) temperature and (c) with the weekly average of the maximum (yellow line) and minimum (blue line) relative humidity in the period from 2000–2007.

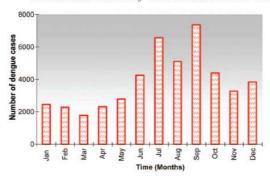


Figure 3. Monthly average of the total number cases of the disease in the period from 2000–2007.

Table 1. Descriptive statistics of the variables.

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation	CV
Rainfall (mm)	44.2	32.4	0.0	417.8	51.3	116.2
MaxTemp (°C)	28.0	28.0	26.5	29.7	0.6	2.2
MinTemp (°C)	26.4	26.4	24.7	27.8	0.6	2.4
MaxRH (%)	99.7	99.9	97.9	100.0	0.4	0.4
MinRH (%)	88.8	89.0	74.6	95.7	2.3	2.6
Dengue cases	111.4	75.5	3.0	697.0	111.8	100.3

The variables that were best correlated with statistical significance were the maximum and minimum temperature and so the modeling was performed with only these variables. Table 2 shows the correlation matrix with the Pearson's correlations for maximum and minimum temperatures and their significance level. The Kolmogorov-Smirnov adherence test to a normal distribution, showed values of 8.0 and 9.2 to maximum and minimum temperature, respectively. With the parameters estimated by the PRM we calculated the increase of the disease, the relative risk increase influenced by the maximum and minimum temperatures, and the probability of occurrence of new dengue cases in Singapore.

Increase in the number of dengue cases

In Table 3, the coefficients α and β estimated by the model and used to calculate the INDC, RR, CI and Prob with a range from 2–10°C of variation in the maximum and minimum temperatures are presented.

The coefficients α and β were then applied in Equation 2 to calculate the INDC (Table 4). For every 2–10°C of variation of the maximum and minimum temperature there was an average increase of 22.2–184.6% in the number of dengue cases. For the minimum temperature, we observed that for same variation, there was an average increase of 26.1–230.3% in the number of the dengue cases from April to August.

422 E. Pinto et al.

Table 2. Pearson's Correlation between number of dengue cases and meteorological variables (maximum and minimum temperature) and the statistical significance levels.

Variables' lags	r (p < 0.005)	Variables' lags	r (p < 0.005)
MaxTemp lag 0	0.140	MinTemp lag 0	0.188
MaxTemp lag 1	0.162	MinTemp lag 1	0.215
MaxTemp lag 2	0.173	MinTemp lag 2	0.241
MaxTemp lag 3	0.188	MinTemp lag 3	0.257
MaxTemp lag 4	0.177	MinTemp lag 4	0.265
MaxTemp lag 5	0.185	MinTemp lag 5	0.284
MaxTemp lag 6	0.183	MinTemp lag 6	0.287
MaxTemp lag 7	0.194	MinTemp lag 7	0.294
MaxTemp lag 8	0.217	MinTemp lag 8	0.298
MaxTemp lag 9	0.210	MinTemp lag 9	0.291
MaxTemp lag 10	0.220	MinTemp lag 10	0.291
MaxTemp lag 11	0.240	MinTemp lag 11	0.287
MaxTemp lag 12	0.234	MinTemp lag 12	0.275
MaxTemp lag 13	0.238	MinTemp lag 13	0.259
MaxTemp lag 14	0.233	MinTemp lag 14	0.234
MaxTemp lag 15	0.223	MinTemp lag 15	0.207
MaxTemp lag 16	0.206	MinTemp lag 16	0175

Table 3. The coefficients α and β estimated by the PRM to maximum and minimum temperatures.

Variables	α	β
MaxTemp	2.043	0.094
MinTemp	1.136	0.109

Table 4. Variation in the range of maximum and minimum temperature at which they cause an increase in the numbers of dengue cases.

			Increase of the numbers of dengue cases (%)					
Variables		Months	Δ2 (°C)	Δ4 (°C)	Δ6 (°C)	Δ8 (°C)	Δ10 (°C)	
Temperature	Maximum	April May June July August Average	30.5 18.5 16.0 21.1 24.8 22.2	70.2 40.5 35.2 47.2 56.9 50.0	122.0 66.5 58.0 79.3 98.5 84.9	189.6 97.5 85.3 119.1 152.9 128.9	277.9 134.4 118.0 168.4 224.1 184.6	
	Minimum	April May July August Average	22.0 23.7 23.1 35.8 26.1	49.0 53.0 52.1 84.5 59.6	82.1 89.3 89.0 150.5 102.7	122.9 134.2 136.0 240.3 158.4	173.2 189.8 196.2 362.2 230.3	

The RR was calculated to determine how the occurrence of dengue cases was related to the influence of maximum and minimum temperatures. However, if there were a variation in the maximum temperature of $2-10^{\circ}\text{C}$, the increased risk of occurrence of the disease would be from 1.2-2.8 with a $C/_{95}$ 1.13: 1.09. For minimum

temperature, in the same interval, the increase would be from 1.3–3.3 with a $C/_{95}$ 1.15: 1.10 (Figure 4).

The monthly probabilities of occurrence of new cases of dengue were calculated using Equation 5. During the months of May to September the chances of new cases further increased in July (85–95%) and September (84–94%). However, regardless of climatic variables, there was a probability of 79% of new cases that can be attributed to other causes, such as sanitation, water accumulated in containers, potted plants, gardens badly treated, among others.

The months from April to September showed the highest probabilities of the occurrence of dengue, although the incidence values were very high in the spring and summer seasons too. We found that the probability increased slightly from 82% (in October) to 91% (in December). This latter period represents the beginning of the rainy season (Figure 5).

Principal Components Analysis (PCA)

The need for a second analysis was to attempt to corroborate through a second statistical method the influences of meteorological variables on the number of

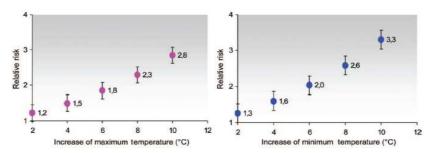


Figure 4. The increase in the risk of ocorrence of dengue cases with the influence of the (a) maximum and (b) minimum temperature.

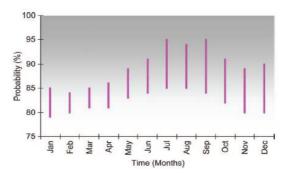


Figure 5. Monthly probability of occurrence of new dengue cases in the period from 2000–2007.

424 E. Pinto et al.

dengue cases in Singapore. PCA was used to confirm that the meteorological variables influence the number of dengue cases in Singapore. The model with the scores of the PCA was in accordance with the PRM, where PC₁ was represented by temperatures and rainfall and PC₂ was represented by relative humidity. The variable precipitation was discarded for not having a significant correlation with the variable dengue. Varimax rotation² was used. Table 5 shows the factor analysis of the meteorological variables rainfall, MaxTemp, MinTemp, MaxRH and MinRH, the factors being considered PC₁ and PC₂ that together explain 67.8% of variance of data, being satisfied with the explanation of the procedure (Wilks 1995).

The PC_1 explains 45.4% of the variance, and the rainfall was negatively associated with the temperatures. The PC_2 explaining 22.4% of the variance in this case was the relative humidity. Temperatures have the largest share, followed by relative humidity. The sum of PC1+PC2 should represent 70% of the original set of data used in a study with such an approach.

Discussion

Our results reflect the climatic characteristics of Singapore; more rainy in December to March and less rainy in June to September, a typically tropical climate. However, we must remember that it rains throughout the year and temperatures are also high throughout the year. The analysis of cases of dengue and climate variables showed a positive correlation between the disease and the maximum and minimum temperatures. The PRM model was able to predict with acceptable error the increase in the number of cases of Dengue based on this climatic variable.

Through PCA, we observed that the greatest weight was for the temperature variable, followed by precipitation. Therefore, the PCA analysis corroborates the results of the PRM model, showing that the variable that most influenced the increase in the number of dengue cases is the same temperature (Wilks 1995).

In addition, our results are consistent, in the sense that minimum temperature ranging on average between 25°C and 27°C through the year, facilitating precipitation and the cycle of life of the mosquito, which in turn results in the spreading of the disease. Temperature explains a great portion of the variance because in Singapore rain is a consequence of increased temperatures inducing convection and precipitation in the period of the Southeast Monsoon (April to September).

It is important to note that, in a recent publication, Wilder-Smith et al. (2010) did not obtain any significant association between temperature and dengue cases. However, those authors applied a different statistical model to the data, namely the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model, which is a time-series

Table 5. Factor analysis with Varimax rotation and commonalities (h²) concerning the meteorological variables.

Variables	PC ₁	PC_2	h^2
Rainfall	-0.634	0.159	0.427
MaxTemp	0.895	0.219	0.849
MinTemp	0.733	0.490	0.777
MaxRH	-0.208	0.796	0.677
MinRH	-0.697	0.415	0.658
Eigenvalues	2.269	1.120	Total
% of variance	45.384	22,402	$67.786 \approx 70\%$

analysis and not a multivariate model as the Poisson Regression model applied in this paper.

Finally, the dengue epidemic and its increase can be monitored by this methodology, because it shows how and when there is an increase in the number of cases of the disease. Therefore, for too much rain in the northeast monsoon (December to early March), there is an expected increase in disease, because excess water will interfere with the life cycle of the mosquito, allowing it to "wash out" the mosquitoes.

However, during hot, dry weather in the southeast monsoon (June to September), mosquitoes are in a perfect environment for their entire life cycle, thus generating a high incidence of dengue in the city of Singapore. Therefore, this work represents an important step in understanding the disease and to find a way to help in the designing of a control strategy for reducing the number of dengue cases.

Thus, we conclude that the variable temperature (maximum and minimum) is the best predictor for the number of dengue cases in the city of Singapore. PCA is a very good alternative when working with many variables of different units because we consider the use of the scores given to each of these variables. The results obtained with this technique were compared with the results of PRM and were very satisfactory.

If we know beforehand the change or increase in weather variable, we can use the PRM model to estimate how much the increase in the value of those variables influences the number of cases of the disease. This suggests that results of the model PRM can be optimized with more variables that provide the best forecast for the number of cases.

Acknowledgements

This work was partially supported by CNPq, CAPES, FAPESP and LIM01/HCFMUSP.

Notes

- DALY, "The Disability-Adjusted Life Year", is a measure of overall disease burden, expressed as the number of years lost due to ill-health, disability or early death (Murray and Lopez 1996).
- Varimax rotation is used to simplify factors by maximizing the variance of the weights (weights of the new factors were divided by the square roots of their commonalities). This process of rotating the initial factor aims to create a clearer separation between the factors.

References

- Andrade IS, Dantas RT. 2004. Estudo da Influência de Elementos Meteorológicos nos Casos de Cólera, Dengue e Meningite na Cidade de Campina Grande, Anais CBMET, Edição XIII, Fortaleza.
- Burattini MN, Chen M, Chow A, Coutinho FAB, Goh KT, Lopez LF, Ma S, Massad E. 2008. Modelling the control strategies against dengue in Singapore. Epidemiol Infect. 136(3):309–319.
- Câmara FP, Gomes AF, Santos GT, Câmara DCP. 2009. Clima E Epidemias de Dengue no Estado do Rio de Janeiro. Rev da Sociedade Brasileira Med Trop. 42(2):137–140.
- Climate Diagnostic Center/National Oceanographic and Atmospheric Administration (CDC/NOAA). 2008. Accessed 19 July 2008 from the website: http://www.cdc.noaa.gov/.
- Coelho-Zanotti MSS. 2007. Uma Análise Estatística com Vistas a Previsibilidade de Interações por Doenças Respiratórias em Função de Condições Meteorológicas na Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado em Meteorologia no Instituto de Astronomia, Geofisica e Ciências Atmosférica da USP/São Paulo, 178 f.

- Coelho-Zanotti MSS, Gonçalves FLT, Latorre MRDO. 2010. Statistical analysis aiming at predicting respiratory tract disease hospital admissions from environmental variables in the city of São Paulo. J Environ Public Health. Vol. 2010, Article ID 209270, 11 pages (DOI: 10.1155/2010/209270)
- Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bellamy R, Friel S, Grace N, Johnson A, Kett M, Lee M, Levy C, Maslin M, McCoy D, McGuire B, Montgomery H, Napier D, Pagel C, Patel J, Oliveira JAP, Redclift N, Rees H, Rogger D, Scott J, Stephenson J, Twigg J, Wolff J, Patterson C. 2009. managing the health effects of climate change. Lancet. 373:1693-1733.
- Donalísio MR, Glasser CM. 2002. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. Rev Bras Epidemiol. 5:259-272
- Dhang CC, Benjamin S, Saranum MM, Fook CY, Lim LH, Ahmad NW, Azirun MS. 2005. Dengue vector surveillance in urban residential and settlement areas in Selangor, Malaysia. Trop Biomed. 22(1):39-43.
- Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A. 2002. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. Lancet. 360:830-834
- Halstead SB. 2008. Dengue virus-mosquito interactions. Ann Rev Entomol. 53:273-291.
- Husain T, Chaudhary JR. 2008. Human helath risk assessment due to global warming a case study of the Gulf countries. Int J Environ Res Public Health. 5:204-212.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Impacts, adaptations and vulnerability. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, editors. Contribution of working group II to the 4th assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jetfen TH, Focks DA. 1997. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. Am J Trop Med Hyg. 57(3):285–297.

 Johansson MA, Dominici F, Glass EG. 2009. Local and global effects of climate on dengue
- transmission in Puerto Rico. PLOS Neglected Trop Dis. 3(2):e382.

 Ministry of Health of Singapore (MOH). 2005. Final report of the expert panel on dengue.

 Accessed 21 September 2005 from the website: http://www.moh.gov.sg/cmaweb/attach ments/topic/3625c5ae51QU/ Final_Reportdengue_7_Oct_05.pdf. Accessed 16 July 2008 from the MOH website: http://www.moh.gov.sg/mohcorp/default.aspx.
- Murray CJL, Lopez AD. 1996. The global burden of disease. Geneva: World Health Organization and the World Bank.
- National Environmental Agency (NEA), Ministry of Environment and Water Resources of Singapore. 2005. NEA's key operation strategies in dengue control. Accessed 8 September 2005 from the website:http://app2.nea.gov.sg/localclimate_ClimatologyOfSingapore. aspx.
- Ooi EE, Gubler DJ. 2008. Dengue in Southeast Asia: epidemiological characteristics and strategic challenges in disease prevention. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 25(Supp1S):115-124.
- Ooi EE, Goh KT, Gubler DJ. 2006. Dengue prevention and 35 years of vector control in
- Singapore. Emerg Infect Dis. 12:6. Ooi EE. 2001. Changing pattern of dengue transmission in Singapore. Dengue Bull. vol. 25. Patz JA, Lendrum DC, Holloway T, Foley JA. 2005. Impact of regional climate change on human health. Nature. 438:310-317.
- Smith AW, Gubler DJ. 2008. Geographic expansion of dengue: the impact of international travel. Méd Clin N Am. 92:1377-1390.
- Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). 2008. Accessed 19 July 2008 from the
- website:http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMMV6.3B42.shtml.
 Wilder-Smith A, Earnest A, Tan SB, Ooi EE, Gubler DJ. 2010. Lack of association of dengue activity with dengue. Epidemiol Infect. 138:962-967
- Wilder-Smith A, Foo W, Earnest A, Sremulanathan S, Paton N. 2004. Seroepidemiology of dengue in the adult population of Singapore. Trop Med Int Health. 9:305
- Wilks DS. 1995. Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. San Diego: Academic Press. p. 467.
- World Health Organization (WHO), 2010. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Fact sheet No. 117. Accessed 2 August 2010 from the website:http://www.who.int/mediacentre/ factsheets/fs117/en/, 2005.

7 REFERÊNCIAS

7 Referências Bibliográficas

Amarakoon, D.; Chen, A.; Rawlins, S.; Chadee, D.; Taylor, M.; Stennet, R. Dengue epidemics in the Caribbean-temperature indices to gauge the potential for onset of dengue. **Springer Science Business Media**, 2007.

Andrade IS, Dantas RT. Estudo da influência de elementos meteorológicos nos casos de cólera, dengue e meningite na cidade de Campina Grande. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-Ceará. Anais 10 p., set. 2004.

Braga IA, Valle D. Aedes aegypti: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**; 16(2): 113-118, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Boletim SVS**. Acessado em 15 de fevereiro 2007. Disponível no site: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/boletimquedez2006.pdf, 2006.

Câmara FP, Gomes AF, Santos GT, Câmara DCP. Clima e Epidemias de Dengue no Estado do Rio de Janeiro. **Rev da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 42 (2): 137-140, 2009.

Caseiro MM, Etzel A, Queiroz AC, Oliveira HS, Vecchio VD, Oliveria, VL. Dengue. **Rev Bras Med**, 60 (9): 716-: 722-: 724-: passim-720, 722, 724, 2003.

Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE). 2008. Acessado 21 de setembro de 2005 e 21 de julho de 2009, site: http://www.cve.saude.sp.gov.br/.

Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 2003, v.18, n.1, Janeiro. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/.

Climate Diagnostic Center/National Oceanographic and Atmospheric Administration (CDC/NOAA). Web site: http://www.cdc.noaa.gov/. Accessed in 19 July, 2008.

Climate Diagnostic Center/National Oceanographic and Atmospheric Administration (CDC/NOAA). 2008. Acessado em 19 julho de 2008, site: http://www.cdc.noaa.gov/.

Coelho-Zanotti MSS. Uma Análise Estatística com Vistas a Previsibilidade de Interações por Doenças Respiratórias em Função de Condições Meteorológicas na Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado em Meteorologia no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosférica da USP/São Paulo, 178 f, 2007.

Coelho-Zanotti MSS, Massad E. **The impact of climate on Leptospirosis in São Paulo, Brazil**. International Journal of Biometeorology. Vol 55). Pag. 1-9, 2011B. Doi: 10.1007/s00484-011-0419-4 Issn: 0020-7128 Url: http://dx.doi.org/10.1007/s00484-011-0419-4.

Confalonieri UEC. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. Terra Livre, São Paulo. v. (I), n. 20, p. 193-204, jan/jul. 2003.

Consoli RAGB, Oliveira RL. **Principais mosquitos de importância** sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz (Manguinhos), 1994.

Costa AIP, Natal D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. Rev. Saúde Pública; 32 (3):232-6, 1998.

Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bellamy R, Friel S, Grace N, Johnson A, Kett M, Lee M, Levy C, Maslin M, McCoy D, McGuire B, Montgomery H,

Napier D, Pagel C, Patel J, Oliveira JAP, Redclift N, Rees H, Rogger D, Scott J, Stephenson J, Twigg J, Wolff J, Patterson C. Managing the health effects of climate change. **Lancet**. 373:1693-1733, 2009.

Cox LA Jr. **Risk Analysis: Foundations, Models and Methods**. Boston: Kluwer, 2002.

Glossário CPTEC/INPE. Disponível no site: http://www.cptec.inpe.br/glossario/glos ABC.shtml. Acesso em: dez. 2011.

Department of Statistics Singapore: **Key Annual Indicators**. Disponível no site: http://www.singstat.gov.sg/stats/keyind.html, Acessado em 12 março de 2008, 2009.

Donalísio MR, Glasser CM. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Rev Bras Epidemiol**. 5: 259-272, 2002.

Ferreira SHS, Calbete NO. Estudo de caso de jatos de baixos níveis na América do sul ocorridos em 1999. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, Foz do Iguaçu. **Anais...**, 2002.

Ferreira, MEMC. Doenças Tropicais: o clima e a saúde coletiva. Alterações Climáticas e a Ocorrência de Malária na Área de Influência do Reservatório de Itaipu, PR.In: Terra Livre, São Paulo. Vol. 1 n. 20, p. 179-191, jan/jul. 2003.

Focks DA, Haile DG, Daniels E, Mount GA. Dynamic Life Table Model for Aedes aegypti (Diptera:Culicidae): Analysis of the Literature and Model Development, **Journal of Medical Entomology**, (30) 1003-1017, 1993.

Forattini OP. 2002. **Culicidologia médica**. Ed. Universidade de São Paulo, 2002.

Fuller DO, Troyo A, Beier JC. El niño southern osclillation and vegetation dynamics as predictors of dengue fever cases in Costa Rica. **Environmental Research Letters**, 2008.

Fundação Sistema estadual de análise de Dados - SEADE. http://www.seade.gov.br/>. Acessado em diversas datas em 2008.

Gadelha DP, Toda AT. Biológica e comportamento do Aedes Aegypti. **Rev Bras. Malariol. Doenças Trop**., 37: 29-36, 1985.

Gubler D.J., Kuno G. **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever**. CABI Publishing, 1-23 pp, New York, 1997.

Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. **Lancet**. 360:830-834, 2002.

Halstead SB. Dengue vírus-mosquito interactions. **Ann Rev Entomol**, 53: 273-291, 2008.

Husain T, Chaudhary JR. Human helath risk assessment due to global warming - a case study of the Gulf countries. **Int J Environ Res Public Health**. 5: 204-212, 2008.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Impacts, adaptations and vulnerability**. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, editors. Contribution of working group II to the 4th assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Istúriz E, Gubler DJ, Castilho JB. Dengue e febre hemorrágica, dengue na América Latina e Caribe. **Pediatria Atual**, 13: 34, 2000.

Jansen CC, Beebe NW. The dengue vector Aedes aegypti: what comes next.

Microbes and Infection. (12) 272-279.

http://doi:10.1016/j.micinf.2009.12.011, 2010.

Jetfen TH, Focks DA. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. **The American Journal Tropical of Medicine Hygiene**. 57 (3): 285-297, 1997.

Johansson MA, Dominici F, Glass EG. Local and global effects of climate on dengue transmission in Puerto Rico. **PLOS Neglected Tropical Diseases**. 3 (2): e382, 2009.

Jones C, Carvalho LMV, Higgins W, Waliser D, Schemm J-K. A Statistical Forecast Model of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies. **J. Climate**, 17, 2078-2095, 2004.

Kaiser HF. The Varimax Criteria for Analytical Rotation in Factor Analysis. Psychometric, 23, págs.:141-151, 1960.

Keiding H, Wellendorf H, Lauridsen EB.: *Evaluation of an International Series of Teak Provenance Trials*. Danida Forest Seed Centre, **Humlebæk, Denmark**. 81 p, 1986.

Kousky VE: Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Rev. Bras. Meteo.**, 3, 217-231, 1988.

LabMet, < http://www.nemrh.uema.br/meteoro/elnino.htm>. Acessado em 2009.

Lima RS, Meteorologista Previsora Infraero/CMA. Aeroporto Internacional de Guarulhos, em 18 de novembro de 2011.

Lúcio PS. **Climatologia Estocástica** - Livro em processo de publicação obtidos por meio de notas de aula, 2006.

Macdonald, WW. Aedes aegypti in Malaya II, larval and adult biology. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, v. 50, p. 300-414, 1958.

Marengo JA, Soares WR. Episódios de jatos de baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 17, n.1, 35-52, 2002.

Ministry of Health of Singapore (MOH). **Final report of the expert panel on dengue**. Acessado em 21 de setembro de 2005 no site: http://www.moh.gov.sg/cmaweb/attachments/topic/3625c5ae51QU/Final_Reportdengue_7_Oct_05.pdf, 2005.

Ministry of Health of Singapore (MOH). **Final report of the expert panel on dengue**. Acessado em 16 de julho de 2008 no site: http://www.moh.gov.sg/mohcorp/default.aspx, 2005.

Murray CJL, Lopez AD. The global burden of disease. Geneva: World Health Organization and the World Bank, 1996.

Nacional Assessment Report - NAR. Acessado em junho de 2004. http://www.env.gov.sg, 2004.

Natal D, Ueno HM. Febre do Nilo Ocidental - Caracterização e Implicação com seus Vetores. **XX Congresso Brasileiro de Entomologia**, Gramaso. Programa e Resumos, v Único. p 118-118, 2004.

OLIVA A. **Programa de manejo fronteiras para o Parque Estadual Xixová-Japuí-SP**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 239p, 2003.

Ooi EE. Changing pattern of dengue transmission in Singapore. Dengue Bull. vol. 25, 2001.

Ooi EE, Goh KT, Gubler DJ. Dengue prevention and 35 years of vector control in Singapore. **Emerg Infect Dis**. 12: 6, 2006.

Ooi EE, Gubler DJ. Dengue in Southeast Asia: epidemiological characteristics and strategic challenges in disease prevention. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro. 25 (Supp1S): 115-124, 2008.

Patz JA, Lendrum DC, Holloway T, Foley JA. **Impact of regional climate change on human health**. Nature. 438:310-317, 2005.

Patz JÁ, Martens WJM, Focks DA, Jetten TH. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate chance. **Environ. Health Perspect.**, v. 106, p. 147-153, 1998.

Pinto E, Coelho-Zanotti MSS, Oliver L, Massad E. The influence of climate variables on dengue in Singapore. **International Journal of Environmental Health Research**, DOI:10.1080/09603123.2011.572279. Disponível no site: http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2011.572279, 2011.

Pontes RJS, Ruffino-Netto A. Dengue em localidade urbana da região sudeste do Brasil: aspectos epidemiológicos. **Rev. Saúde Pública**, 28: 218-27, 1994.

Reiter P. Climate change and mosquito-borne disease. **Enviroment. Health Perspectives**, v. 109, supplement 1, 2001.

Rueda LM, Patel K L, Axtell RCS, Tinner RE Temperature dependent development end survival rates of Culex quinquefasciatus and Aedes *aegypti*. **J. Med. Entomol**., 1990.

Schreiber KV. A investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting techinique. **Int. J. Biometeology**, v. 45, p. 81-89, 2001.

Schultz GW Seasonal abundance of dengue vectors in Manila, Republic of the Philippines. SE Asian **J. Trop. Med. Public. Health**, v. 24, p. 369-375, 1993.

Smith AW, Gubler DJ. Geographic expansion of dengue: the impact of international travel. **Medical Clinics of North America**. 92:1377-1390, 2008.

Superintendência de Controle e endemias (Sucen). Dengue: ações de combate aos vetores. **Rev Saúde Pública**, 39 (6): 985-986, 2005.

Tempo Clima. Artigos, Acessado em 22de fevereiro de 2012. Disponível no site: http://topartigos.com/?p=3301, 2012.

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Disponível no site: http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMMV6.3B42.shtml. Acessado em 19 de julho de 2008.

Vieira GSS, Lima SC. Distribuição Geográfica da Dengue e Índice de Infestação do *Aedes aegypti* em Uberlândia (MG), 2000 a 2002. **Caminhos da Geografia**. 11 (17): 107-122, 2006

Wilder-Smith A, Earnest A, Tan SB, Ooi EE, Gubler DJ. Lack of association of dengue activity with dengue. **Epidemiology and Infection**. 138: 962-967, 2010.

Wilder-Smith A, Chen LH, Massad E, Wilson ME. Threat of dengue to blood safety in dengue-endemic countries. **Emerg. Infect. Dis.**, 15: 8-11, 2009.

Wilks DS. Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. San Diego: **Academic Press**. p 467, 1995.

World Health Organization (WHO). 2005. Dengue and dengue hemorrhagic fever. **Fact sheet**. No. 117. Acessado em 02 de agosto de 2010. Disponibilizado no site: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/2005.

World Health Organization (WHO). **Using Climate to Predict Infectious Disease Outbreaks: a review**. Geneva: World Health Organization, 2004.

World Meteorological Organizatio (WMO). Acessado em 10 de favereiro de 2010. http://www.wmo.int/pages/themes/climate/index_en.php, 2010.

Yang HM. **Epidemiologia da transmissão da dengue**, em Seleta do XXV CNMAC (E.X.L. de Andrade, J.M. Balthazar, S.M. Gomes, G.N. Siva e A. Sri Ranga, eds.), TEMA - Tendências em Matemática Aplicada e Computacional, Vol. 4, No. 3, pp. 387-396, SBMAC, 2003.

APÊNDICE

Apêndice A

A.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov.

O teste de aderência à distribuição normal foi o teste de Kolmogorov-Smirnov que pode ser aplicado para testar se a característica estudada da amostra é oriunda de uma população com distribuição normal. O teste é de execução simples, quando comparado ao qui-quadrado, e baseada na maior diferença absoluta entre a frequência acumulada observada e a estimada pela distribuição normal (Spiegel, 1998). Este teste inicia-se pela formulação das hipóteses:

- H₀: A característica em estudo da população ou os erros (desvios) segue a distribuição normal.
- H₁: A característica em estudo da população ou os erros (desvios)
 não segue a distribuição normal.

Posteriormente deve-se escolher a significância α e consequentemente a estatística apropriada. A estatística apropriada do teste é baseada na maior diferença absoluta entre a função de distribuição normal acumulada e a frequência relativa observada acumulada e ajustada.

- Para amostras $n \le 100$, quando o valor $D_{m\acute{a}x}$ for maior que o valor $D_{crit\acute{i}co}$ tabelado.
- Para amostras $n \ge 100$, o valor crítico D_t é obtido diretamente da expressão, sem o auxílio da tabela.

$$D_t = \sqrt{\frac{-\ln(0.5 * \alpha)}{2n}}$$

Onde: In $\acute{\rm e}$ o logaritmo natural; α : significância estabelecida; n: tamanho da amostra.

Apêndice B

A. 2 Critério de Informação de Akaike.(AIC)

O Critério de Informação de Akaike é uma estatística freqüentemente utilizada para a escolha da especificação ótima de uma equação de regressão no caso de alternativas não aninhadas.

Dois modelos são ditos não aninhados quando não existem variáveis independentes comuns aos dois.

Quando se quer decidir entre dois modelos n\u00e3o aninhados, o melhor \u00e9
o que produz o menor valor do crit\u00e9rio de Akaike

Por exemplo, o número de defasagens a serem incluídas numa equação com defasagens distribuídas pode ser indicado pela seleção que produz o menor valor do critério de Akaike.

O critério de Akaike (AIC) é definido como:

$$AIC = 2*(k-L)/N \tag{22}$$

Onde: *L* é a estatística log verossimilhança, *N* o número de observações e *k* o número de coeficientes estimados (incluindo a constante).

Log Verossimilhança é o valor do logaritmo da função de verossimilhança (na hipótese de erros com distribuição normal) calculado para os valores estimados dos coeficientes. Esta estatística serve para testes de razão de verossimilhança, que avaliam a diferença entre seus valores para versões com restrição e sem restrição da equação de regressão. A estatística log verossimilhança (L) é calculada por:

$$L = (N/2)^* (1 + \log(2\pi) + \log(SQR/N))$$

Onde: SQR a soma dos quadrados dos resíduos e NN o número de observações.

Apêndice C

A. 3 Tabelas de ocorrências de El Niño e La Niña

• Anos de eventos El Niño

1877 - 1878	1888 - 1889
1896 - 1897	1899
1902 - 1903	1905 - 1906
1911 - 1912	1913 - 1914
1918 - 1919	1923
1925 - 1926	1932
1939 - 1941	1946 - 1947
1951	1953
1957 - 1959	1963
1965 - 1966	1968 - 1970
1972 - 1973	1976 - 1977
1977 - 1978	1979 - 1980
1982 - 1983	1986 - 1988
1990 - 1993	1994 - 1995
1997 - 1998	2002 - 2003
2004 - 2005	2006 - 2007
2009 - 2010	-
Legenda: Forte	Moderada Fraco

• Anos de eventos La Niña

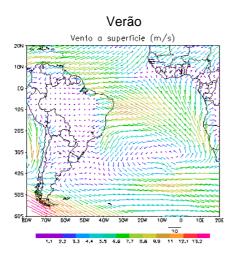
1886	1903 - 1904
1906 - 1908	1909 - 1910
1916 - 1918	1924 - 1925
1928 - 1929	1938 - 1939
1949 - 1951	1954 - 1956
1964 - 1965	1970 - 1971
1973 - 1976	1983 - 1984
1984 - 1985	1988 - 1989
1995 - 1996	1998 - 2001
2007 - 2008	-
Legenda: Fort	e Moderada Fraco

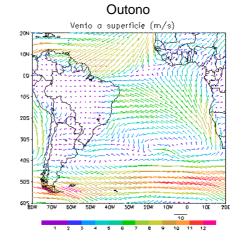
Fontes: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml e http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml

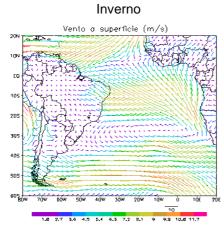
Apêndice D

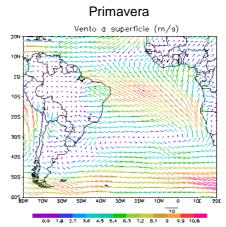
A. 4 Padrões médios de vento em superfície dos locais de estudo

Baixada Santista



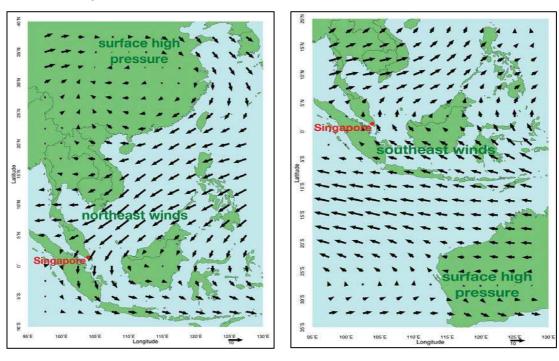






Cingapura

Monção de Nordeste Monção de Sudeste



Padrão climático (Fonte: NEA, 2009)