



Universidade Federal da Bahia

Instituto de Saúde coletiva

Programa de Pós-Graduação em Saúde coletiva

Mestrado profissional em Saúde Coletiva

Walter Massa Ramalho

**Influência do regime de chuvas na ocorrência do
dengue em municípios brasileiros, 2002 a 2006.**

Salvador, Bahia
2008



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde coletiva
Programa de Pós-Graduação em Saúde coletiva
Mestrado profissional em Saúde Coletiva

Walter Massa Ramalho

**Influência do regime de chuvas na ocorrência do
dengue em municípios brasileiros, 2002 a 2006.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Saúde Coletiva.

Orientadora: Dra. Maria de Fátima Marinho de Souza

Salvador, Bahia
2008

Ficha Catalográfica
Elaboração Biblioteca do Instituto de Saúde Coletiva

R165i Ramalho, Walter Massa.

Influencia do regime de chuvas na ocorrência do dengue em municípios brasileiros, 2002 a 2006 / Walter Massa Ramalho. – Salvador: W.M. Ramalho, 2008.

125p.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Marinho de Souza.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia.

1. Aedes aegypti. 2. Dengue. 3. Modelos Estatísticos. 4. Chuvas. 5. Meio Ambiente e Saúde Pública. I. Título.

CDU 616.98



**Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde Coletiva – ISC
Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva**

Walter Massa Ramalho

**Influência de Regime de Chuvas na Ocorrência do
Dengue em Municípios Brasileiros, 2002 a 2006.**

A Comissão Examinadora abaixo assinada, aprova a Dissertação, apresentada em sessão pública ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia.

Data de defesa: 28 de março de 2008

Banca Examinadora:

Profa. Maria de Fátima Marinho de Souza /SVS/MS

Prof. Christovam de Castro Barcellos Neto/FIOCRUZ/RJ

Profa. Maria da Glória Lima Cruz Teixeira/ISC/UFBA

Salvador
2008

Para:

Walter (pai) e Sônia;

Virgínia;

Arthur e Mariana.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Jarbas Barbosa, que com determinação e visão estratégica, encampou a luta por capacitação dos quadros da Secretaria de Vigilância em Saúde como forma de aumentar a qualidade técnica e melhorar os serviços prestados. A Regina Fernandes e ao Dr. Gerson Penna, por primarem pela excelência na concretização deste curso, e a Otaliba Libânio pela compreensão da ausência.

A minha orientadora, Dra. Maria de Fátima, pela orientação, respeito às opiniões e pelo espírito aberto a novos desafios, que faz da vida sempre estimulante.

A Dra. Glória Teixeira, pela co-orientação pautada pelas críticas, pela segurança na indicação dos próximos passos, e motivação em desvendar novos conceitos.

A Dra. Elisabeth Duarte, pela atenção dispensada em todas as etapas de construção do conhecimento, e em especial pelo singular tratamento dispensado às observações na qualificação, que permitiram a elevação da qualidade do presente estudo.

Aos integrantes da banca examinadora, particularmente ao Dr. Christóvam Barcellos, que pelo tempo exíguo imposto pelos prazos, obrigou a mais um desdobramento para o cumprimento desta tarefa.

Aos colegas do “tempo”, disciplina nova no meu currículo, incentivo prestado pelo prof. Ponce de Leon. Em particular a Washington Junger nas preciosas indicações e revisões, fundamentais à conclusão deste trabalho.

A Nicolas Degallier, que sempre incentivou a realização deste trabalho, pela busca das oportunidades e assessorias valiosas. Helen Gurgel, sempre disponível para dirimir dúvidas.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia, pela cessão dos dados, e aos amigos meteorologistas Lauro Fortes, Fabrício e Paulo, que contribuíram com a revisão dos dados e com críticas que me trilharam nesta nova área do conhecimento, necessárias à plausibilidade das hipóteses deste trabalho. A Micheline Coelho, devido à dedicação com que acompanhou a gestação deste trabalho, sobretudo nos conceitos meteorológicos.

Ao Instituto de Saúde Coletiva, seu corpo docente e aos colegas estudantes deste mestrado profissional, pela convivência carinhosa, fundamental para a realização desta etapa.

Aos colegas de trabalho, em especial à Marli Mesquita, que pela ausência, tiveram que segurar a parte mais pesada da orquestra, mas que sempre contornaram sabiamente todas as situações de emergência da rotina dos serviços. Ao colega Juan, sempre atencioso na busca às respostas metodológicas e estatísticas de última hora.

Ao Programa Nacional de Controle do Dengue, cujos técnicos sempre disponíveis na busca pelos dados, na resolução de problemas dos números, dos problemas operacionais. Em especial ao apoio incondicional que o Coordenador do programa e companheiro de mestrado, Giovanine Coelho, e aos técnicos, Aroldo, Ana Paula e Joscélio prestaram.

Este trabalho ainda contou com a contribuição ainda de inúmeras pessoas que são merecedores do meu agradecimento, mas que não foram citados nominalmente, até mesmo porque, o escopo deste estudo foi iniciado há muito tempo, ainda no processo da descentralização das ações de controle de vetores. Estas contribuições foram traduzidas em ensinamentos, respeito e confiança depositada nas várias etapas dos caminhos que percorri na saúde pública. Aos colegas de trabalho, com muitas saudades, das Secretarias Municipais de Saúde de Jaboatão dos Guararapes, de Olinda e do Distrito II do Recife, que fazem do seu trabalho, a materialização prática do Sistema Único de Saúde.

Agradeço aos muitos colegas e professores do Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, de forma singular a Fabio Lessa (*in memoriam*), que fazem da saúde pública uma disciplina acessível e desprovida de mistérios, contribuindo para aumento da criatividade em nosso campo de atuação tão contraditório.

Por fim, sou grato à minha família, pelo apoio incondicional à ausência de nosso convívio devido à dedicação ao Mestrado.

“Quem quer estudar corretamente a medicina, deverá proceder da seguinte maneira. Primeiro, deverá considerar os efeitos que cada estação do ano pode produzir, pois as estações não são todas iguais...

...O médico deverá examinar a posição, a direção dos ventos e as saídas do sol. Deve observar também, o jeito de viver de cada paciente, sua alimentação, sua estrutura física e o lugar onde mora”.

Hipócrates, 400 a.C.

SUMARIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	1
LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Considerações iniciais	12
1.2. Objetivos	15
1.3. Hipótese de Trabalho	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Histórico e etiologia da dengue.....	17
2.2. Biologia do vetor.....	20
2.3. Receptividade do meio social ao <i>Aedes aegypti</i>	21
2.4. Biometeorologia e mudanças climáticas.....	23
2.5. Estudos ecológicos entre dengue e clima	28
3. MATERIAL E MÉTODO.....	34
3.1. Tipo de estudo	34
3.2. Fontes de dados	34
3.2.1. Casos de dengue	34

3.2.2. Dados Meteorológicos.....	35
3.2.3. Sociais e econômicos.....	35
3.2.4. Unidades climáticas (UC).....	36
3.5. Seleção dos municípios	37
3.6. Plano de análise dos dados	38
3.6.1. Seleção dos municípios	38
3.6.2. Análise descritiva da situação da dengue	38
3.6.3. Análise por município	39
3.6.3.1. Descrição das variáveis socioeconômicas.....	39
3.6.3.2. Descrição da distribuição da temperatura e chuva	39
3.6.3.3. Análise descritiva da situação da dengue.....	41
3.6.3.4. Descrição e análise longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas.....	41
3.6.3.5. Análises de correlação cruzada e defasagem no tempo (<i>time lag</i>).....	42
3.6.3.6. Análise multivariada – regressão Poisson-gama	43
4. RESULTADOS.....	50
4.1 Seleção dos municípios	50
4.2. Descrição da Situação Epidemiológica da Dengue	51
4.2.1. Nas Unidades Climáticas	51
4.2.2. No Brasil.....	52
4.2.3. Por sexo	53
4.2.4. Por idade	54
4.3. BELÉM	55
4.3.1. Características sociais e econômicas	55
4.3.2. Caracterização das variáveis meteorológicas	56
4.3.3. Descrição por Sexo e idade	58
4.3.4. Descrição e análise longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas.....	60
4.3.5. Análises de correlação cruzada e defasagem no tempo.....	63
4.3.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma	64
4.3.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado ...	65
4.4. FORTALEZA	68

4.4.1. Características sociais e econômicas	68
4.4.2. Caracterização das variáveis meteorológicas	69
4.4.3. Descrição por Sexo e idade	71
4.4.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas.....	73
4.4.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas....	76
4.4.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma.....	77
4.4.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado ...	78
4.5. ARACAJU	81
4.5.1. Características sociais e econômicas	81
4.5.2. Caracterização das variáveis meteorológicas	82
4.5.3. Descrição por Sexo e idade	84
4.5.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas.....	86
4.5.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas....	89
4.5.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma.....	90
4.5.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado ...	91
4.6. GOIÂNIA	94
4.6.1. Características sociais e econômicas	94
4.6.2. Caracterização das variáveis meteorológicas	95
4.6.3. Descrição por Sexo e idade	97
4.6.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas.....	99
4.6.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas..	102
4.6.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma.....	103
4.6.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado .	104
5. DISCUSSÃO	108
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
6. BIBLIOGRAFIA	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Atenção Básica

Abrasco – Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

ACS – Agente Comunitário de Saúde

AIH – Autorização de Internação Hospitalar

CID – Classificação Internacional de Doença

Datasus – Departamento de Informática do SUS

FD – Febre do Dengue

FHD - Febre Hemorrágica do Dengue

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MS – Ministério da Saúde

NE – Nordeste

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

PEAa - Plano Diretor de Erradicação do *Aedes aegypti* do Brasil

PNCD – Plano Nacional de Controle da Dengue

PSF, Programa Saúde da Família

RES – Registro Eletrônico em Saúde

SIH – Sistema e Informações Hospitalares

SIM – Sistema de Informações sobre Mortalidade

Sinan – Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificação

Sinasc – Sistema de Informações de Nascidos Vivos

SIS – Sistema de Informações em Saúde

SISFAD – Sistema de Informação sobre Febre Amarela e Dengue

SMS – Secretaria Municipal de Saúde

SNIS – Sistema Nacional de Informação em Saúde

SUS – Sistema Único de Saúde

TI – Tecnologia da Informação

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Valores das estimativas dos parâmetros, erros padrões e estatística t obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Belém.	67
Tabela 4.2. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Fortaleza.	80
Tabela 4.3. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Fortaleza.	93
Tabela 4.7. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Goiânia.	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2. Esquema de transmissão do dengue de um hospedeiro para outro via o <i>Aedes aegypti</i> .	26
Figura 3.1. Gráfico de temperatura	40
Figura 3.2. Gráfico de chuvas	40
Figura 3.3. Gráfico de correlação cruzada	42
Figura 4.1. Distribuição espacial das taxas de incidência média por 100.000 hab. no período de 2002 a 2006 por unidades climáticas brasileiras.	51
Figura 4.2. Taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Brasil, 2002 a 2006.	52
Figura 4.3. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Brasil, 2002 a 2006.	53
Figura 4.4. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Brasil, 2002 a 2006.	54
Figura 4.5. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Belém, 2002 a 2006.	56
Figura 4.6. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Belém	57
Figura 4.7. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Belém, 2002 a 2006.	58
Figura 4.8. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Belém, 2002 a 2006.	59
Figura 4.9. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Belém, 2002 a 2006.	60
Figura 4.10. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e chuvas (mm). Belém, 2002 a 2006.	61
Figura 4.11. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e variação da média semanal temperatura média (0 C). Belém, 2002 a 2006.	62

Figura 4.12. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Belém, 2002 a 2006.	63
Figura 4.13. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Belém.....	64
Figura 4.14. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Belém.	66
Figura 4.15. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Fortaleza, 2002 a 2006.....	69
Figura 4.16. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Fortaleza.....	70
Figura 4.17. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Fortaleza, 2002 a 2006.....	71
Figura 4.18. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Fortaleza, 2002 a 2006.....	72
Figura 4.19. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Fortaleza, 2002 a 2006.....	74
Figura 4.20. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e chuvas (mm). Fortaleza, 2002 a 2006.....	74
Figura 4.21. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e variação da média semanal temperatura média (^{0}C).Fortaleza, 2002 a 2006.....	75
Figura 4.22. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Fortaleza, 2002 a 2006.	76
Figura 4.23. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Fortaleza.....	77
Figura 4.24. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Fortaleza.....	79

Figura 4.35. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Aracaju, 2002 a 2006.....	82
Figura 4.36. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Fortaleza.....	83
Figura 4.37. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Aracaju, 2002 a 2006.	84
Figura 4.38. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Fortaleza, 2002 a 2006.....	85
Figura 4.39. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Aracaju, 2002 a 2006.	86
Figura 4.40. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e chuvas (mm). Aracaju, 2002 a 2006.....	87
Figura 4.41. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e variação da média semanal temperatura média (^{0}C).Aracaju, 2002 a 2006.	88
Figura 4.42. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Aracaju, 2002 a 2006.....	89
Figura 4.43. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Fortaleza.....	90
Figura 4.44. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Fortaleza.....	92
Figura 4.55. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Goiânia, 2002 a 2006.....	95
Figura 4.56. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Goiânia..	96
Figura 4.57. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Goiânia, 2002 a 2006.	97
Figura 4.58. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Goiânia, 2002 a 2006.	98

Figura 4.59. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Goiânia, 2002 a 2006.	100
Figura 4.70. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e chuvas (mm). Goiânia, 2002 a 2006.....	100
Figura 4.71. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e variação da média semanal temperatura média (^{0}C).Goiânia, 2002 a 2006.	101
Figura 4.72. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Goiânia, 2002 a 2006.....	102
Figura 4.73. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Goiânia.	103
Figura 4.74. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Goiânia.	105

RESUMO

Este trabalho realiza uma investigação sobre o papel das chuvas no complexo da dengue em municípios brasileiros, no período de 2002 a 2006.

A importância da dengue no contexto histórico e sua evolução foram debatidas, discutindo nexos entre a receptividade da sociedade e os nichos ecológicos do mosquito *Aedes aegypti*. Sob o ponto de vista da saúde pública, foi apresentada a evolução da situação epidemiológica com que este agravo tem se comportando no período do estudo, por diversos recortes geográficos: nacionalmente; por unidades climáticas; e por fim, pelos municípios selecionados (Belém/PA, Fortaleza/CE, Aracaju/SE e Goiânia/GO), valendo-se de análises de tendência lineares.

Inicialmente, foram descritos os componentes meteorológicos (chuva e temperatura) e o perfil social e econômico dos municípios, e realizadas explorações sobre a influência das chuvas e temperatura sobre a dengue, utilizando estatísticas de correlação de *Pearson*, com indicações sobre o tempo decorrido onde a máxima associação entre as variáveis de estudo ocorreu.

Em um segundo momento, foram construídos modelos estatísticos para a mensuração de riscos de dengue por quantidade de chuvas para os municípios selecionados, e calculadas semanas que este risco exercia máximo efeito. A metodologia utilizada foi um Modelo Aditivo Generalizado (MAG), com classe Poisson-gama para séries temporais.

A investigação mostrou que, nos municípios estudados, as chuvas exerciam maior influência que a temperatura, os valores das associações entre as variáveis, e o tempo transcorrido até o seu máximo valor, foram variados e específicos para cada município. O principal fator que modulou esta associação foi o regime de como as chuvas comportam: regiões onde as chuvas são distribuídas durante todo o ano, as estações de maior intensidade pluviométricas funcionam como fator proteção ao avanço da epidemia de

dengue; enquanto que nas regiões em que existe um período de interrupção das chuvas, as estações chuvosas funcionam como fator de risco.

Através do MAG foi possível estimar o risco relativo (RR) que as chuvas exercem em cada município estudado. Em Belém o RR foi 12% na primeira semana; Fortaleza o RR foi de 7% na 4^a. semana; e em Goiânia, o RR foi de 9% na 5^a. semana. Em Aracaju o resultado não foi significativo.

Conclui-se que nas regiões de estudo, o regime das chuvas, muito mais que a temperatura, deve ser observado para o aprimoramento das ações de campo, e as formulações de políticas devem levar em considerações as peculiaridades climáticas, incentivando a flexibilização no tempo calendário dos mutirões de campo, e por fim, a adoção de campanhas regionais para a maior eficiência da atuação no controle.

ABSTRACT

This work performs an investigation on the role of rain on the complex of dengue fever in Brazilian municipalities in the period from 2002 to 2006.

The importance of dengue fever in the historic context and its evolution have been debated and the sense between societies receptivity and the *Aedes aegypti* mosquitoes ecologic niche. By the public health view point the epidemiologic evolution of the epidemiologic situation has been presented and how this aggravation has behaved during the period of this study, through several geographic national cuts by climate units and at last by chosen municipalities (Belém/PA, Fortaleza/CE, Aracaju/SE e Goiânia/GO), utilizing linear tendency analysis.

Initially meteorology components were described (rain and temperature) and the social and economic profile of the municipalities and exploration was made into the influence of rain and temperature on dengue fever, using *Pearson's* correlation statistics with indications on the time passed where the maximum association between the study variables occurred..

In a second moment statistic models were constructed to measure dengue fever risks by rain quantity for the selected municipalities and the weeks when this risk presented maximum effect. The used methodology was the Generalized Additive Model (GAM) with Poisson-gama class for time series.

The investigation has shown that in the studied municipalities rain had greater influence than temperature, the association values between variables and time elapsed up to its greatest value, were variable and specific to each municipality. The main factor that modulated this association was how did the behaved in the regions where the rains are distributed during the whole year, the most intense rain season work as a protection factor for the advance of the dengue fever epidemic, while in the regions where there is an interruption in the rainy season, the rainy season works as a risk factor.

Through GAM it was possible to estimate relative risk (RR) that rain has in each studied municipality. In Belem the RR was 12% in the first week. In Fortaleza the RR was 7% in the 4th week and in Goiania the RR was 9% in the 5th week. In Aracaju the result was not meaningful

We conclude that in the studied regions, the rainfall much more than temperature must be observed for improvement of field actions and policy formulation must have in sight climate peculiarities, inciting the flexibility of the calendar timing for the field work forces, and finally the adoption of regional campaigns for a most effective control action.

Introdução

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Dengue, doença viral transmitida pelo mosquito do *Aedes aegypti*, transformou-se em um grande problema de saúde pública nas regiões tropicais, situados entre os paralelos 45°N e 35 °S, onde se estima a ocorrência entre 250.000 a 500.000 casos graves da dengue anualmente ⁽¹⁾.

O hábito estritamente sinantrópico, peculiar do *Aedes aegypti*⁽²⁾ é mantido pelo modo de vida contemporâneo das pessoas, que tem propiciado habitat atraente a manutenção dos mosquitos nas grandes e densamente povoadas cidades, onde encontra potenciais criadouros para a reprodução tanto em equipamentos urbanos, como calhas e tonéis, como nos materiais manufaturados, descartados ou não pelo homem, cuja forma e composição favorecem o acúmulo de água.

Esta complexa interação entre o meio social e as características climáticas que os países situados na zona tropical têm vivenciado⁽³⁾, associados à extrema capacidade de adaptação do vetor foram determinantes para a expansão da dengue nos últimos 50 anos.

No Brasil não foi diferente, e a dengue tornou-se um problema importante devido às dramáticas proporções que se têm tomado. Entre 1990 a 2007, quase 4,5 milhões de casos de dengue, enquanto que o número de municípios infestados dobrou nos últimos 10 anos. Dos 5.565 municípios brasileiros, 77% deles apresentaram casos autóctones de dengue entre os anos de 2000 a 2006.

Além desta tendência de crescimento, é observado um movimento sazonal típico da dengue, com repetição anual de períodos de alta transmissibilidade. Este fenômeno é justificado por muitos pesquisadores, a uma estreita associação com as questões climáticas ⁽⁴⁻¹³⁾, e muitos estudos mensuram a influência de cada um dos componentes abióticos, como as chuvas, temperatura, umidade relativa do ar, entre outros, com algum dos diversos elos epidemiológicos que envolvem o ciclo da dengue nas cidades

Porém em alguns momentos cíclicos, o clima se apresenta de forma mais intensa, motivada por fenômenos regionais, como o ENSO (El Niño/South oscillation), que provocam aumento de temperatura e precipitação em determinadas regiões do mundo, e são associados à maior circulação viral ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

O clima sempre foi dinâmico, e os períodos sazonais incorporam flutuações suaves, marcadas diferenças na intensidade dos fatos meteorológicos ou por deslocamento no calendário. Por outro lado, têm-se demonstrado que o mundo passa por mudanças mais severas e mais rápidas do que vinha passado até então, e que em longo prazo, haverá um aumento significativo da temperatura terrestre, provocando grandes alterações no mundo, relacionada não só no aquecimento da terra, mas em todo o clima, influenciando diretamente o equilíbrio sinótico existente.

Entretanto qualquer alteração no comportamento climático é sentida em na extensa área brasileira. Quase a totalidade do seu território, em períodos de normalidade, possui clima quente e úmido, com temperatura média anual acima dos 20°C, e chuvas superam os 1.000 mm anuais, estabelece condições abióticas adequadas a sobrevivência do *Aedes aegypti*⁽¹⁷⁾.

Trabalhos têm apontado que, de modo geral, o período de maior risco de dengue no Brasil situa-se durante ou logo após a estação das chuvas^(2;7-9;18;19). Nestes momentos são observados picos epidêmicos nas cidades com colonização de *Aedes aegypti* e circulação viral, enquanto que nos demais

meses do ano a incidência chega a números bastante reduzidos ou mesmo sem notificação.

O Ministério da Saúde, na tentativa de tornar mais eficaz o controle do *Aedes aegypti*, têm reunido esforços na concentração de várias atividades antes dos períodos de maior densidade vetorial, que se situa entre os meses de janeiro a março, devido ao calendário de chuvas. Uma estratégia anualmente utilizada é intitulada “Dia D”, que ocorre em novembro, com grande mobilização nacional para a destruição de recipientes com risco potencial a serem utilizados como criadouros do mosquito, entre outras atividades.

Mais recentemente, o Programa Nacional de Controle do Dengue tem apoiado a realização anual, em meados do segundo semestre, o Levantamento de Índice Rápido para *Aedes aegypti* (LIRAA), que baseia-se em pesquisa larvária por amostragem, objetivando o levantamento de informações oportunas para a tomada de decisão antes de uma eventual epidemia⁽²⁰⁾.

Apesar de muitas campanhas nacionais para o controle do *Aedes aegypti* estarem, em última estância, baseadas na inexorável condição climática, observa-se que a necessidade de unificação nacional de mídia e propagando, tem levado, mesmo que pragmaticamente, a adoção da simplicidade macroclimática por parte das políticas de saúde pública. Este fato pode estar levando justamente ao oposto do que se deseja, quer dizer, a diminuição de eficiência das campanhas, por deixar de levar em conta a existência de diferenciações de periodicidade, temporalidade e intensidade dos componentes meteorológicos entre uma grande quantidade de regiões geográficas as quais se inserem em microclimas específicos, havendo maior densidade vetorial entre o verão ou outono⁽¹⁹⁾.

Justifica-se este trabalho devido à necessidade do estabelecimento de nexos causais entre a dengue e a chuva, a mensuração de níveis de risco específicos para cada município do estudo, levando-se em conta o regime pluviométrico e, sobretudo, apresentação aos gestores dos programas no nível local, uma

metodologia útil para a vigilância e tomada de decisão oportuna para aumentar a efetividade de trabalhos de campo.

1.2. Objetivos

- Estimar o efeito do regime das chuvas na incidência da dengue em municípios brasileiros;
- Caracterizar os casos de dengue ocorridos no Brasil e Unidades Climáticas, no período de 2002 a 2006;
- Caracterizar a distribuição temporal da dengue no Brasil.

1.3. Hipótese de Trabalho

A epidemia de dengue no Brasil apresenta um padrão sazonal de ocorrência não-aleatório no tempo, explicada, em parte, pelo fenômeno das chuvas. Desta forma, a maior quantidade de chuvas aumenta a ocorrência de casos de dengue.

Revisão bibliográfica

CAPITULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico e etiologia da dengue

O nome definitivo conferido à enfermidade que hoje conhecemos como dengue foi estabelecida em 1891, cujo autor, o médico *Schuchardt*, baseou-se na associação da aparência dos enfermos com o sentido da palavra que tem origem espanhola, e sua aceção principal (no *Diccionario Crítico Etimológico Castellano e Hispánico*, de *Corominas & Pascual*) tem sentido de meneio, balanço. Esta denominação foi definitivamente consagrada no mundo e incorporada à Nomenclatura Internacional das Doenças, do Conselho das Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIOMS) e da Organização Mundial de Saúde⁽²¹⁾.

Antes desta classificação, a doença incorporava termos regionais e distintos. Já no Brasil do século XIX, tinha várias denominações, como “polca”, “patuléia”, “febre eruptiva reumatiforme”, “urucubaca” e “melindre”⁽²²⁾.

O ciclo da dengue tem origem silvestre, mantido por primatas inferiores, na Ásia e África⁽¹⁾, porém verificou-se que nos últimos séculos a doença tem se estabelecido em um elo epidemiológico estritamente antropofílico, sendo associada a pandemias e epidemias em todo o mundo⁽¹¹⁾, favorecida pela intensa movimentação de pessoas e cargas entre os portos desde o tempo das grandes descobertas⁽²³⁾.

Relatos afirmam que uma grande pandemia de dengue ocorreu antes do século 18. Apesar de ainda não estão totalmente esclarecidas, mas poderia ter sido dengue, as epidemias ocorridas na Antilhas Francesas, em 1635, no Panamá em 1699, na ilha de Java, em Jacarta e no Egito, no ano de 1779, mas as ocorridas no ano de 1780, na Filadélfia são atribuídas à dengue⁽¹⁾.

Porém as primeiras publicações conhecidas, compatíveis com a clínica de dengue e medicamentos para a cura, estão em uma enciclopédia chinesa, cuja publicação data da Dinastia Chin (séculos III e IV dC)⁽¹⁾.

No começo do século XX a doença passou a ser melhor conhecida, quando em 1906 Bancroft sugeriu a transmissão pelo *Aedes aegypti*, confirmado por Agramonte & cols⁽¹¹⁾. Em 1907, Ashburn & Craig demonstrou que agente infeccioso da dengue se tratava por um vírus⁽²¹⁾, com o isolamento da primeira cepa viral em 1943 por Kimura & Hotta⁽¹¹⁾.

O *Aedes aegypti* foi introduzido no Brasil ainda durante o período colonial, valendo-se de intercâmbios comerciais de transportes de mercadorias por navios, colonizando desta forma, cidades portuárias. Combatido por ser o vetor da febre amarela urbana, foi extinto na década de 50⁽²⁴⁾, porém como países vizinhos como as Guianas e a Venezuela, e outros países centro-americanos não o erradicaram, ressurgiu em São Luís e Belém, no final dos anos 60, que fora em seguida eliminado.

Contudo em meados da década de 70 vários focos são relatados nas cidades de Salvador, Rio de Janeiro, Santos e Natal^(25;26). No início dos anos 80, relatos no Paraná⁽²⁵⁾ e Roraima⁽²²⁾, culminando com a grande epidemia no Rio de Janeiro, em 1986, e ampla disseminação para regiões circunvizinhas⁽²⁷⁾. Desde então a dengue passou a constituir um grave problema de saúde pública⁽²⁸⁾.

A dengue é uma doença infecciosa não contagiosa, causada por arborívus, ou vírus transmitido por artrópodes, e distingue-se quatro sorotipos, o DEN-1, o DEN-2, o DEN-3 e o DEN-4, antígenicamente diferentes, e cada grupo ainda compostos por subcomplexos sorológicos⁽²⁹⁾.

A etiologia e os mecanismos da transmissão da dengue são bem conhecidos, possui espectro clínico muito amplo, variando de formas assintomáticas ou oligosintomáticas, até formas graves e letais, acometendo indivíduos de ambos os sexos e de todas as idades, porém em áreas endêmicas, logo após a

introdução de um sorotipo viral, verificam-se maiores incidência em mulheres e nas faixas etárias mais elevadas⁽³⁰⁾.

A forma clínica mais usual é denominada de febre do dengue (FD), também chamada de dengue clássico, que é caracterizada por febre alta de início súbito, alcançando 40⁰ C, e se estendendo por 3 a 5 dias, cefaléia, mialgias, astenia, prostração, dor retroorbitária, artralgia e exantema, além de manifestações gastrointestinais e linfadenopatias, com evolução para cura, na maioria das vezes em aproximadamente uma semana⁽³¹⁾.

As manifestações mais graves, chamada de febre hemorrágica do dengue (FHD), têm inicialmente clínica semelhante dengue clássica, porém ao término da febre ocorre uma síndrome hemorrágica associada com vômitos, dor abdominal intensa, esplanomegalia, hepatomegalia dolorosa, desconforto respiratório, letargia e derrames cavitários⁽³¹⁾.

O estímulo a formação de anticorpos específicos conferem imunidade permanente para o sorotipo causador da infecção (imunidade homóloga) ⁽²⁹⁾. Porém a imunidade heteróloga, ou cruzada, tem sido responsabilizada por ocorrência de formas hemorrágicas do dengue. Denominada de teoria imunológica de *Halstead*, associa a ocorrência destas formas a infecções seqüenciais por sorotipos diferentes em um tempo mínimo de três anos, devido a amplificação da resposta imunológica⁽¹¹⁾. Outra teoria, a de *Rosen*, relaciona as formas graves com a virulência de determinadas cepas dos vírus, enquanto que uma terceira teoria, proposta por *Kouri*, reconhece lacunas em eventos epidemiológicos e propõe uma teoria integral de multicausalidade, onde há interação entre fatores de risco individuais, epidemiológicos e fatores virais⁽¹¹⁾.

Partindo desta terceira teoria, *Teixeira & col.*⁽¹¹⁾ propôs um esquema explicativo mais abrangente, com articulação dos seres vivos envolvidos no complexo de transmissão, com maior ênfase a sociedade e organização espacial. Contudo, metodologias tradicionais ainda não oferecem ferramentas para a compreensão adequada ao aparecimento das formas graves da doença,

fragilizando ou mesmo inviabilizando os modelos epidemiológicos que buscam a sua predição.

2.2. Biologia do vetor

O *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Diptera, Culicidae), vetor da dengue no Brasil, pertence ao subgênero *Stegomyia*, que é originário da região mediterrânea, particularmente da região etiópica, tendo sido originalmente descrito do Egito, e que acompanhou o ser humano na sua migração pelo mundo, e formou colônias onde as alterações antrópicas propiciaram a sua proliferação.

O ciclo biológico do *Aedes aegypti*, nas boas condições climáticas das regiões tropicais, é bastante curto, em média de 8 a 12 dias, e compreende as fases de ovo, quatro estágios larvais, pupa e adulto. O desenvolvimento embrionário, quando as condições ambientais são favoráveis, se completa 48 a 72 horas após a oviposição. Mantidas as condições ambientais propícias ocorre a eclosão dos ovos liberando as primeiras larvas, que evoluem para pupas em 2 a 5 dias, e por 2 a 3 dias transformam-se em adultos, cuja vida média é de 45 dias. Em condições adversas, ovos podem entrar em diapausa por períodos prolongados, permanecendo viáveis e resistentes à dessecação por até 450 dias, sendo este o principal meio de dispersão passiva desse vetor⁽³²⁾.

Ambiente úmido é fundamental para os estágios pré-adultos. Ovos, larvas e pupas têm o seu desenvolvimento em coleções hídricas. Os ovos são depositados perto da superfície das águas onde permanecem úmidos, mas não molhado, para o desenvolvimento. Posteriormente é necessária a submersão para a sua eclosão e posterior desenvolvimento.

Com grande capacidade de adaptação ao meio ambiente urbano, seus criadouros são recipientes preenchidos por água das chuvas, como: calhas, lajes, pneus, latas, cacos de garrafa, pedaços de plásticos, etc, ou aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico como as cisternas e

tanques mal tampados, coleções hídricas, além de vasos de plantas^(11;33;34). Mais raramente, fêmeas podem fazer de criadouros recipientes naturais como buracos em árvore, bromélias, interior de bambu, etc⁽³⁵⁾.

As fêmeas restringem seus hábitos hematófagos aos horários diurnos, cujos picos de maior atividade, geralmente situados no amanhecer ou no anoitecer, onde preferencialmente ataca o ser humano. Devido ao seu temperamento arisco, esquiva-se com facilidade de sua vítima ao iminente perigo, e em não tendo sido alimentada satisfatoriamente de sangue, pode procurar outras vítimas e fazer ingestões múltiplas de sangue durante um único ciclo gonadotrófico, ampliando as chances de infectar-se e de transmitir os vírus. ⁽³⁵⁾.

2.3. Receptividade do meio social ao *Aedes aegypti*

O final do século XX foi marcado pela forte reemergência da dengue nas cidades, crescente magnitude e aumento da extensão geográfica da doença, corroborada pela extraordinária capacidade de dispersão e adaptação do *Aedes aegypti*, o seu mais importante vetor⁽¹¹⁾.

Alguns fatores determinantes descritos para a compreensão desse cenário estão relacionados com a intensa movimentação de cargas e pessoas, o crescimento desordenado dos centros urbanos e a falência dos programas de controle do *Aedes aegypti*⁽¹⁾, associados ao clima ⁽³⁶⁾.

Valendo-se do estado de diapausa, o mosquito pôde sobreviver às grandes viagens marítimas, desde a época dos grandes descobrimentos, e colonizar regiões do além mar. Porém se experimenta hoje fluxo de transportes sem precedentes, facilitando a propagação do *Aedes aegypti* em novas áreas aptas a sua manutenção.

A elevada concentração urbana brasileira vivenciada pela intensa migração das últimas décadas, onde mais de 80% da população passou a viver em áreas urbanas, favoreceu os hábitos estritamente antropofílicos e domésticos com

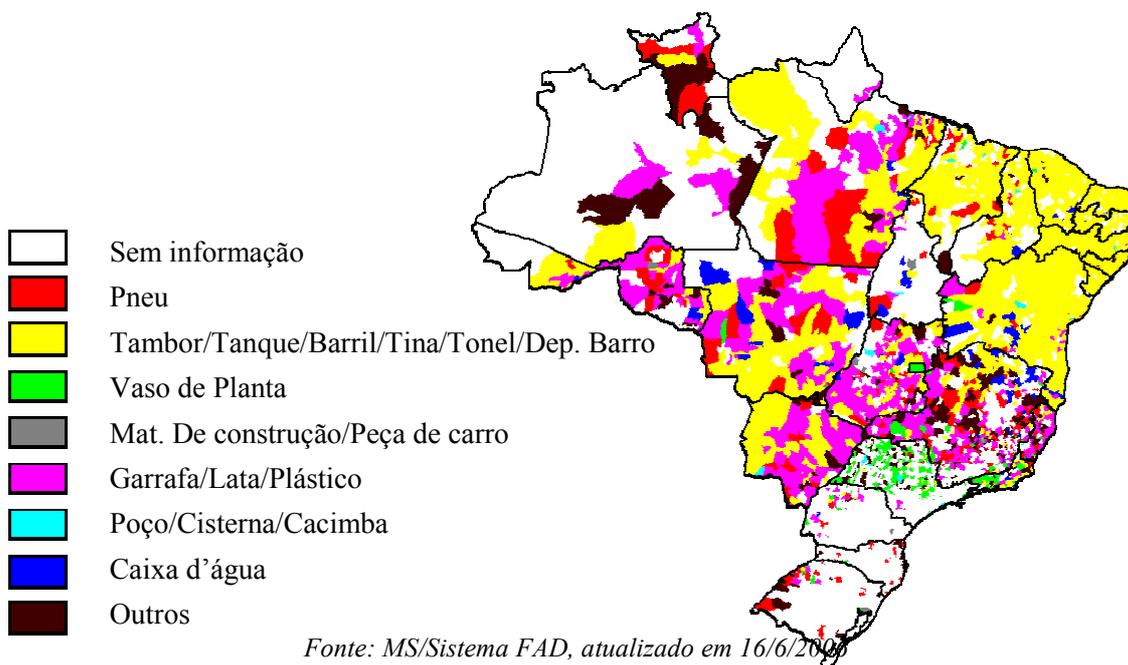
que o *Aedes aegypti* tem se comportado. As cidades, pressionadas pela imigração, não conseguiram oferecer condições satisfatórias de habitação e de saneamento básico a uma fração importante dos seus habitantes: em torno de 20% vivem em favelas, invasões, mocambos ou cortiços, cujo abastecimento de água e a coleta de dejetos, são precários e muitas vezes irregulares⁽³⁷⁾.

Nota-se que a predominância dos depósitos utilizados como criadouros pelo mosquito não estão distribuídos aleatoriamente no espaço brasileiro. Além disto, não houve mudanças nos padrões observados nos últimos 7 anos. Em 1999 *Teixeira e col.*⁽¹¹⁾ fizeram a seguinte leitura:

*“...os contrastes que resultam da organização social dos espaços urbanos modernos favorecem a proliferação dos mosquitos transmissores do dengue, tanto por fatores ligados ao conforto, bem-estar, e suposta segurança, como por outros associados às suas mazelas, expressos em grandes adensamentos populacionais, violência, precariedade de infra-estrutura de saneamento, produção desenfreada e disposição no meio ambiente de recipientes descartáveis e pneus, dentre outros. Assim, pode-se observar em nível macro que os depósitos predominantes de *Ae. aegypti* na Região Nordeste, a mais pobre do país, são aqueles que se destinam ao armazenamento de água no domicílio, enquanto na mais rica, Região Sudeste, são vasos de plantas.”*

De fato, pode-se observar a transposição deste cenário para os dias de hoje (figura 2.1.). Complementando a observação já feita, nota-se sua maior dispersão no território brasileiro.

Figura 2.1. Tipos de criadouros predominantes de *Aedes Aegypti* por município. Brasil, 2006.



Entretanto não parece haver correlações entre dengue e condições de vida, em escalas intra-municipal. Estudos de soroprevalência mostram que a doença não tem poupado áreas nobres das cidades ⁽³⁸⁾, comprovando que o mosquito dispõe de inúmeros tipos de criadouros potenciais e adaptando-se conforme as necessidades. Se for imperativo o armazenamento de água para consumo em tonéis, fator que favorece a proliferação do mosquito vetor em áreas mais pobres e desprovidas de assistência adequada, outros equipamentos domésticos devem ser considerados relevantes no ciclo do vetor nas regiões com melhor infra-estrutura urbana.

2.4. Biometeorologia e mudanças climáticas

Estudos dos elementos da atmosfera são classificados segundo a abrangência temporal e espacial. Nos estudos meteorológicos, são referidas flutuações de curto prazo, normalmente realizados na identificação de variações dinâmicas sobre a umidade, precipitação, temperatura, visibilidade, ventos, etc, com vistas a predição de alguns dias. Nos estudos climatológicos são analisados os

fenômenos de longo prazo, em escalas regionais ou globais, objetivando a identificação da normal climatológica (mensurada por um período de 30 anos), ou extremos climáticos⁽³⁹⁾.

A **Biometeorologia** é um campo científico interdisciplinar que tem como objeto de estudo as interações entre a biosfera e a atmosfera terrestre, tendo como escala temporal as estações do ano ou intervalos de tempo menores⁽⁴⁰⁾, ou seja, investiga a influência direta e indireta da atmosfera nos humanos e outros organismos vivos.

Um dos trabalhos mais antigos conhecidos que versam sobre o tema refere-se a Hipócrates cuja obra clássica “Dos ares, águas e lugares” data de 400 a.C. refere-se à influência das características geográficas e climáticas sobre a saúde das pessoas.

Abordagens desta disciplina sobre a dengue tem foco centrado na identificação das relações entre o *Aedes Aegypti* e o flavivirus influenciados pela temperatura, umidade, chuvas, e outros elementos atmosféricos⁽⁴¹⁾, e descreve a ampliação da doença em regiões tropicais e subtropicais do mundo, compreendidas entre os paralelos 45 °N e 35 °S, ou seja, nas zonas isotermais de 20°C⁽³⁵⁾, com altitude máximas de até 1.200 metros acima do nível do mar⁽¹¹⁾.

O melhor equilíbrio entre longevidade e ovoposição do mosquito adulto situa-se na faixa dos 20-30°C⁽⁴¹⁾, enquanto que temperatura abaixo dos 18°C e acima dos 34°C as fêmeas diminuem a sua fecundidade, onde alocam toda a energia na sobrevivência individual⁽⁴²⁾.

Sob temperatura abaixo de 17°C, a manutenção do mosquito é totalmente interrompida, e não há desenvolvimento embrionário a uma temperatura da água dos criadouros abaixo dos 17°C⁽⁴²⁾, porém altas temperaturas também afetam a patogenia, replicação, maturação e o período de infectividade. Nestas circunstâncias, o mosquito diminui o seu tamanho corporal, e exigem maior número de repasto sanguíneo para desenvolver os ovos. Modelos de

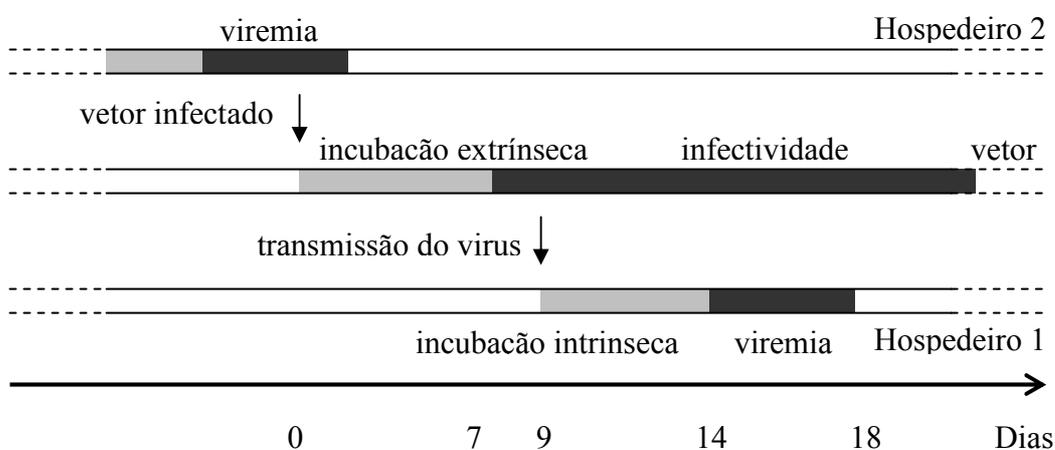
transmissão ainda demonstraram sensível redução da vida útil do mosquito, quando exposto a temperatura superior a 40°C⁽⁴³⁾.

No meio ambiente, no entanto, a temperatura acima de 30 °C pode ter impacto mínimo sobre *Aedes aegypti*, uma vez que este mosquito pode evitar excessivo calor diurno, repousando em ambientes mais frios, escuros, dentro das residências⁽⁴¹⁾.

Pesquisas laboratoriais sugerem que o período de incubação extrínseco (PIE), ou o período de desenvolvimento viral no mosquito, possui uma relação não-linear com altas temperaturas. O aumento de temperatura produz rápida diminuição no PIE, o intervalo de tempo entre um repasto sanguíneo infectado e a habilidade do mosquito em transmitir dengue. Curtos valores de PIE resultam em uma proporção mais elevada de mosquitos infectantes e aumenta a eficiência do vetor⁽⁴³⁾, pois enquanto o PIE do vírus DEN2 a 30°C necessita de 12 dias, a 32-35°C requer apenas 7 dias. Não há desenvolvimento do vírus no vetor em temperatura abaixo de 18°C⁽⁴⁴⁾, enquanto que a temperatura mínima para sobrevivência do vírus em estudos *in vitro* foi de 11.9°C⁽¹³⁾.

O período de incubação intrínseco (PII), ou incubação do dengue no ser humano, pode ser de 3 a 15 dias, mas geralmente oscila entre 5 a 6 dias, e a de viremia, inicia-se 1 dia antes do aparecimento da febre e permanece até o sexto dia, período que, no repasto sanguíneo, torna o *Aedes aegypti* infectado. O período de incubação extrínseco (PIE) ou a incubação do dengue no mosquito é de 8 a 11 dias, a partir do qual o mosquito se torna infectante e permanece neste estado pelo resto da vida⁽⁴⁵⁾ (figura 2.2).

Figura 2.2. Esquema de transmissão do dengue de um hospedeiro para outro via o *Aedes aegypti*.



Fonte: adaptação de Favier, 2006 ⁽⁴⁶⁾.

A umidade relativa é um fator crucial que afeta o padrão de vida de mosquitos, especialmente na sua fase reprodutiva. Estudos também demonstraram que não só a temperatura, mas também alta umidade influenciam os seus padrões de alimentação, aumenta a taxa de reprodução, e propicia maior longevidade. Em condição experimental temperatura mais alta (28°C) e mais baixa umidade (50-55%), foi mais favorável para os mosquitos, pois propiciaram maior atividade na busca de alimentação, comparando-se com mais baixa temperatura (25°C) e mais alta umidade (85-90%)⁽¹³⁾.

Alguns estudos têm apresentado associação positiva da dengue com as estações da chuva⁽⁴⁻¹³⁾, sugerindo que as águas pluviais abasteceriam reservatórios peridomiciliares, favorecendo a multiplicação do mosquito. Esta hipótese é levantada pelo ciclo sazonal demonstrado pela doença em várias regiões tropicais do Brasil e em outros países que apresentam consolidado comportamento endêmico.

Pesquisadores têm sugerido, entretanto, que o *Aedes aegypti* não tem apresentado muita dependência com a precipitação, quando comparado a outros artrópodes que utilizam lugares naturais para ovoposição⁽¹⁾, devido a

grande quantidade de recipientes artificiais, localizados no domicílio e peridomicílio, com temperatura e umidade adequada a reprodução⁽⁸⁾.

Assim, o índice pluviométrico isoladamente parece exercer pouca influência na densidade deste mosquito. Os fatores abióticos estreitamente inter-relacionados, como a umidade e a temperatura, contextualiza épocas de melhor aptidão ao aumento da sobrevivência dos mosquitos adultos, incrementando a probabilidade de fêmeas infectadas completarem o período de replicação do vírus, e tornar-se infectantes⁽³⁴⁾. A extrapolação da faixa ideal de conforto térmico resulta desta forma, em efeitos mais inibidores que estimuladores na reprodução do *Aedes aegypti*.

Mudanças drásticas observadas nos sistemas climáticos globais têm levantado hipóteses sobre o aumento da circulação do *Aedes aegypti*, devido a formação de cenários mais atraentes pelo aumento da temperatura e das chuvas. Modelos matemáticos têm projetado um aquecimento de 1^oC no equador e 2^oC nas latitudes mais distantes, e aumento nos índices pluviométricos, proporcionando maior amplitude de dispersão do mosquito e alargamento da temporada de transmissão da dengue, devido a ocorrência de estações climáticas mais quentes^(14;39).

Pesquisadores têm apresentado estudos e relatórios sobre o impacto do aquecimento global sobre a saúde humana, em uma escala global. A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) têm apresentado para estudos em escalas planetárias e propostos modelos de cenários prospectivos em relação à saúde pública⁽¹⁴⁾.

Outras iniciativas têm contribuído para a proposição de cenários regionais, como o grupo Europe-South America Network for Climate Change Assessment and Impact Studies (CLARIS), cujo foco tem se voltado para a América Latina, que apresenta proposições de cenários climáticos, ambientais e na saúde pública, em escalas mais detalhadas.

Em parte, fenômenos climáticos estudados há mais tempo, podem trazer alguns caminhos sobre os acontecimentos futuros. Uma anomalia climática bastante conhecida, o ENSO (El Niño/South oscillation), causadores de alterações nas precipitações e temperatura em algumas regiões do mundo, em intervalos irregulares⁽¹⁴⁾, tem sido responsabilizada por maior circulação viral em regiões como a Ásia e o Caribe^(15;47;48).

2.5. Estudos ecológicos entre dengue e clima

Estudos ecológicos, ou de dados agregados, sobre o clima e a meteorologia no complexo do reaparecimento e transmissibilidade do dengue nas últimas décadas não é uma tarefa fácil, pois buscam respostas não só dos fatores que determinam, mas também que interagem no contexto de sua transmissibilidade nas grandes cidades.

No âmbito dos modelos ecológicos, Carvalho cita:

“Modelar é a arte de buscar entender e explicar o essencial do fenômeno em Estudo.”

“Modelos são a ponte entre a realidade e a teoria.”

“Todos os modelos estão errados, alguns são úteis”

Apesar das relações entre clima e dengue serem bastante conhecidas empiricamente, a parametrização dos efeitos de cada um dos componentes climáticos sobre as doenças é um esforço que muitos pesquisadores têm alcançado, mediante a adoção de modelos distintos em várias partes do mundo. As suas hipóteses versam sobre o entendimento de como os fatores que moldam a sazonalidade da incidência deste agravo, a influência das mudanças climáticas sobre a sua expansão, e finalmente, quando estes fenômenos interagem.

Os estudos epidemiológicos de séries temporais têm se valido dos avanços da metodologia estatística e do desenvolvimento computacional ocorridos nos últimos 30 anos. Há um conjunto de ferramentas computacionais para a modelagem de séries temporais como variáveis explicativas, de uso corrente na epidemiologia, como os modelos autoregressivos com funções de transferência, modelos de regressão linear gaussianos, modelos lineares generalizados, modelos aditivos generalizados e os mais modernos modelos dinâmicos⁽⁴⁹⁾. Nos estudos que versam sobre dengue e clima especificamente, apesar de haver considerável número de trabalhos publicados, não há muitas variações das abordagens já estabelecidas, como por exemplo, das empregadas nos estudos entre saúde e poluição, que detém vasta bibliografia no Brasil e no mundo.

Um modelo multivariado linear foi proposto para dados mensais tanto de dengue, quanto das variáveis meteorológicas em Barbados, no período de 1995 a 2000. Naquele momento, foi observada forte associação entre dengue e temperatura mínima com uma defasagem de doze semanas e correlações mais tênues com as chuvas, em sete semanas. O modelo proposto conseguiu explicar 35% da variabilidade de dengue, cujas informações foram agregadas por mês⁽⁴⁾. Uma abordagem linear simples, baseada nesse estudo, foi realizada com dados de São Sebastião, no estado de São Paulo, que, com dados mensais para os anos de 2001 e 2002, apresentou significância estatística para as variáveis chuva e temperatura a partir do 2º até o 4º mês de defasagem⁽⁷⁾.

Na tentativa de demonstrar efeitos diários, foi realizada em Boa Vista com informações para o período de 1999 a 2001. Foi necessária a utilização de médias móveis de 15 dias para controlar a super-dispersão dos dados, porém os resultados não apresentaram significância. Entretanto, para os mesmos dados apresentados por estações do ano, houve comprovação estatística sobre o número de casos de dengue com informações sobre pressão atmosférica, vento e umidade relativa⁽⁸⁾.

Uma sofisticação dos estudos de regressão múltipla linear foi realizada pelo Centro Caribenho de Epidemiologia (CAREC), com dados de Trinidad &

Tobago, Barbados e Jamaica, onde foi composto um modelo que além das variáveis meteorológicas já conhecidas, modeladas por mês, inseriu um componente de tendência para avaliação de efeitos de anomalias climáticas. Os resultados demonstraram efeitos sazonais, responsabilizadas pela temperatura, e efeitos de tendência não estacionária, nos anos com influência do ENSO⁽⁴⁷⁾.

Experimentando superar avaliações pontuais de cada componente meteorológico, foi testada em Porto Rico, uma técnica denominada de balanço hídrico climático, que procura mensurar os relacionamentos limítrofes da umidade necessárias ao desenvolvimento e sobrevivência dos organismos vivos, por intermédio da combinação de chuvas, temperatura e umidade. Foram utilizados dados diários, em médias móveis de 15 dias, do período de 1988 a 1993, e amparados por um modelo de regressão linear univariada, alcançou-se maior correlação entre as variáveis de exposição com incidência de dengue com defasagem de oito semanas⁽⁴¹⁾.

Modelos autoregressivos foram aplicados recentemente em localidades do México, onde foram testadas as variáveis meteorológicas e de dengue por semana epidemiológica, para os anos de 1995 a 2003, nas cidades de San Andrés Tuxtla e Veracruz. Foi verificada forte associação do incremento da incidência de dengue, e aumento da intensidade de chuvas, com uma defasagem entre 2 e 3 semanas. Foi ainda modelada a temperatura da superfície do mar, como indicador da presença da anomalia ENSO, que concluiu picos de transmissão nos anos de atuação do fenômeno devido a constatação de períodos mais quentes e chuvosos⁽⁴⁸⁾.

Utilizando também um modelo ARIMA, foi desenvolvido um estudo em Taiwan, com dados mensais do período de 1998 a 2003, cuja modelagem foi composta de dados de temperatura e umidade, enquanto que os dados de chuva não entraram no modelo por não apresentarem significância. Obteve-se maior resposta entre o conjunto dos parâmetros das variáveis utilizadas e a incidência de dengue com dois meses de defasagem, demonstrando que o método estava bem aplicado para estudos prospectivos⁽¹³⁾.

Ainda pouco utilizados na epidemiologia, modelos de longo prazo baseados em wavelets, ou ondaleta, que decompõe e descreve as frequências das séries em diversas escalas temporais, foi aplicado na Tailândia. Naquela ocasião, os dados do período de 1983 a 1997 foram agrupados por mês, e demonstrou associação dos efeitos das altas incidências de dengue e períodos de maior aquecimento provocados pelo fenômeno ENSO⁽¹⁵⁾.

Não obstante o avanço dos métodos estatísticos de séries temporais aplicados a outros agravos, a temática aplicada à dengue carece de novos arranjos. Em busca de uma metodologia mais adequada, um modelo linear generalizado (MLG), utilizando uma distribuição binomial negativa para dados de contagens foi proposto para dados brasileiros. Apesar do foco do trabalho não estar implícito a meteorologia de séries temporais como forma de avaliação dos efeitos de curto prazo, foi demonstrado que o padrão climático é uma variável importante no componente do complexo de manutenção da dengue nos município⁽³⁶⁾.

Ao longo desta década os MLG e os Modelos Aditivos Generalizados (MAG) foram bastante utilizados para estudos ecológicos de séries temporais. Em especial, o MAG fornece maior flexibilidade na descrição de padrões complexos da associação a partir de funções suavizadas, ou componente não-paramétrico, como a média móvel ponderada: *locally-weighted smoother* (loess) ou *cubic smoothing splines* (splines) para controle dos fatores de confusão e da tendência e sazonalidade da série de desfecho, enquanto que incorpora um outro componente linear aplicado à variável resposta⁽⁴⁹⁾.

A classe de modelos Poisson-gama para séries temporais constitui uma abordagem para a análise de dados de contagem, na qual as estruturas intrínsecas das séries temporais são devidamente ajustadas especialmente nos casos de super-dispersão dos eventos, como a dengue tem se comportado. Estes modelos possuem a adequação de um modelo próprio para séries temporais e a flexibilidade de um modelo aditivo generalizado⁽⁴⁹⁾.

Neste trabalho é proposta a aplicação de uma extensão dos modelos Poisson-gama para uma formulação mais geral no qual o preditor linear da covariável foi substituído por um preditor aditivo de funções genéricas das covariáveis, que neste caso, são as funções *splines cúbicas* naturais.

Como 92% do território brasileiro está inserido na zona intertropical de baixas altitudes, médias de temperaturas acima de 20⁰C, e amplitude anual em torno dos 10⁰C, com chuvas superiores a 1.000 mm anuais distribuída ao longo das estações e elevada umidade relativa do ar, estabelece condições abióticas adequadas a sobrevivência do *Aedes aegypti*⁽¹⁷⁾, o espaço territorial está vulnerável aos cenários preconizados pelas anomalias e mudanças climáticas, e sobretudo porque a dengue hoje no país é endêmica na maioria das cidades, torna-se essencial a realização de mais pesquisas que reúnam evidências sobre a dinâmica dos ciclos desta virose vivenciado no nível local, nas cidades, avaliando o impacto de cada um dos processos abióticos.

Material e método

CAPITULO III

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Tipo de estudo

Foi realizado um estudo ecológico de séries temporais, com base geográfica municipal, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006. A unidade de tempo utilizada foi a semana epidemiológica e ano calendário no período estudado.

O período analisado foi definido em função da melhor qualidade e disponibilização da informação de ocorrência de casos de dengue nos municípios, que foram selecionados a partir de um conjunto de critérios descritos adiante.

3.2. Fontes de dados

3.2.1. Casos de dengue

Informações sobre o número de casos de dengue foram obtidas através dos registros do Sistema de Informações sobre Agravos de Notificação (SINAN), cedidos pelo Ministério da Saúde, onde todas as variáveis relacionadas na Ficha de Investigação de Casos de dengue estavam disponíveis, com exceção dos dados de identificação do paciente. Foram construídos os seguintes indicadores:

Incidência de dengue;

Taxa de incidência de dengue por 100.000 habitantes;

Proporção de casos de dengue por sexo

Proporção de casos de dengue por faixa etária: menores de 1 ano; 1 a 4 anos; 5 a 19 anos; 20 e mais anos.

3.2.2. Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram selecionadas as seguintes variáveis:

Temperatura do ar – A temperatura do ar é uma grandeza física, resultado do balanço energético entre a superfície da terra e a atmosfera, variando de acordo com a altitude e com as mudanças nas condições do tempo, provocadas por sistemas sinóticos e sazonalidades. Ainda pode ser influenciada pelas características morfológicas e arquitetônicas presentes nas localidades⁽⁵⁰⁾. Os registros da temperatura do ar são efetuados por hora, em cada estação meteorológica, entre as 7h e 24 h, quando agregadas originam as grandezas máximas, médias e mínimas diárias.

Chuva (mm) – Medida através de pluviômetros, geralmente empregada como total de água precipitável diária, embora possa ser utilizada na avaliação de totais horários de precipitação ou na estimativa de valores de intensidade de precipitação.

3.2.3. Sociais e econômicos

Informações sobre estimativas populacionais de residentes nos municípios brasileiros e sua distribuição por sexo e idade foram obtidas junto ao Departamento de Informática do SUS (Datapus), no sítio www.datapus.gov.br.

Adotou-se um conjunto de variáveis socioeconômicas para caracterização dos municípios. Elas foram produzidas a partir dos microdados do censo 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), agregadas por município e disponibilizadas pelo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil⁽⁵¹⁾:

Taxa de urbanização - proporção da população vivendo na área urbana dos municípios;

Água encanada - proporção de pessoas residentes no município, servidas por água encanada;

Coleta de lixo, proporção de pessoas residentes nas áreas urbanas dos municípios, com coleta de lixo;

Linha da pobreza - proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 75,00, equivalente a metade do salário mínimo vigente em agosto de (2000);

Índice de Gini - Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar *per capita*. Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda da sociedade e a renda de todos os outros indivíduos é nula).

IDHM - O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2000, criado no início da década de 90 para o PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) busca avaliar o bem estar da população e classificar os municípios combinando três componentes do desenvolvimento humano em um indicador composto. Os componentes são a longevidade, a educação e a renda, sendo o resultado expresso nas seguintes faixas:

$0 \leq \text{IDH} < 0,5$ Baixo Desenvolvimento Humano

$0,5 \leq \text{IDH} < 0,8$ Médio Desenvolvimento Humano

$0,8 \leq \text{IDH} \leq 1$ Alto Desenvolvimento Humano

3.2.4. Unidades climáticas (UC)

O Brasil, com sua vasta extensão territorial possui uma tipologia climática bastante variada, influenciada pelas condições de temperatura, altitude, pressão atmosférica e proximidade com o oceano. Para este trabalho foram adotadas as unidades climáticas brasileiras propostas pelo IBGE como uma

síntese macroclimática, como forma de melhor sistematizar as hipóteses estudadas.

As unidades são assim classificadas: Unidade Tropical Equatorial, Unidade Tropical Nordeste Oriental, Unidade Tropical Brasil Central, Unidade Equatorial e Unidade Temperado.

Os atributos climáticos foram transferidos para os municípios brasileiros através de operação geográfica, por meio de dois mapas digitais – mapa político dos municípios brasileiros estabelecidos até 2004, e o mapa das unidades climáticas brasileiras. A sua origem foi o IBGE, através de download no sítio <http://mapas.ibge.gov.br>.

3.5. Seleção dos municípios

Os municípios estudados foram selecionados por meio de amostra de conveniência, considerando os seguintes critérios de elegibilidade:

a) autoctonia e boa qualidade de dados de registro de casos de dengue provenientes do SINAN, sendo considerado no mínimo 90% de completude das informações referentes aos campos de município de residência, idade e sexo no banco de dados.

b) Com quantitativo de casos de dengue que dê estabilidade ao modelo de análise desenvolvido. Foi considerado como elegíveis municípios com população residente em 2002 acima de 400.000 habitantes;

c) possuir estação meteorológica desde 2002 e dispor de série histórica de dados diários sobre temperatura do ar e precipitação com no mínimo 95% de completude.

d) Estar situado em UC brasileiras de maior receptividade à circulação viral ⁽⁴⁾ - Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Zona Equatorial e Tropical Brasil Central.

3.6. Plano de análise dos dados

3.6.1. Seleção dos municípios

Inicialmente os municípios elegíveis foram identificados, e agrupados por unidade climática, sendo então selecionado um município por unidade climática, utilizando como critérios de classificação, os mesmos utilizados na elegibilidade.

3.6.2. Análise descritiva da situação da dengue

Posteriormente procedeu-se a análise descritiva da distribuição da série anual da ocorrência da dengue por Unidades Climáticas (UC), utilizando taxas de incidência médias do período.

Posteriormente foi realizada descrição anual da taxa de incidência de dengue no Brasil, sendo avaliadas as diferenças ocorridas entre os anos de estudo. Na seqüência, utilizaram-se proporção de sexo e faixas etárias para descrever o comportamento da dengue nos municípios, comparando a tendência linear entre os anos.

As informações que proveram as análises descritivas foram tabuladas pelo software TabWin, distribuído gratuitamente pelo Datasus, utilizando arquivos de definição e conversão compilados pela equipe técnica que compõe o SINAN, sendo exportados para a planilha eletrônica Microsoft Excel, onde foram construídas as proporções e gráficos.

3.6.3. Análise por município

3.6.3.1. Descrição das variáveis socioeconômicas

Os municípios foram caracterizados segundo as variáveis socioeconômicas selecionadas, utilizando-se de proporções e indicadores compostos.

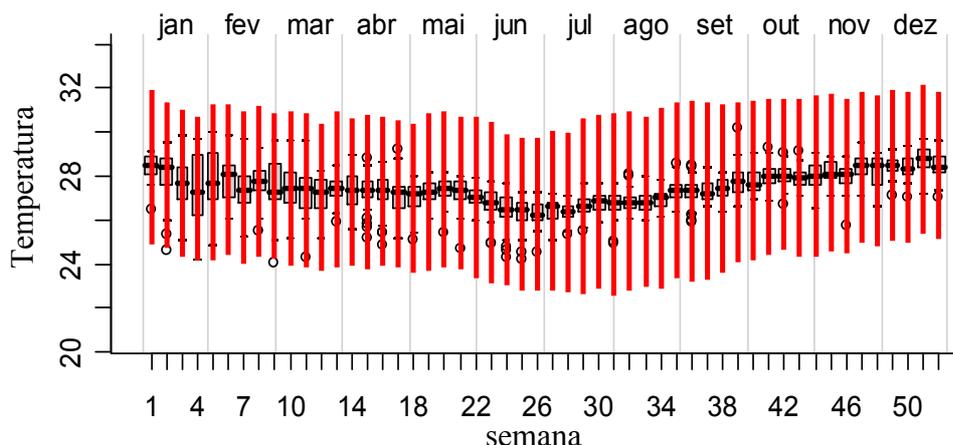
3.6.3.2. Descrição da distribuição da temperatura e chuva

Variáveis encontradas em climatologias podem ser descritas baseando-se nas suas características estatísticas, caracterizando o período de um ano por divisões sazonais. Para variáveis contínuas, representada pela temperatura, gráficos de caixas são usados para descrever as distribuições sazonais, porém as séries descontínuas, onde as chuvas estão inseridas, são mais difíceis de serem sumarizadas em uma medida de tendência central, devido ao forte desvio na distribuição, apresentando muitos valores diários zerados, e necessitam de resumo e suavização de sua irregularidade variável ao longo do tempo a fim de facilitar a visualização e avaliação⁽⁵²⁾.

Com o intuito de facilitar a descrição destas variáveis foi utilizado o software de estatística R, com o pacote “seas” na construção das seguintes abordagens:

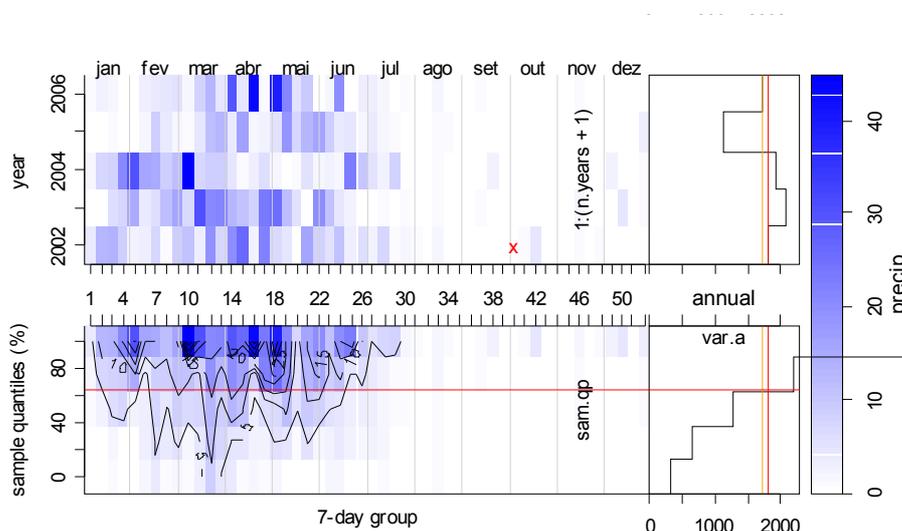
Temperatura (figura 3.1) - gráficos de caixas da temperatura média diária, por grupo de 7 dias, dos anos de 2002 a 2006 (cinza). A linha vertical vermelha representa a variabilidade entre as médias das temperaturas máximas e as mínimas no período.

Figura 3.1. Gráfico de temperatura



Para as chuvas (figura 3.2), o gráfico de imagem oferece grande número de informações. Na parte superior esquerda representa a média da precipitação em grupos de 7 dias, para os anos de dados, e representada pela legenda em escala de cores à direita. A parte inferior esquerda, os dados semanais são classificados verticalmente em quantis da média de chuvas e seus contornos, cuja linha vertical vermelha indica a sazonalidade normal. As linhas verticais vermelhas e laranjas indicam as medianas e médias, respectivamente, enquanto que as linhas pretas representam o acumulado de chuvas no ano, na parte superior, e em cada quantil, na inferior.

Figura 3.2. Gráfico de chuvas



3.6.3.3. Análise descritiva da situação da dengue

Utilizou-se proporção de sexo e faixas etárias para descrever o comportamento da dengue nos municípios, comparando a tendência linear entre os anos.

3.6.3.4. Descrição e análise longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas

Utilizou-se uma abordagem longitudinal com objetivo de descrever os componentes das séries temporais das variáveis relacionadas aos casos de dengue, temperatura e chuva, para a identificação das correlações e colinearidade entre as variáveis. Foi utilizado o pacote estatístico R e planilha eletrônica Microsoft Excel para a construção dos indicadores e gráficos.

Utilizaram-se gráficos das séries decompostas em componentes para descrever a série descrita por⁽⁵³⁾:

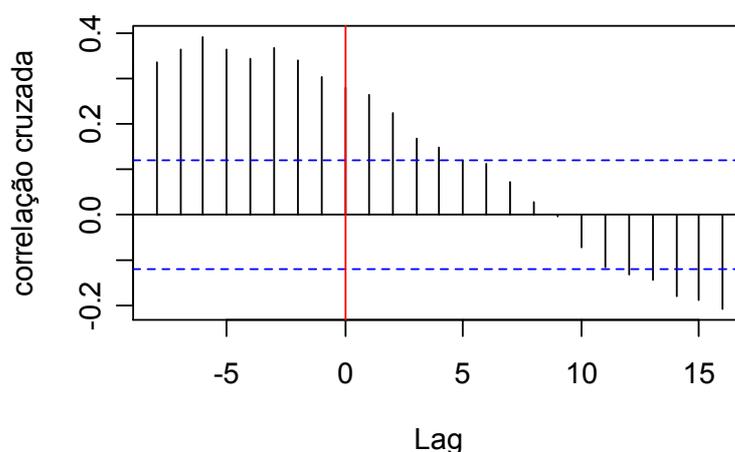
- Tendência, define o sentido (ascendente ou descendente) de deslocamento da série ao longo de vários anos.
- Ciclo, movimento ondulatório que ao longo de vários anos tende a ser periódico.
- Sazonalidade, movimento ondulatório de curta duração, em geral, inferior a um ano; associada, na maioria dos casos, a mudanças climáticas.
- Ruído aleatório ou erro, compreende a variabilidade intrínseca aos dados e não pode ser modelado.

3.6.3.5. Análises de correlação cruzada e defasagem no tempo (*time lag*)^a

Gráficos de correlação cruzadas foram utilizados para a visualização a dependência de defasagem no tempo e a mensuração da correlação de Pearson em cada instante. São assim descritos:

Os valores no eixo x (figura 3.3.) representam a estrutura de defasagem entre as variáveis dependente e a independente. Os valores no eixo y são os valores do coeficiente de correlação de Pearson. Linhas verticais representam os valores do coeficiente de correlação de Pearson de cada uma das defasagens. A linha vertical vermelha representa o instante sem defasagem e a linha horizontal azul os intervalos de confiança, dado por IC=95%.

Figura 3.3. Gráfico de correlação cruzada



^a O termo Defasagem na estatística, segundo o dicionário Michaelis, refere-se ao “fenômeno que consiste no fato de duas séries cronológicas apresentarem ciclos que não são sincrônicos”.

Foi traduzido do inglês *time lag*, e é um procedimento de inclusão proposital do tempo necessário para que a exposição tenha efeito no desfecho. Neste caso, espera-se que as chuvas contribuam para o ciclo do *Aedes aegypti*, com aumento da densidade de formas aladas e conseqüentemente aumento no número de pessoas com dengue.

3.6.3.6. Análise multivariada – regressão Poisson-gama

Utilizaram-se Modelos Aditivos Generalizados (MAG) por permitirem que funções genéricas de covariáveis sejam introduzidas no preditor aditivo sem a necessidade da suposição de linearidade entre elas⁽⁵⁴⁾. A classe dos modelos Poisson-gama foi adotada por constituírem uma abordagem para a análise de dados de contagem, onde as estruturas de séries temporais são ajustadas implicitamente. Nesta classe de modelo, a distribuição preditiva de referência é a binomial negativa, permitindo a estimação adequada de intervalos de confiança a partir de dados que apresentam ⁽⁵⁴⁾.

Foram construídos os indicadores descritos abaixo, por semana epidemiológica, sendo selecionados os que apresentaram melhor convergência.

Desfecho:

- incidência de dengue no período.

Exposição:

- chuva acumulada no período (precipitação pluviométrica total na semana).

Variáveis modificadoras de efeito, temperatura:

- máxima semanal;
- média semanal das máximas diárias;
- mínima semanal da máxima diária;
- máxima semanal da média diária ;
- média semanal;
- mínima semanal da média diária;
- máxima semanal da mínima diária;
- média semanal da mínima diária;
- mínima semanal.

Variáveis de confusão e de efeito calendário

- Variáveis dummies para cada trimestre (simulando estações do ano).

Funções harmônicas

- Senos e cossenos com diferentes períodos.

Neste estudo assumiu-se relação linear entre chuvas e casos de dengue, e uma função suavizadora não paramétrica, para as variáveis de controle ou modificadores de efeito, com o intuito de minimizar o efeito da variabilidade devido ao acaso.

A função *spline* cúbica natural foi o suavizador de escolha devido a possibilidade no controle da dependência entre as variáveis de interesse e flutuações não-lineares, além de contarem com características matemáticas para diagnóstico e adequação do modelo adotado fora das estruturas paramétricas rígidas, por meio de ajustes polinomiais em intervalos.^(49;55)

Variáveis *dummies* são construídas de forma dicotômica e empregadas para ajuste dos efeitos de calendário, aplicada quando a intenção é o ajuste de um determinado período. As funções harmônicas ou polinômios harmônicos, são formados por curvas de seno e cossenos, utilizados no ajuste de variações sazonais e padrões cíclicos, que confundem a associação entre chuva e o número de casos de dengue.

O *modus operandi* da regressão multivariada, inicia-se com a construção do modelo que inclui somente os potenciais fatores de confusão, tendência e sazonalidade da série de desfecho, denominado de modelo central (*core model*). Este foi considerado adequado quando os resíduos resultantes do modelo geraram apenas ruído aleatório, isto é, sem os componentes típicos de série temporal, como tendência, ciclos ou sazonalidade. Após a obtenção de um modelo central ajustado corretamente, a variável de exposição (chuvas) é inserida na equação e o modelo reestimado.

Bons resultados no modelo central são conseguidos por processo parcimonioso⁽⁵⁶⁾, ou seja, tomando-se por base a hipótese de estudo, o conjunto de variáveis (excluindo-se as de exposição) de desfecho são testadas de forma iterativa, sendo mantidas no modelo central as que obtiverem melhor conjunto de resultados analisadas através de gráficos de diagnóstico dos resíduos e estatísticas dos parâmetros.

São ainda considerados na modelagem a mensuração do tempo decorrido entre o momento de exposição e o do desfecho. Esta processo também conhecido como *time lag*⁽⁴⁾, procura incorporar na equação matemática o tempo de latência, ou defasagem entre a exposição e o aumento de casos de dengue, devido a cadeia de produção hipotética de casos de dengue iniciar com aumento de criadouros pelas chuvas, aumento da densidade vetorial, e conseqüentemente, maior da circulação viral.

Um conjunto de gráficos foi construído com o objetivo de fornecer informações para a composição do modelo central:

- Gráfico de valores observados da variável resposta (casos de dengue) e os valores previstos pelo modelo proposto, por semana, dá uma indicação visual do ajuste do modelo;
- Gráfico dos resíduos plotados na escala de tempo, que para melhor ajuste devem estar concentrados na região entre valores -3 e 3, com apresentação ausente de estruturas temporais, com distribuição homocedástica, que significa que os resíduos devem apresentar a mesma variância para cada observação.
- O gráfico da função parcial de autocorrelação – PACF (*partial autocorrelation function*), ou correlograma parcial, um modelo adequado não deve exibir dependência serial nos resíduos, situação encontrada quando está plotada dentro do intervalo de confiança, que também está indicado. Chama-se de autocorrelação, a correlação entre os valores do resíduo de cada instante t e seus valores prévios. A função de

autocorrelação parcial avalia a correlação de cada valor observado com instantes defasados ($t-3$, $t-5$,...), eliminando efeitos de defasagens intermediárias. A sazonalidade não ajustada também pode ser observada na PACF.

- O periodograma ou linha espectral de Fourier mostra o espectro das oscilações para as frequências harmônicas dos resíduos fornecendo informações sobre a altura destas frequências e como estão dispostas no tempo de acordo com a periodicidade, com vistas à identificação de componentes cíclicos na série com frequências desconhecidas. Deseja-se que na apresentação gráfica não possua valores extremos, e a distribuição dos valores estejam homogênea.
- O gráfico de quantis, também conhecido como *qq-plot* é um gráfico dos resíduos ordenados contra os quantis esperados de uma distribuição normal. Quanto mais próximo os pontos estiverem da bissetriz do primeiro quadrante mais próximos e aderidos os dados observados estão da distribuição considerada, apesar de não ser imperativa a normalidade dos resíduos nesta classe de modelos⁽⁴⁹⁾.

As estimativas dos parâmetros são calculadas por meio de processo de otimização não-linear irrestrita, como os algoritmos de métrica variável⁽⁴⁹⁾. Neste trabalho adotou-se o algoritmo de *Nelder-Mead*, comumente usado em otimização não linear, com o intuito de minimizar uma função em um espaço multidimensional.

Coefficientes, estimados na parte paramétrica da equação devem ser interpretados assim como em uma regressão linear, tendo os valores das variáveis representadas como analogias da inclinação, tendo como “fator de desconto” uma estatística de qualidade da aproximação normal para estimadores de máxima verossimilhança, sendo que, quando se aproxima de 1, torna-se inadequado.

A estatística AIC traduz a parcimônia dos modelos. Quanto menor o seu valor mais parcimonioso é o modelo, refletindo conjunto mais resumido de parâmetros utilizados na equação. Este mesmo princípio norteia a função desvio e o logaritmo da verossimilhança.

Os coeficientes obtidos dos modelos de regressão foram transformados, por exponenciais, em riscos relativos (RR) de casos de dengue para cada incremento de 100 mm nos níveis de chuva por semana. Este valor foi escolhido por ser o mesmo intermediário entre períodos de grandes chuvas e períodos secos.

Para o cálculo de risco de dengue foi usada a seguinte equação:

$$\ln\lambda(t) = \alpha + \sum_i \beta_i X_i(t) \quad (3.5)$$

onde:

$\ln\lambda_t$ - logaritmo natural da variável dependente;

X_{it} - variáveis independentes;

α e β - parâmetros a serem estimados.

Os parâmetros obtidos pelo modelo para o cálculo do Risco Relativo (RR), utilizando a seguinte equação:

$$E = \exp(\beta^{est}) \quad (3.6)$$

Onde:

est - valor da estimativa do coeficiente da variável chuva.

O intervalo de confiança utilizado foi de 95% e usou-se a seguinte equação:

(3.7)

$$IC95\% = \exp [\beta \pm 1,96 \text{ ep } (\beta)]$$

Onde:

ep - erro padrão da estimativa de β ;

O aumento percentual nos casos de dengue é obtido dos RR com a formula:

$$\text{Aumento \%} = (\text{RR} - 1) * 100 \quad (3.8)$$

Adotou-se o nível de significância de $\alpha = 0,05$ em todas as análises, que foram realizadas com o pacote estatístico R, utilizando as bibliotecas *gam*, *ares* e *pgam* ⁽⁵⁷⁾.

Resultados

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Seleção dos municípios

Foram encontrados 45 municípios com 400 mil habitantes ou mais, que tiveram ocorrência de casos autóctones de dengue em pelo menos um dos anos entre 2002 e 2006.

Apesar de todos os 45 municípios possuírem estação meteorológica, as séries de dados diárias disponibilizadas, à época, pelo Instituto Nacional de Meteorologia, contemplaram Aracaju, Belém, Brasília, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Londrina, Maceió, Manaus, Maringá, Natal, Recife, Salvador, São Luis e Teresina, com completude variada entre eles durante o período.

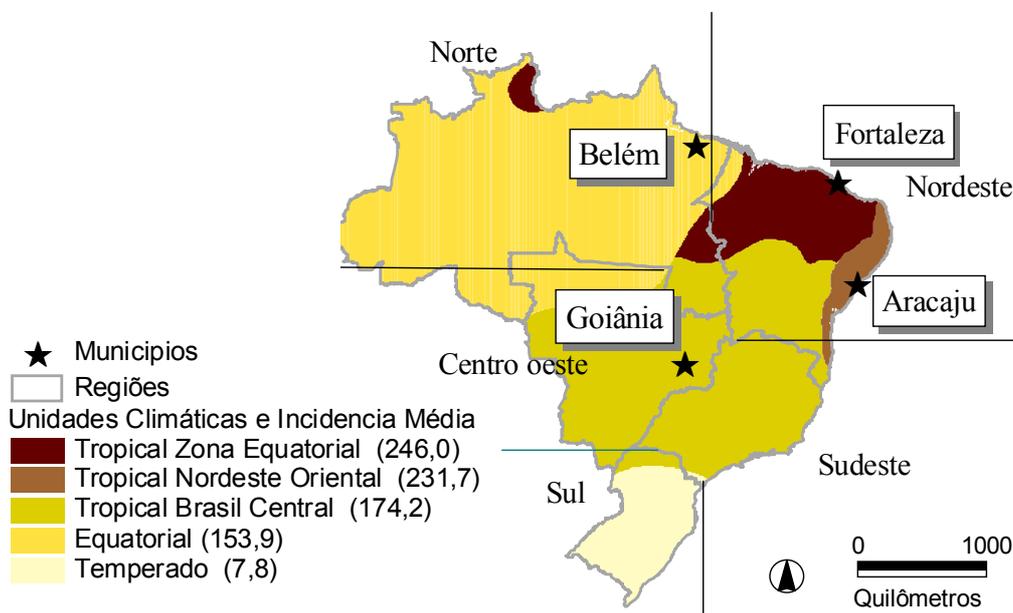
A seleção final dos municípios estudados considerou o menor número de observações diárias faltantes de dados climáticos por zona climática. Foram escolhidos para o estudo os municípios de *Belém*, na Zona Equatorial; *Fortaleza*, na Zona Tropical Zona Equatorial; *Aracaju*, na Zona Tropical Nordeste Oriental; e *Goiânia* na Zona Tropical Brasil Central. Municípios pertencentes à Zona Temperada foram excluídos do estudo por apresentarem, no período, baixa circulação viral.

4.2. Descrição da Situação Epidemiológica da Dengue

4.2.1. Nas Unidades Climáticas

Observou-se que a magnitude da dengue foi variada entre as zonas climáticas. (figura 4.1). A menor taxa de incidência média no período de estudo foi registrada na Zona Temperada, cujo valor foi de 7,8⁰/100.000 hab. As zonas climáticas Equatorial e Tropical Brasil Central apresentaram taxas de incidência média semelhantes à nacional, com valores de 154⁰/100.000 hab e 175⁰/100.000 hab, respectivamente, enquanto que as taxas de incidência das zonas Tropical Nordeste Oriental e Tropical Zona Equatorial foi bem superior, com valores de 232⁰/100.000 hab e 246⁰/100.000 hab, respectivamente.

Figura 4.1. Distribuição espacial das taxas de incidência média por 100.000 hab. no período de 2002 a 2006 por unidades climáticas brasileiras.



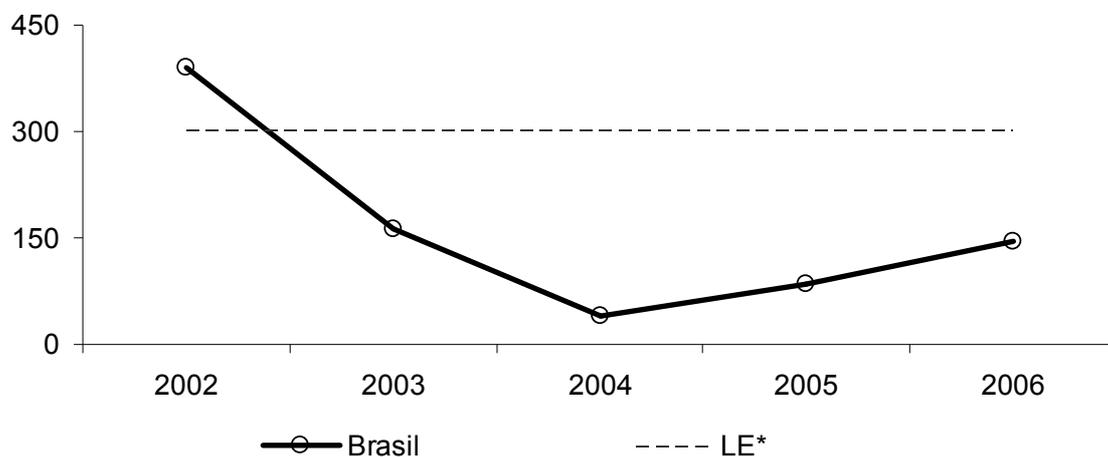
Fonte: IBGE

4.2.2. No Brasil

Entre os anos de 2002 a 2006 foram notificados 1.467.985 novos casos de dengue em residentes no Brasil, resultando em uma incidência média anual de aproximadamente 1 caso novo para cada grupo de 600 habitantes, que originou uma taxa de incidência média anual de 162⁰/_{100.00} hab.

No Brasil, no ano de 2002 (figura 4.2), foi registrado aproximadamente 47% dos casos do período, com incidência de quase 680.000 casos, resultando em taxa de incidência nacional de 390⁰/_{100.00} hab. Nos dois anos seguintes o número de casos notificados foi bem inferior, caindo fortemente até o ano de 2004, que registrou um pouco mais de 70.000 casos novos ou 40⁰/_{100.00} hab., sendo que nos anos de 2005 e 2006 foi observado novo incremento, com registro de uma taxa de incidência de quase 150⁰/_{100.00} hab no último ano.

Figura 4.2. Taxa de incidência de dengue (por ⁰/_{100.00} hab). Brasil, 2002 a 2006.



* Linha Epidêmica de 300⁰/_{100.00} hab

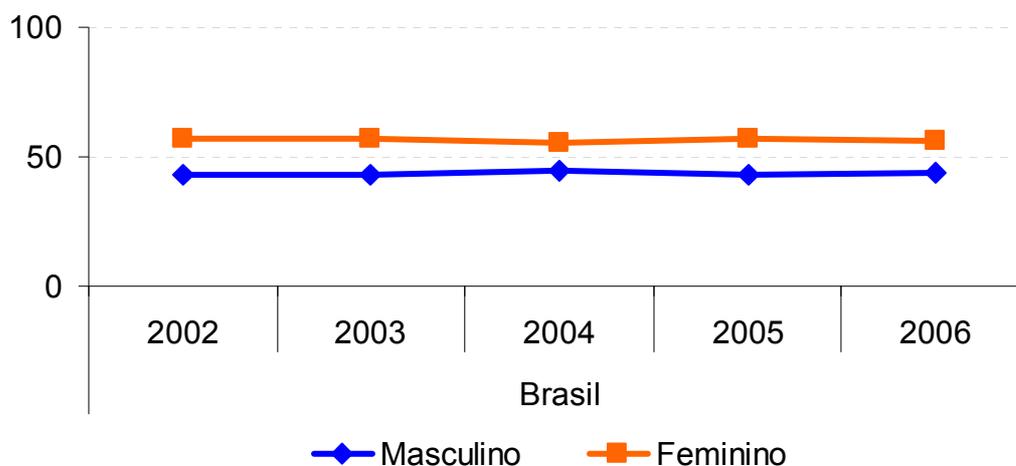
Fonte: SINAN/SVS/MS

4.2.3. Por sexo

A Figura 4.3 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por sexo no Brasil, no período de estudo, onde ocorreram, na média do período, 43% dos casos em homens e 57% em mulheres.

A análise de tendência linear da série aponta um discreto movimento de convergência entre as proporções casos de homens e mulheres ao longo do período, porém o resultado do teste qui-quadrado para tendência, mostrou seguimento linear, quer dizer, as proporções não diferiram ($\chi^2= 3,99$; $p=0,046$).

Figura 4.3. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Brasil, 2002 a 2006.



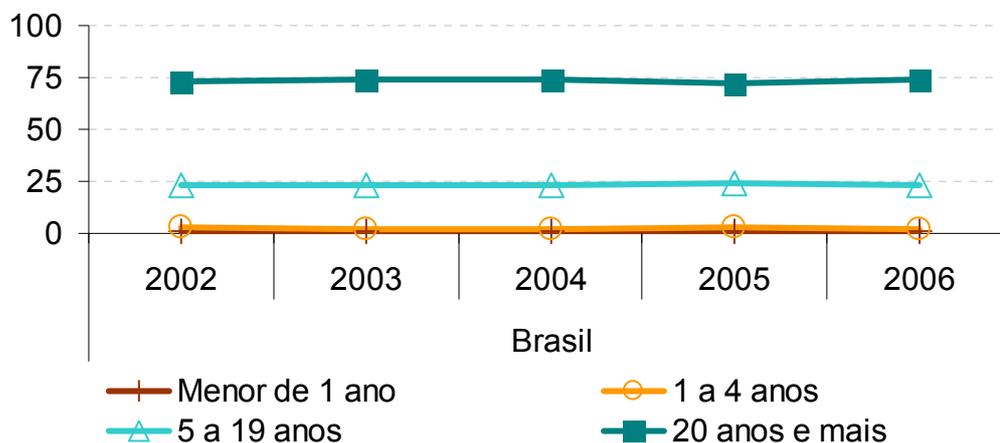
Fonte: SINAN/SVS/MS

4.2.4. Por idade

A Figura 4.4 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por faixa etária no Brasil, onde ocorreu, em média no período estudado, 1% dos casos em menores de 1 ano, 2,6% na população de 1 a 4 anos, 23% na população entre 5 a 19 anos e 74,4% em maiores de 20 anos.

A análise de tendência linear da proporção de casos por ano em todas as faixas etárias mostrou-se estacionárias ou estáveis, porém com movimentos discretos, que não chegou a perder a significância estatística da linearidade pelo teste do qui-quadrado. As faixas etárias de menores de 1 ano e de maiores de 20 anos mostraram-se levemente crescentes ($\chi^2= 3,98$; $p=0,049$) e ($\chi^2= 4,0$; $p=0,046$), respectivamente, enquanto que as de 1 a 4 anos e de 5 a 19 anos apresentou tendência levemente decrescente ($\chi^2= 3,96$; $p=0,047$) e ($\chi^2= 3,99$; $p=0,046$), respectivamente.

Figura 4.4. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Brasil, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN/SVS/MS

4.3. BELÉM

4.3.1. Características sociais e econômicas

Belém apresentou no ano de 2000, taxa de urbanização de 99,3%, com 81% da sua população urbana com acesso água encanada, e 96% servidas de coleta de lixo regular. Percentuais superiores à média nacional em 19%, 1% e 5% para os indicadores de taxa de urbanização, acesso a água encanada e coleta de lixo, respectivamente.

Com relação à renda e desigualdades, Belém contabilizou cerca de 30% da sua população vivendo abaixo da linha de pobreza, resultado praticamente igual a média brasileira. A desigualdade, medida pelo índice de Gini, foi igual à média nacional, 0,65.

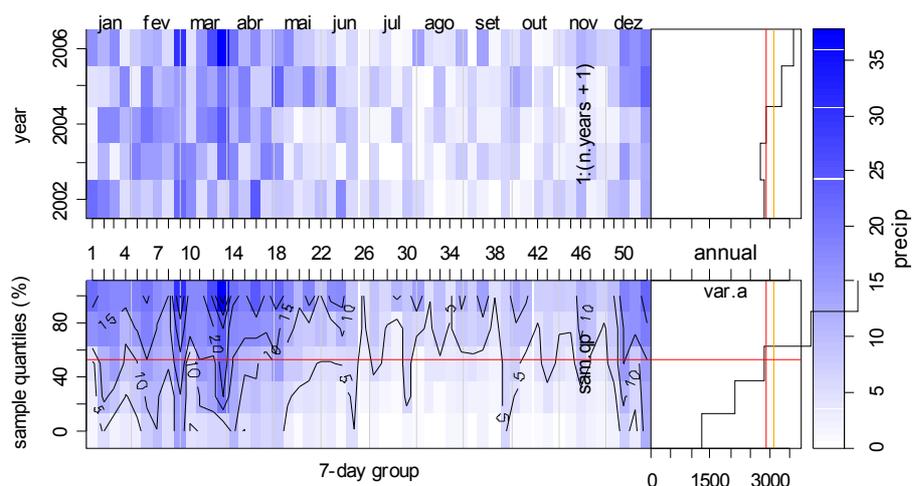
Pelo Índice de Desenvolvimento Humano, Belém foi considerado de alto desenvolvimento humano, cujo valor no ano 2000 foi de 0,806, superando o índice nacional que ficou na faixa do médio desenvolvimento humano.

4.3.2. Caracterização das variáveis meteorológicas

A média anual das chuvas no período em Belém (figura 4.5) foi de 3.100 mm, sendo os anos de 2002, 2003 e 2004 com volume, em torno de 10% abaixo da média. 2006 foi um ano bastante chuvoso, e apresentou o acumulado anual de 3.600 mm.

Sua distribuição ocorre durante todo o ano, porém observa-se período com maior intensidade de chuvas, iniciando em dezembro, com médias diárias máximas por semana de um pouco mais de 35 mm, durando até abril.

Figura 4.5. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Belém, 2002 a 2006.

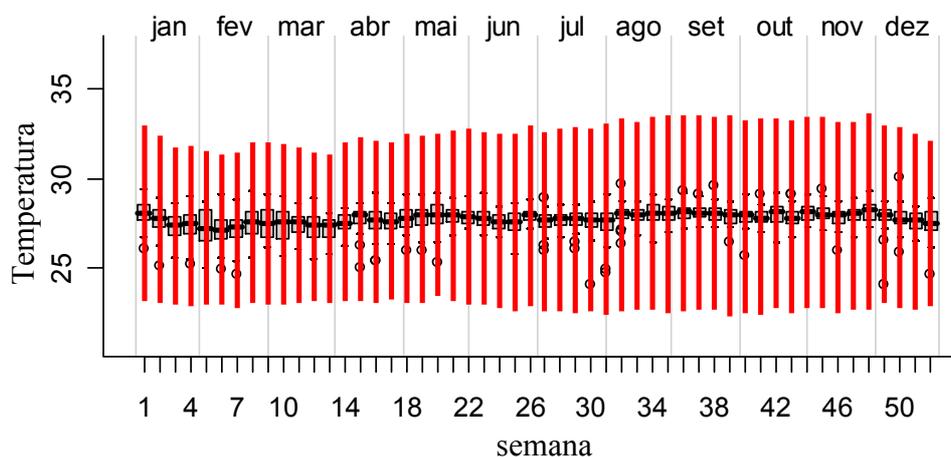


Fonte: INMET

A distribuição da temperatura por semana, durante os anos de 2002 a 2006 mostrou-se bastante homogênea (figura 4.6), cuja média diária no período foi de 27,7°C, com a menor temperatura média registrada, 25,6°C, e a maior, 29,5°C, e período sazonal praticamente não observado.

A amplitude entre as médias semanais das temperaturas máximas e mínimas diárias foi relativamente alta, chegando a 10 °C em algumas semanas nos meses do 2º semestre do ano, mostrando que nestas épocas do ano, as noites são mais frescas, porém o dia ficou mais quente.

Figura 4.6. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Belém



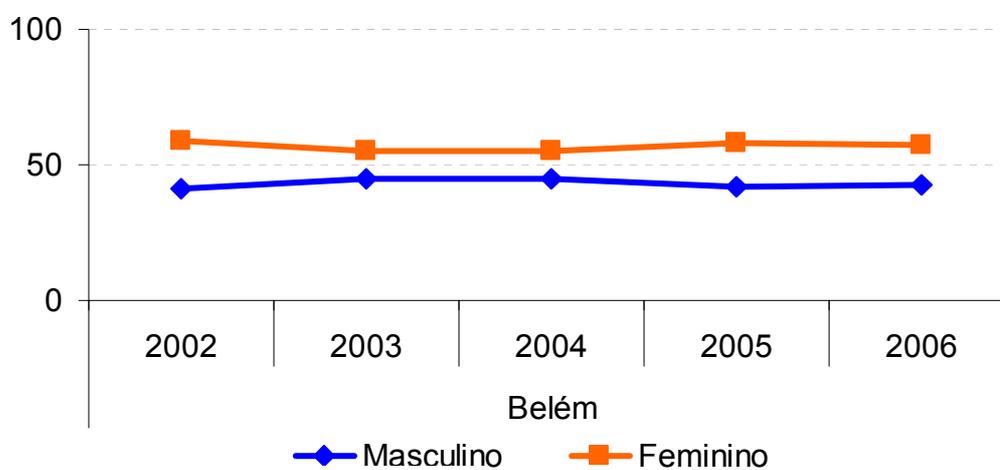
Fonte: INMET

4.3.3. Descrição por Sexo e idade

A Figura 4.7 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por sexo em Belém, no período de 2002 a 2006, onde ocorreram em média 43% dos casos em homens, e 57% em mulheres, situação semelhante ao registrado no Brasil.

A análise de tendência linear da série aponta um discreto movimento de convergência entre as proporções de casos entre homens e mulheres ao longo do período. Porém foi significativo para a linearidade no teste do qui-quadrado, não apresentando diferenças ($\chi^2= 4,0$; $p=0,046$).

Figura 4.7. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Belém, 2002 a 2006.

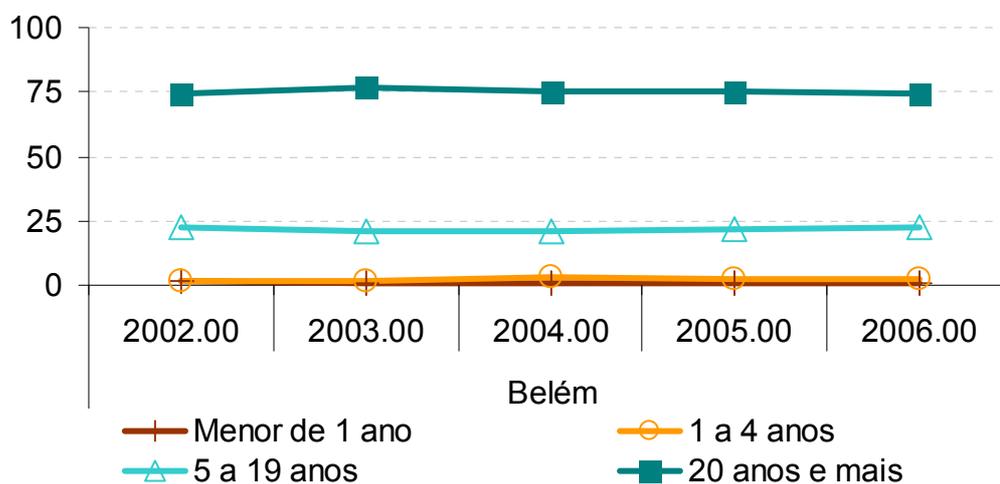


Fonte: SINAN/SVS/MS

A Figura 4.8 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por faixa etária em Belém, no período estudado, onde ocorreu, em média 1% dos casos em menores de 1 ano, 2% na população de 1 a 4 anos, 21,5% na população entre 5 a 19 anos e 75,5% em maiores de 20 anos, sendo este perfil semelhante ao registrado no Brasil.

A análise de tendência linear da proporção de casos, por ano, nas faixas etárias de menores de 1 ano e de 1 a 4 anos mostrou-se não estacionária ($\chi^2= 3,74$; $p=0,053$) e ($\chi^2= 2,85$; $p=0,091$) respectivamente, com tendência de queda no primeiro grupo, enquanto que no segundo, a tendência foi de alta. Entretanto, houve significância estatística para as demais faixas etárias em relação ao total de casos, mostrando linearidade das proporções das demais faixas etárias. O resultado do teste para a população para faixa de 5 a 19 anos foi ($\chi^2= 3,94$; $p=0,047$), e para maiores de 20 anos, ($\chi^2= 3,99$; $p=0,046$).

Figura 4.8. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Belém, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN/SVS/MS

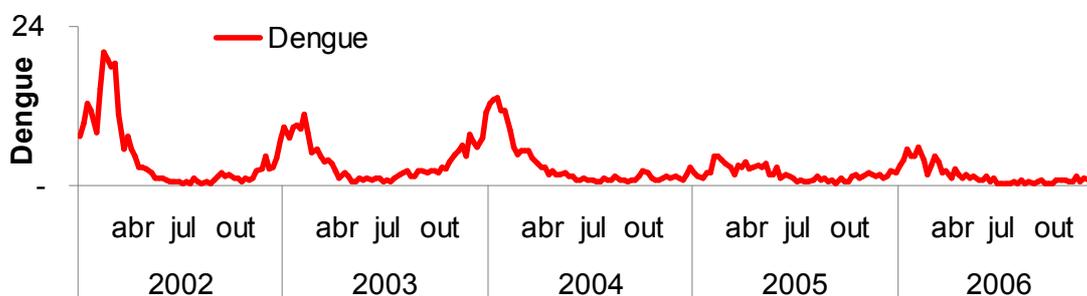
4.3.4. Descrição e análise longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas

Em Belém, no período estudado, ocorreram 10.172 casos, resultando em uma incidência média de 1 caso novo para cada grupo de 670 habitantes, semelhante à média nacional.

A taxa de incidência no ano de 2002 (figura 4.9) foi a mais alta do período, chegando a 230 ⁰/_{00.00} hab., que correspondeu a 30% das notificações no período. Em 2006, no último ano de estudo, a taxa de incidência foi quase a terça parte do primeiro ano, com 76 ⁰/_{00.00} hab., ou 11% das notificações. A tendência linear verificada no período estudado foi decrescente ($\beta_0 = -40,7$; $p < 0,01$).

Verificou-se que a dengue foi mais incidente nos meses de janeiro, cuja taxa de incidência média no período foi de 34,5 ⁰/_{00.00} hab e nos meses de julho, sua ocorrência foi bem menor, onde apresentou taxa de incidência média de 2,8⁰/_{00.00} hab. Nota-se ainda que o movimento sazonal para dengue foi característico, com altas incidências nos meses de verão e sensível diminuição nos meses do inverno.

Figura 4.9. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por ⁰/_{00.00} hab). Belém, 2002 a 2006.

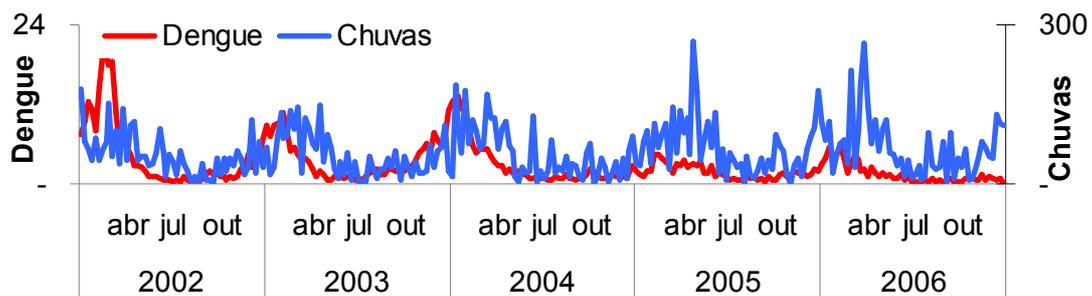


Fonte: SINAN / SVS / MS

As chuvas acumuladas por ano, descritas no item 4.3.2 apresentou tendência linear crescente ($\beta_0 = 236$; $p = 0,01$) nos anos estudados, tendo comportamento contrário ao da dengue, podendo ser observado na Figura 4.10.

Nota-se que o movimento sazonal para chuvas em Belém foi caracterizado por um período chuvoso, já descrito, coincidente com os meses de altas incidências de dengue. A maior média mensal observada foi em março com volume de 485 mm, enquanto em agosto a menor média mensal, cujo volume registrado foi de 124mm.

Figura 4.10. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $100,00$ hab) e chuvas (mm). Belém, 2002 a 2006.

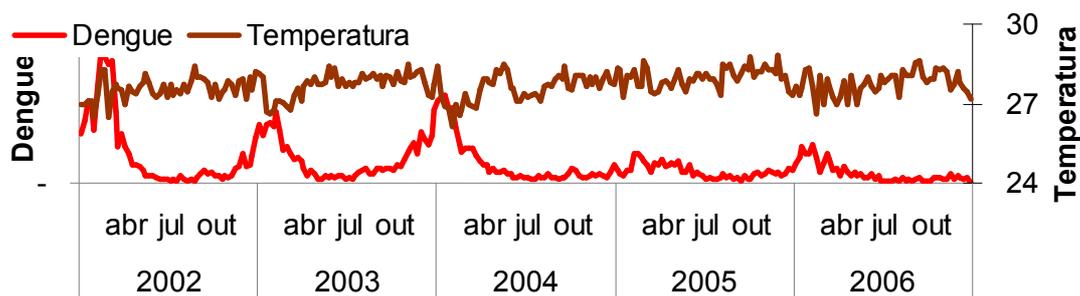


Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

A média semanal da temperatura diária, apresentou tendência linear não significativa ($\beta_0 = 0,07$; $p = 0,23$), apresentando-se praticamente estacionária nos 5 anos estudados, como observada na Figura 4.11.

Nota-se que o movimento sazonal para a temperatura em Belém não foi característico, porém houve dois registros de relativa baixa temperatura no começo dos anos de 2003 e 2004, coincidindo não só com o aumento de casos de dengue, mas também aos anos de menor volume das chuvas. Os meses mais frescos são os do começo do ano, enquanto que os mais quentes, no inverno e primavera.

Figura 4.11. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $100,00$ hab) e variação da média semanal temperatura média ($^{\circ}\text{C}$). Belém, 2002 a 2006.



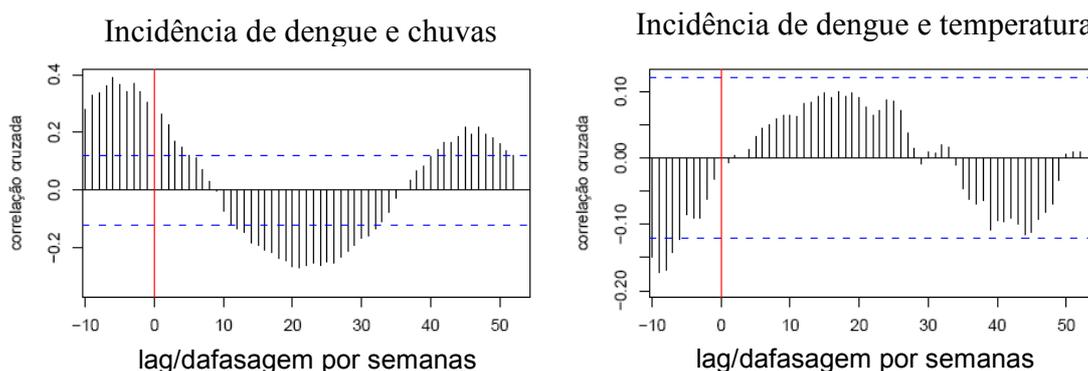
Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.3.5. Análises de correlação cruzada e defasagem no tempo

Como consequência da descrição dos itens acima, verificou-se que as correlações positivas entre incidência de dengue e chuvas apresentaram defasagem negativa (figura 4.12), isto é, alta incidência de dengue antecede o período de maior intensidade da chuva, e que a maior correlação aconteceu em seis semanas, que chegou a 0,4. Na defasagem “0”, o município ainda apresentou correlação positiva fraca, porém na medida em que a defasagem aumenta a correlação torna-se negativa.

A frequência das correlações entre dengue e temperatura média semanal das médias diárias, é inversa a observada com as chuvas, aonde os valores das correlações vão se tornando positivos na medida em que as defasagens aumentam, porém não apresentam valores muito altos, isto é, menos que 0,1.

Figura 4.12. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Belém, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.3.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma

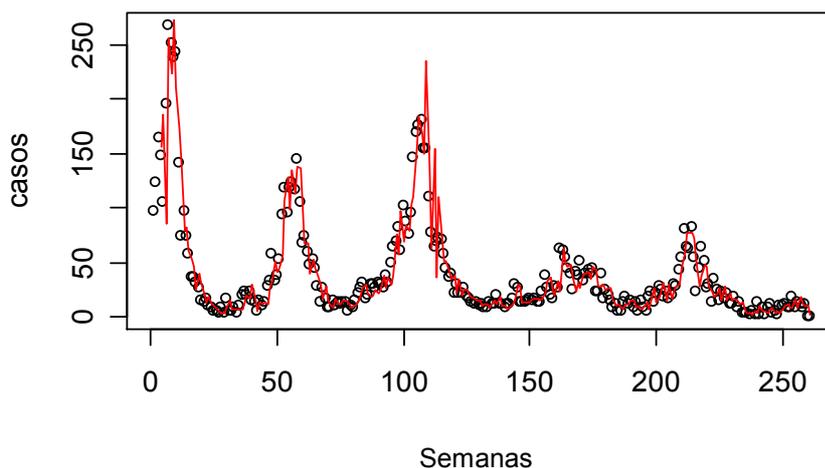
O modelo de melhor ajuste e maior significância para os dados de Belém apresentou risco relativo para incidência de dengue, obtido a partir dos coeficientes:

$$RR(100\text{mm}) = \exp(100 \cdot 0.00113) = 1,12 \quad (\text{IC } 95\% \text{ } 1,04 - 1,21)$$

Mostrando um risco de 12% para ocorrência de dengue para cada acréscimo de 100 mm no volume de chuvas já na 1ª. semana de defasagem.

Nota-se na Figura 4.13, que o modelo final estimado foi bem ajustado, apesar da pequena falta de aderência nos picos dos anos de 2003 e 2004.

Figura 4.13. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Belém.



4.3.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado

O diagnóstico do modelo central que melhor se adequou aos dados de Belém está apresentado na Figura 4.14, cuja descrição mostrou:

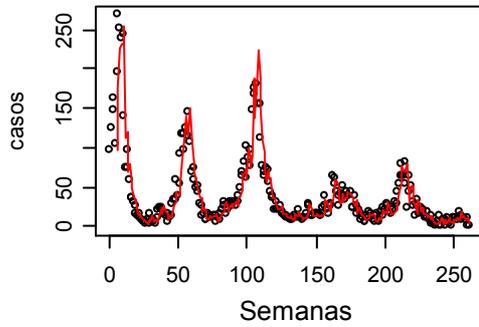
- a. Valores preditos apresentam boa aderência aos dados observados, mínima variação notada nos picos de incidência de dengue para os anos de 2002 e de 2004;
- b. Boa distribuição dos desvios padronizados, com apenas 3 pontos saindo do intervalo, sem apresentar estruturas temporais de tendência e sazonalidade;
- c. O gráfico de autocorrelação parcial dos resíduos mostrou que o modelo conseguiu remover toda a dependência temporal, não existindo mais correlação significativa;
- d. O periodograma dos resíduos do modelo ajustado mostrou indícios de movimentos periódicos, mas movimentos aleatórios, devido a aparência homogênea dos “pirulitos”, percorrendo toda a extensão do gráfico.
- e. O gráfico de quantis normais com boa aderência dos resíduos, e poucas fugas verificadas nos limites inferiores e superiores

Os parâmetros do modelo considerado adequado, bem como as variáveis detalhadas estão apresentados na tabela 4.1. Foram ainda mantidas no modelo final todas as variáveis que desempenharam importante função na adequação dos resultados, como foi o caso da variável *dummies* para estação do ano, mesmo sem apresentar significância estatística.

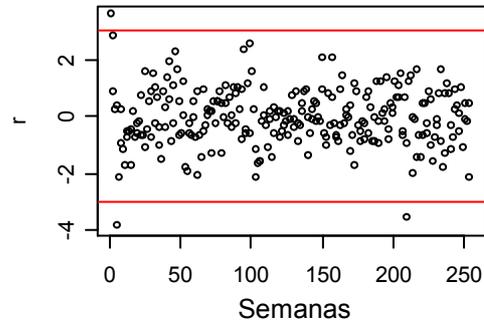
Observou-se ainda que o efeito da chuva sobre a incidência de dengue foi estimado em 0,001, e significância estatisticamente significativa para o teste *t* ($p = 0.009$), corroborando para a validade do modelo e defasagem proposta.

Figura 4.14. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Belém.

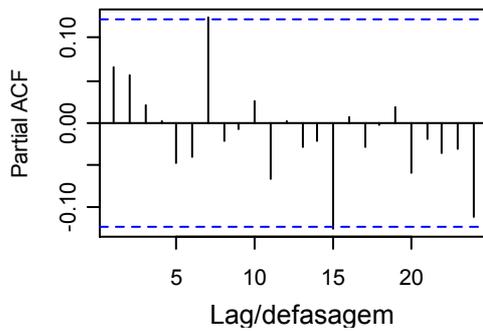
a. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo ajustado



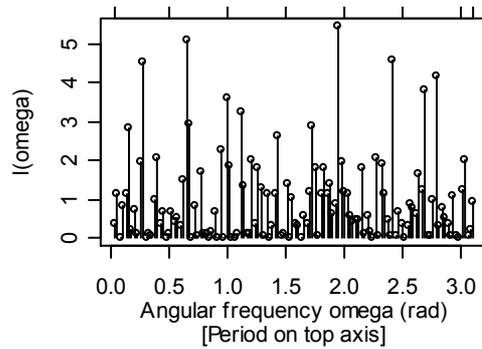
b. Resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



c. PACF dos resíduos de desvio do modelo ajustado



d. Periodograma dos resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



e. Quantis normais dos resíduos de desvio do modelo ajustado.

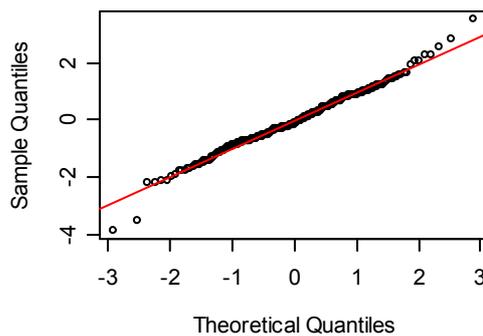


Tabela 4.1. Valores das estimativas dos parâmetros, erros padrões e estatística t obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Belém.

a. Estrutura paramétrica.

	Coeficiente	Erro padrão	Razão t	$p(t)$
Fator de desconto	0.225	0.026	8.756	< 2.22e-16
2º. trimestre	-0.239	0.131	-1.825	0.56
3º. trimestre	-0.175	0.197	-0.889	0.16
Seno 13	-0.006	0.054	-0.122	0.74
Coseno 13	-0.0978	0.054	-1.794	0.31
Seno 28	0.015	0.114	0.129	0.0001
Coseno 28	0.114	0.109	1.044	0.34
Chuva, defasagem 1 semana	0.001	0.0003	2.888	0.009

b. Estrutura não paramétrica.

Temos não paramétricos	Valor
temperatura máxima semanal da temperatura média diária, defasagem de 4 semanas	18.997

c. Valores de diagnóstico.

Diagnóstico	Valor
logaritmo da verossimilhança	955
Função desvio	258
AIC	1.281

4.4. FORTALEZA

4.4.1. Características sociais e econômicas

Fortaleza apresentou no ano de 2000, taxa de urbanização de 100%, com 88% da população urbana com acesso água encanada, e 95% servidas de coleta de lixo regular. Percentuais superiores à média nacional em 20%, 8% e 4% para os indicadores de taxa de urbanização, acesso a água encanada e coleta de lixo, respectivamente.

Com relação à renda e desigualdades, Fortaleza contabilizou 33,3% da sua população vivendo abaixo da linha de pobreza, superando a média nacional em 2 pontos percentuais. A desigualdade medida pelo índice de Gini, 0,66, foi praticamente igual ao indicador nacional.

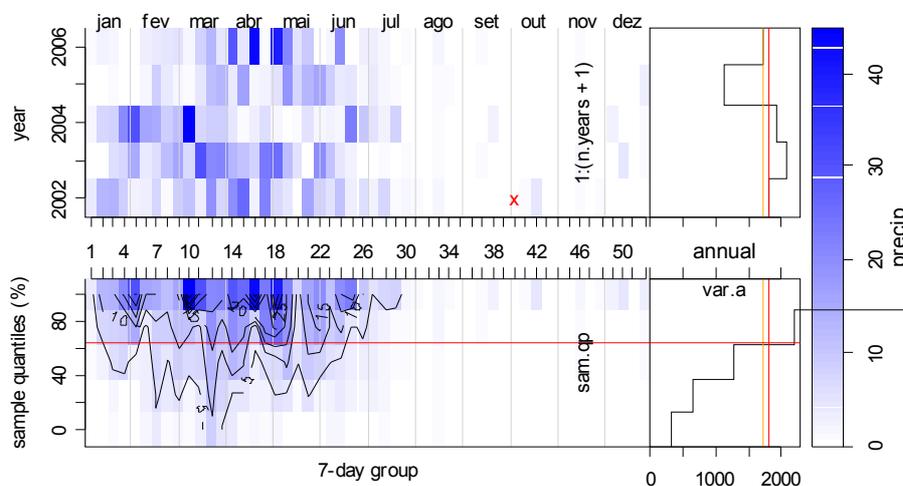
Pelo Índice de Desenvolvimento Humano, foi considerado de médio desenvolvimento humano, cujo valor no ano 2000 foi de 0,786, apesar de superar o índice nacional

4.4.2. Caracterização das variáveis meteorológicas

A média anual das chuvas no período em Fortaleza (figura 4.15) foi de 1.730 mm, distribuídos de forma irregular, pois os três primeiros anos do período estudado acima da média, e nos dois anos seguintes abaixo. O ano que mais choveu foi em 2003, cujo volume anual foi maior que 2.000mm, enquanto que 2005 foi o ano que menos choveu, apresentando volume anual 35% menor que a média do período.

As chuvas intensas ocorreram durante o 1º semestre, especialmente entre os meses de fevereiro, março e abril, período que marcou o maior acúmulo de volume das chuvas nos anos estudados, enquanto que no restante do ano o fenômeno foi raro.

Figura 4.15. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Fortaleza, 2002 a 2006.

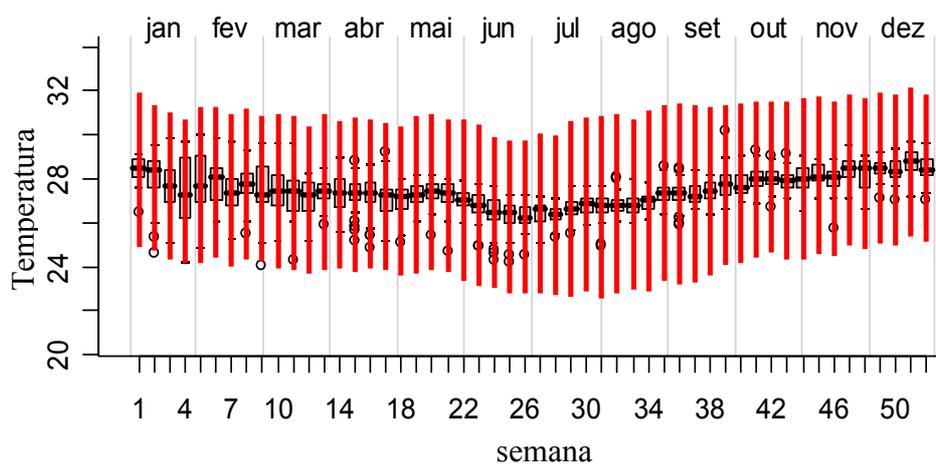


Fonte: INMET

Neste município, a média da temperatura (*figura 4.16*) observada no período foi de 27,4 °C, enquanto que a maior e a menor média semanal observada foi de 29,5 e 25,6, respectivamente, definindo comportamento sazonal discreto com temperaturas pouco mais amenas no meio do ano, em comparação com o seu início.

A amplitude entre as médias semanais das temperaturas máximas e mínimas diárias ficaram com máximas em torno de 8 °C, com acompanhamento da sazonalidade observada no meio do ano.

Figura 4.16. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Fortaleza



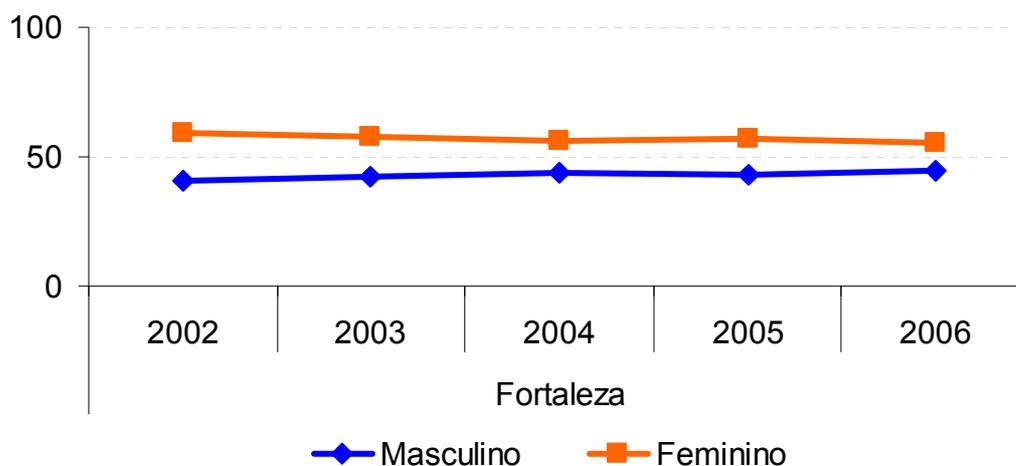
Fonte: INMET

4.4.3. Descrição por Sexo e idade

A Figura 4.17 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por sexo em Fortaleza, no período de estudo, onde ocorreram em média 43% dos casos em homens, e 57% em mulheres, situação semelhante ao registrado no Brasil.

A análise de tendência linear da série aponta um discreto movimento de convergência entre as proporções casos de homens e mulheres ao longo do período, porém foram estatisticamente lineares ($\chi^2= 3,97$; $p=0,046$).

Figura 4.17. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Fortaleza, 2002 a 2006.

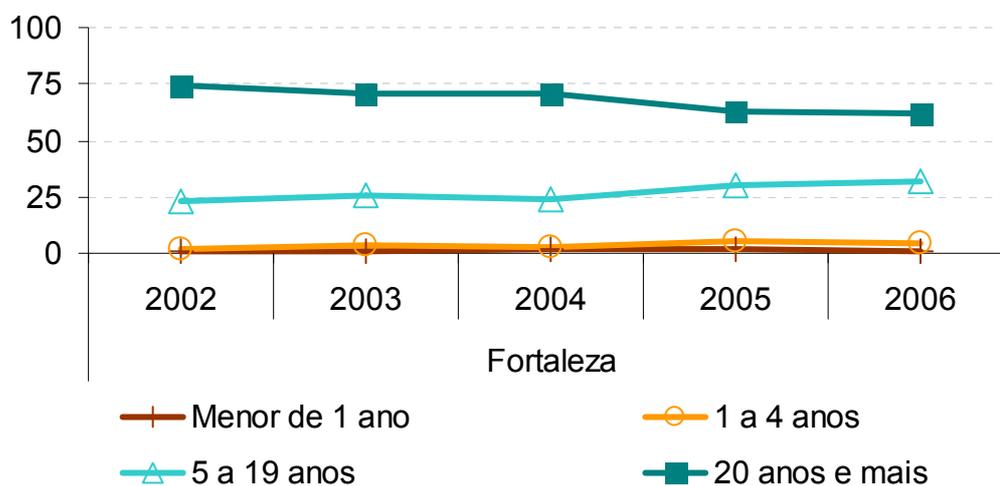


Fonte: SINAN / SVS / MS

A Figura 4.18 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por faixa etária em Fortaleza, no período estudado, onde ocorreu, em média 1% dos casos em menores de 1 ano; 4,3% na população de 1 a 4 anos; 28,7% na população entre 5 a 19 anos; e 66% em maiores de 20 anos. O perfil apresentado neste município difere do nacional devido ao maior acometimento proporcional nas faixas entre 1 a 19 anos, e menor na população de 20 anos e mais.

A análise de tendência linear da proporção de casos, por anos nas faixas etárias de menores de 1 ano e de 1 a 4 anos mostrou-se não estacionária para as proporção ($\chi^2= 3,03$; $p=0,080$) e ($\chi^2= 3,72$; $p=0,054$) respectivamente, com tendência crescente para ambas. Entretanto, apesar de aumento discreto na proporção da população para faixa de 5 a 19 anos ($\chi^2= 3,9$; $p=0,048$), e diminuição na proporção entre maiores de 20 anos ($\chi^2= 3,95$; $p=0,047$), o resultado do teste mostrou estacionaridade linear com os valores totais.

Figura 4.18. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Fortaleza, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN / SVS / MS

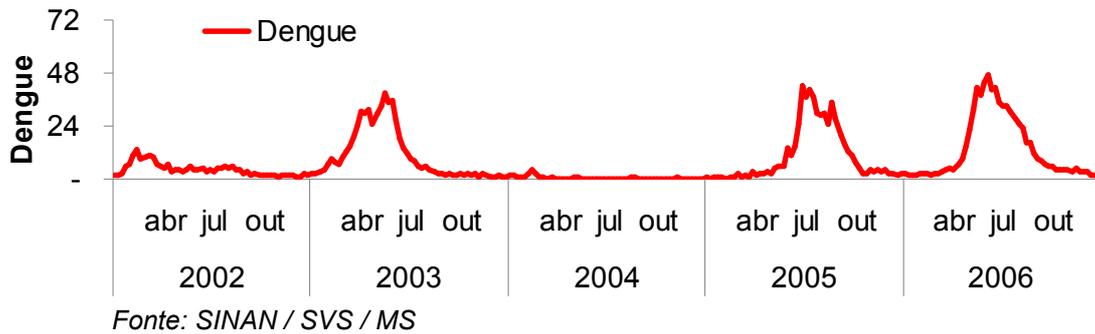
4.4.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas

Em Fortaleza, no período estudado, ocorreram 9.613 casos, resultando em uma incidência média de 1 caso novo para cada grupo de 200 habitantes, ou um risco aproximado de 3 vezes maior que o apresentado no Brasil para os anos de estudo.

Este município apresentou ainda grande variabilidade entre os anos (figura 4.19) e padrão diferente do notado para o Brasil, que apesar de acentuada queda nas taxas de notificação no ano de 2004, voltou a subir consideravelmente nos dois anos seguintes. Desta forma, no ano de 2002 a taxa de incidência foi relativamente baixa para o município, que apresentou 220 ‰ hab. ou 10% do total de casos novos no período. Nos anos seguintes houve aumento expressivo dos casos, com taxas de incidência de 555, 545 e 705 ‰ hab. para os anos de 2003, 2005 e 2006, respectivamente, com exceção do ano de 2004 que apresentou taxa de incidência de 27 ‰ hab. A tendência linear apresentou-se crescente, porém sem significância estatística ($\beta_0 = 95,5$; $p = 0,32$), com taxa de incidência no ano de 2006 de mais de 704 ‰ hab.

Verificou-se que a dengue foi mais incidente nos meses junho, cuja taxa de incidência média no período foi de 78 ‰ hab e nos meses de dezembro, sua ocorrência foi bem menor, onde apresentou taxa de incidência média de 5 ‰ hab. Nota-se que o movimento sazonal para dengue foi caracterizado com altas incidências nos meses de inverno e sensível diminuição nos meses do verão.

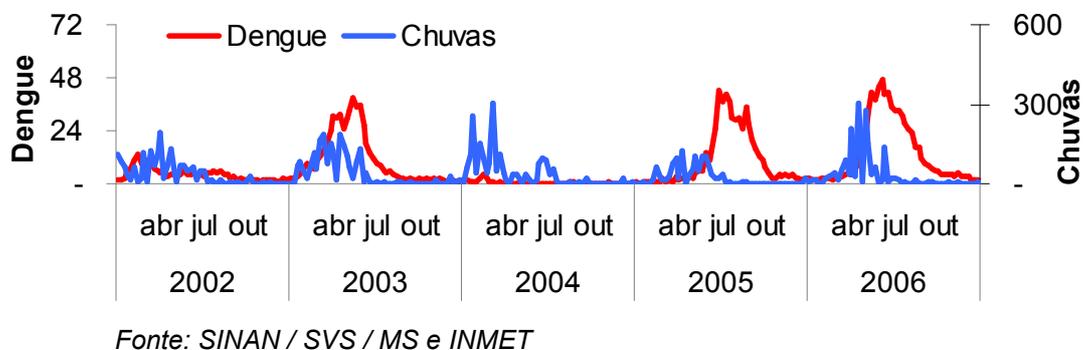
Figura 4.19. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab). Fortaleza, 2002 a 2006.



As chuvas acumuladas por ano, descritas no item 4.4.2 apresentou tendência linear decrescente não significativa ($\beta_0 = -117,3$; $p = 0,35$), nos anos estudados, tendo comportamento contrário ao da dengue, podendo ser observado na Figura 4.20.

Nota-se que o movimento sazonal para chuvas em Fortaleza foi caracterizado por um período chuvoso, já descrito, e defasado das altas incidências de dengue. A maior média mensal de chuva observada foi em abril com volume de 394 mm, enquanto que em agosto a menor média mensal, cujo volume registrado foi de 10 mm.

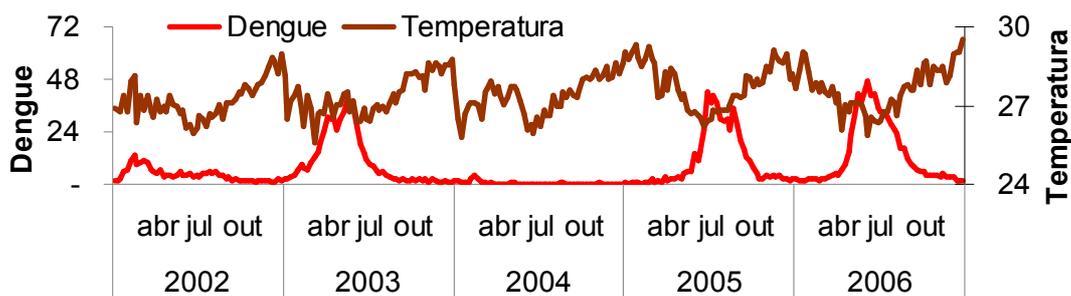
Figura 4.20. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00.00}$ hab) e chuvas (mm). Fortaleza, 2002 a 2006.



A média semanal da temperatura diária, apresentou tendência linear significativa crescente ($\beta_0 = 0,14$; $p = 0,04$), comportamento verificado ao da incidência da dengue no período.

Nota-se que o movimento sazonal para a temperatura em Fortaleza (Figura 4.21) foi bem caracterizado, com um período de temperaturas médias semanais mais amenas no meio do ano, já descritas anteriormente, e coincidente com o período de maior incidência de dengue. A menor média mensal no período foi verificada em junho, com $26,4^{\circ}\text{C}$ e a maior em dezembro com $28,6^{\circ}\text{C}$.

Figura 4.21. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{\circ}/_{00,00}$ hab) e variação da média semanal temperatura média ($^{\circ}\text{C}$).Fortaleza, 2002 a 2006.



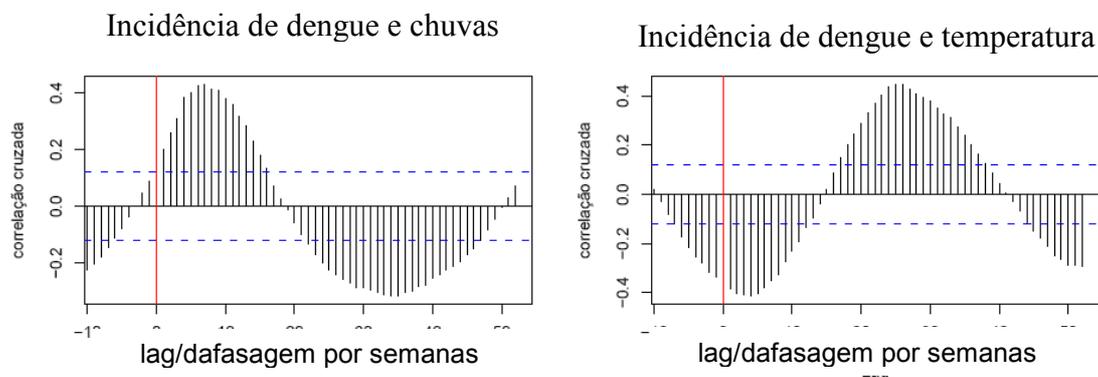
Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.4.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas

Como consequência da descrição dos itens acima, verificou-se que as correlações positivas entre dengue e chuva já estão presentes na defasagem “0” (figura 4.22), e o tempo necessário para que a maior correlação positiva se estabelecesse foi de sete semanas, cujo valor observado foi de 0,4. Este resultado mostra que a maior incidência de dengue têm se dado após o período de maior intensidade das chuvas.

A frequência das correlações entre dengue e temperatura média semanal das médias diárias, é inversa a observada com as chuvas, com correlações negativas, na defasagem positiva. O maior índice, -0,4, foi alcançado na 3ª. semana.

Figura 4.22. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Fortaleza, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.4.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma

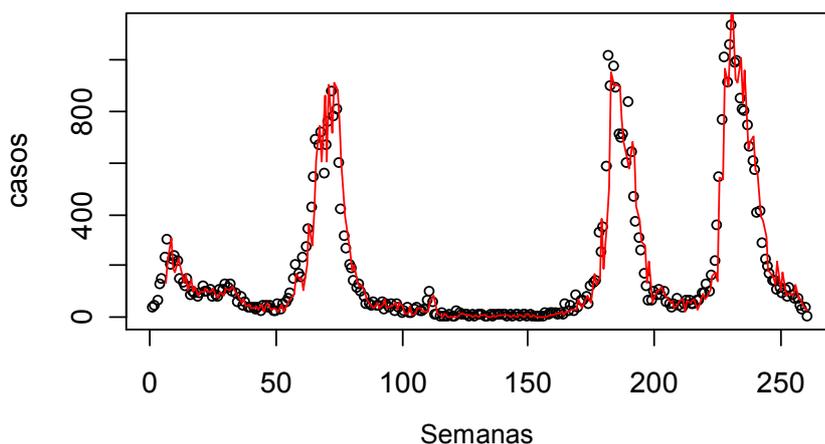
O modelo de melhor ajuste e maior significância para os dados de Fortaleza apresentou risco relativo para incidência de dengue, obtido a partir dos coeficientes:

$$RR(100\text{mm}^3) = \exp(100 \cdot 0.00072) = 1,07 \text{ (IC 95\% 1,03 ; 1,12)}$$

Que corresponde a uma variação percentual de 7% na 4ª. semana de defasagem, para um acréscimo de 100 mm^3 no volume das chuvas

Nota-se na Figura 4.23, que o modelo final estimado foi bem ajustado, com uma mínima falta de aderência no pico dos de dengue ocorrido em 2005.

Figura 4.23. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Fortaleza.



4.4.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado

O diagnóstico do modelo central que melhor se adequou aos dados de Fortaleza está apresentado na Figura 4.24, cuja descrição mostrou:

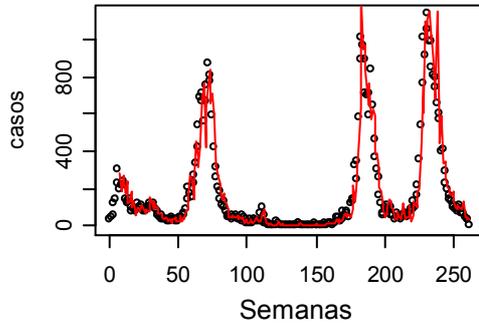
- a. Valores preditos apresentam boa aderência aos dados observados, mínima variação notada nos picos de incidência de dengue para os anos de 2002 e de 2004;
- b. Boa distribuição dos desvios padronizados, com poucos pontos saindo do intervalo, sem apresentar visivelmente estruturas temporais de tendência e sazonalidade;
- c. O gráfico de autocorrelação parcial dos resíduos mostrou que o modelo conseguiu remover praticamente toda a dependência temporal, com uma pequena correlação significativa, assumida como aleatória na 3ª. semana;
- d. O periodograma dos resíduos do modelo ajustado mostrou indícios de movimentos periódicos, mas movimentos aleatórios, devido a aparência homogênea dos “pirulitos”, percorrendo toda a extensão do gráfico.
- e. O gráfico de quantis normais com boa aderência dos resíduos, e poucas fugas verificadas nos limites inferiores e superiores

Os parâmetros do modelo considerado adequado, bem como as variáveis detalhadas estão apresentados na tabela 4.2. Foram ainda mantidas no modelo final todas as variáveis que desempenharam importante função na adequação dos resultados, mesmo sem apresentar significância estatística.

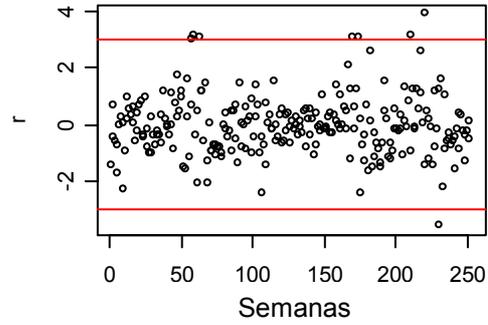
Observou-se ainda que o efeito da chuva sobre a incidência de dengue foi estimado em 0,0007, e significância estatisticamente significativa para o teste t ($p = 0,0002$), corroborando para a validade do modelo e defasagem proposta.

Figura 4.24. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis.
Fortaleza.

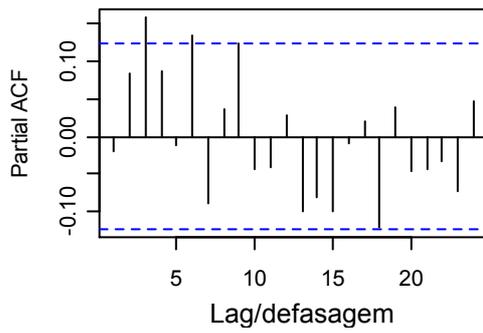
a. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo ajustado



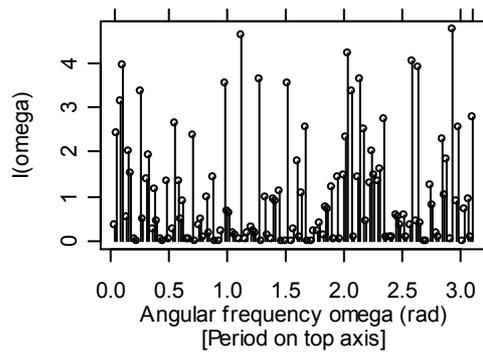
b. Resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



c. PACF dos resíduos de desvio do modelo ajustado



d. Periodograma dos resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



e. Quantis normais dos resíduos de desvio do modelo ajustado.

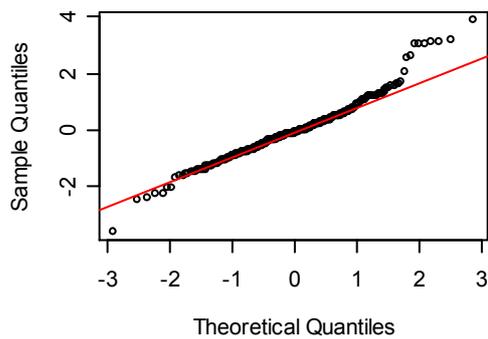


Tabela 4.2. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Fortaleza.

a. Estrutura paramétrica.

	Coeficiente	Erro padrão	Razão t	$p(t)$
Fator de desconto	0.068	0.022	3.083	0.002
Seno 11	-0.112	0.042	-2.661	0.008
Coseno 11	0.002	0.042	0.032	0.974
Seno 24	-0.415	0.087	-4.738	0.000004
Coseno 24	0.077	0.092	0.837	0.403
Chuva, defasagem 4 semana	0.0007	0.0002	3.716	0.0002

b Estrutura não paramétrica.

Temos não paramétricos	Valor
temperatura máxima semanal da temperatura média diária, defasagem de 6 semanas	19.002

c Valores de diagnóstico.

Diagnóstico	Valor
logaritmo da verossimilhança	1253.097
Função desvio	255.772
AIC	1.377

4.5. ARACAJU

4.5.1. Características sociais e econômicas

Aracaju apresentou no ano de 2000, taxa de urbanização de 100%, com 92% da população urbana com acesso água encanada, e 96% servidas de coleta de lixo regular. Percentuais superiores à média nacional em 20%, 11% e 4% para os indicadores de taxa de urbanização, acesso a água encanada e coleta de lixo, respectivamente.

Com relação à renda e desigualdades, Aracaju contabilizou 29,6% da sua população vivendo abaixo da linha de pobreza, superando a média nacional em menos de 1 ponto percentual. A desigualdade medida pelo índice de Gini, 0,64, foi praticamente igual ao indicador nacional.

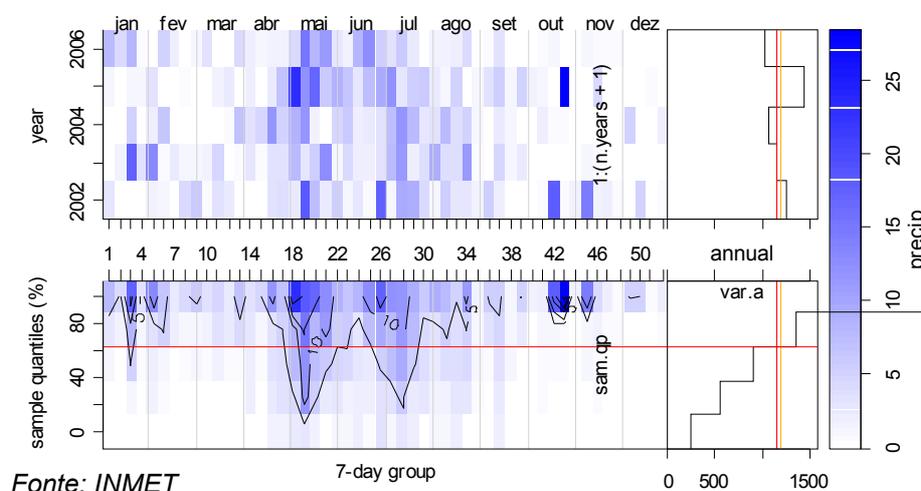
Pelo Índice de Desenvolvimento Humano, foi considerado de médio desenvolvimento humano, cujo valor no ano 2000 foi de 0,794, apesar de, ainda superar o índice nacional

4.5.2. Caracterização das variáveis meteorológicas

A média anual das chuvas no período em Aracaju foi de 1.200 mm (figura 4.35). O ano de 2005 foi o mais chuvoso, com volume 20% a mais que a média, enquanto que o mais seco, com 14% abaixo da média, foi registrado no ano de 2006.

A sua distribuição no ano foi marcada por um período de forte intensidade, durante os meses de maior a julho, com o registro de chuvas isoladas, em janeiro, fevereiro e outubro.

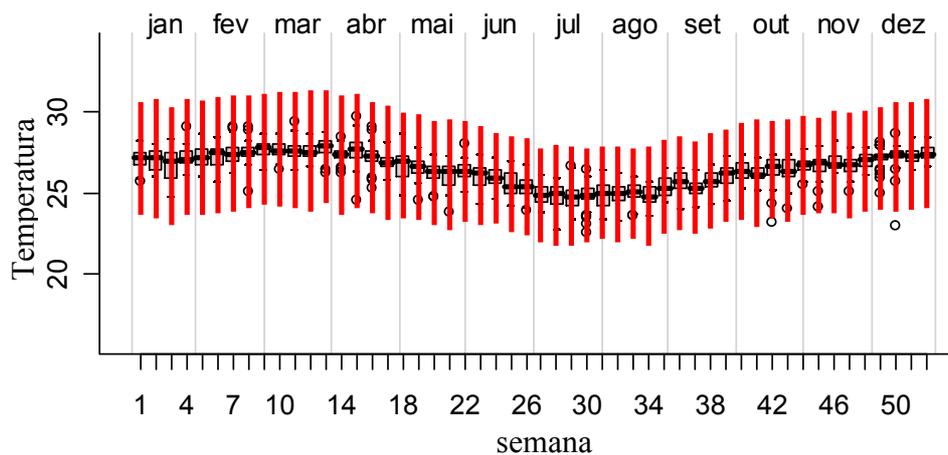
Figura 4.35. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Aracaju, 2002 a 2006.



A temperatura média observada em Aracaju foi de 26,4^oC (figura 4.36), cujos registros dos maiores valores diários no começo do ano, com teto de 28,4^oC, e os menores valores diários no meio do ano, com piso de 23,9^oC, onde o clima tornou-se, de modo geral, mais ameno, definindo comportamento sazonal discreto.

A amplitude entre as médias semanais das máximas e mínimas diárias em Aracaju apresentou pequenas variações relativas no decorrer do período, porém acompanha a pequena sazonalidade observada nos meses do meio do ano, onde se verificou queda de, em torno, 6^oC.

Figura 4.36. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Fortaleza



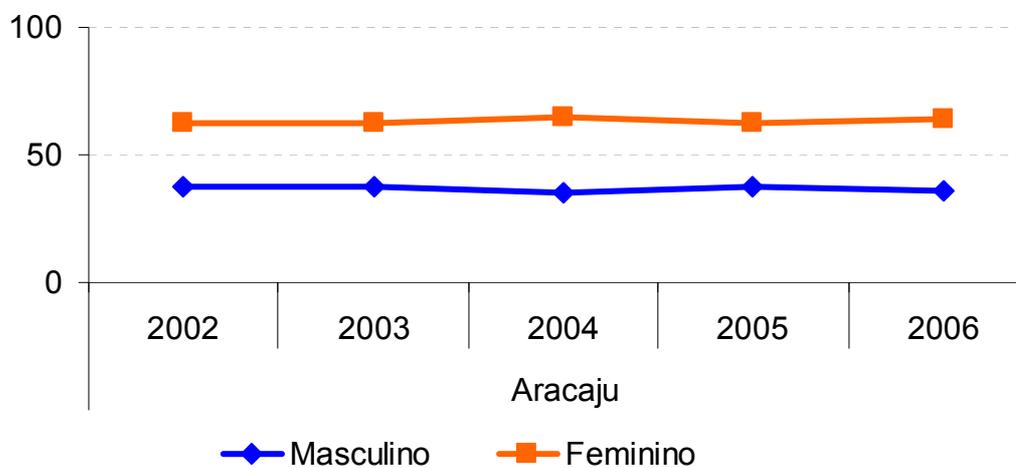
Fonte: INMET

4.5.3. Descrição por Sexo e idade

A Figura 4.37 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por sexo em Aracaju, no período de estudo, onde ocorreram em média 37% dos casos em homens, e 63% em mulheres, proporções mais acentuadas a encontrada no Brasil.

A análise de tendência linear da série aponta um discreto, porém significativo movimento de divergência entre as proporções casos de homens e mulheres ao longo do período, com tendência linear à maior proporção de casos em mulheres ($\chi^2 = 3,99$; $p = 0,046$).

Figura 4.37. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Aracaju, 2002 a 2006.

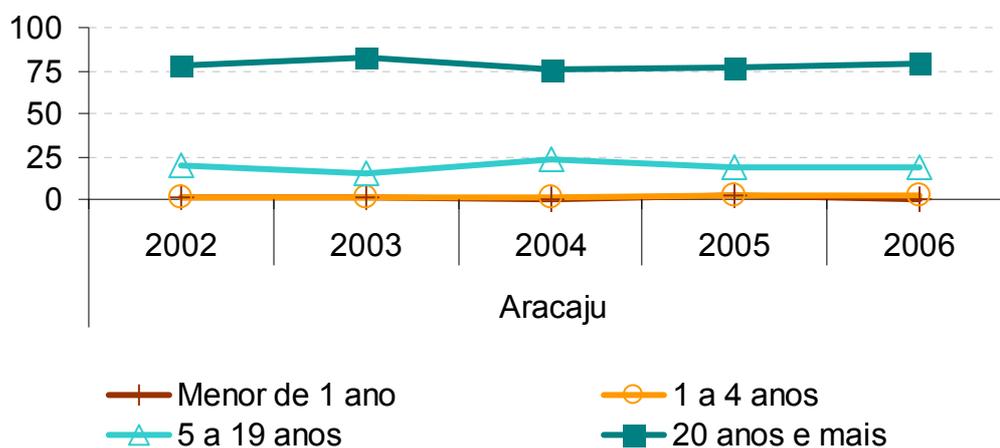


Fonte: SINAN/SVS/MS

A Figura 4.38 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por faixa etária em Aracaju, no período estudado, onde ocorreu, em média 1% dos casos em menores de 1 ano, 1,5% na população de 1 a 4 anos, 18,2% na população entre 5 a 19 anos e 79,3% em maiores de 20 anos. O perfil apresentado neste município difere do nacional devido ao maior acometimento proporcional nas faixas de 5 a 19 anos e maiores de 20 anos de idade.

A análise de tendência linear da proporção de casos por anos nas faixas etárias de menores de 1 ano mostrou discreta diminuição em relação ao total de casos ($\chi^2= 3,74$; $p=0,053$). As demais faixas etárias, apesar de oscilarem, acompanharam a tendência linear do total de casos. Os resultados do teste foram de ($\chi^2= 3,94$; $p=0,047$), ($\chi^2= 3,89$; $p=0,049$) e ($\chi^2= 3,99$; $p=0,046$) para as faixas de 1 a 4 anos, de 5 a 19 anos e entre maiores de 20 anos, respectivamente.

Figura 4.38. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Fortaleza, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN/SVS/MS

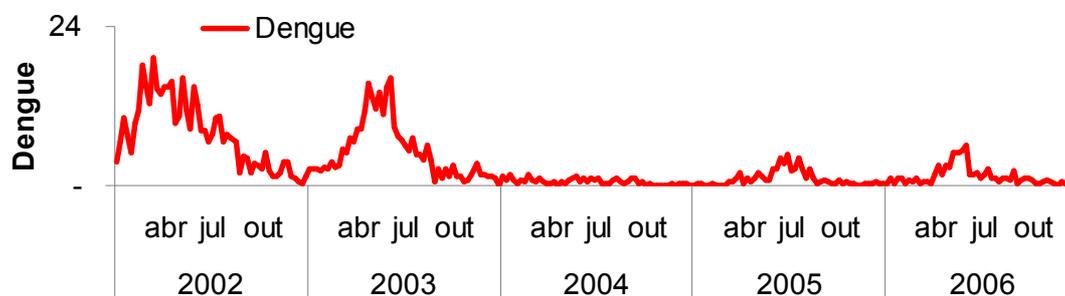
4.5.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas

Ocorreram 3.933 casos, resultando em uma incidência média de 1 caso novo para cada grupo de 620 habitantes, semelhante à média nacional.

A distribuição da dengue no período foi decrescente (figura 4.39), com taxa de incidência de 400⁰/100.000 hab. no ano de 2002, que correspondeu a 48% das notificações no período. No ano de 2006, a taxa de incidência foi de 68⁰/100.000 hab., ou quase a sexta parte da notificada no primeiro ano de estudo. A tendência linear foi decrescente ($\beta_0 = -87,4$; $p < 0,05$), influenciada pela grande redução da taxa de incidência anual de 398⁰/100.000 hab., em 2002, para 67⁰/100.000 hab. em 2006.

Verificou-se que a dengue foi mais incidente nos meses de junho, cuja taxa de incidência média no período foi de 25,5⁰/100.000 hab. e nos meses de dezembro sua ocorrência foi bem menor, onde apresentou taxa de 2⁰/100.000 hab. Nota-se que o movimento sazonal para dengue foi caracterizado com altas incidências nos meses de inverno e sensível diminuição nos meses do verão.

Figura 4.39. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por 100.000 hab). Aracaju, 2002 a 2006.

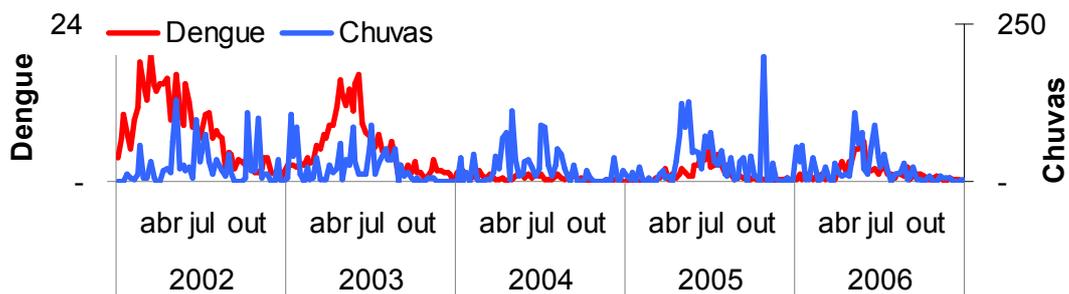


Fonte: SINAN / SVS / MS

As chuvas acumuladas por ano, descritas no item 4.5.2 apresentou tendência linear decrescente não significativa ($\beta_0 = -13,4$; $p = 0,83$), nos anos estudados, tendo comportamento semelhante ao da dengue, podendo ser observado na Figura 4.40.

Nota-se que o movimento sazonal para chuvas em Aracaju foi caracterizado por um período chuvoso, já descrito, e defasado das altas incidências de dengue. A maior média mensal de chuva observada foi em maio com volume de 257 mm, enquanto que em dezembro a menor média mensal, cujo volume registrado foi de 17 mm.

Figura 4.40. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $100,00$ hab) e chuvas (mm). Aracaju, 2002 a 2006.

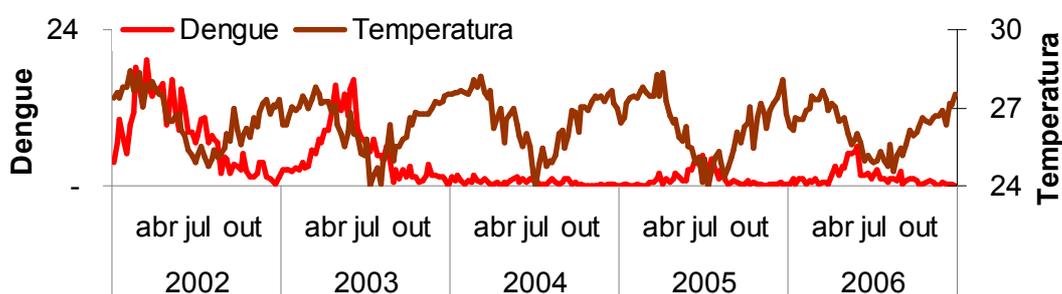


Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

A média semanal da temperatura diária, apresentou fraca tendência linear crescente, porém significativa ($\beta_0 = -0,07$; $p = 0,17$), inversamente proporcional à incidência de dengue.

Nota-se que o movimento sazonal para a temperatura em Aracaju (Figura 4.41) foi bem caracterizado, com um período de temperaturas médias semanais mais amenas no meio do ano, já descritas anteriormente, e em geral, não coincidentes com o período de maior incidência de dengue. A menor média mensal no período foi verificada em junho, com 25°C e a maior em março com 27,6°C.

Figura 4.41. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $100,00$ hab) e variação da média semanal temperatura média ($^{\circ}C$).Aracaju, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN/SVS/MS e INMET

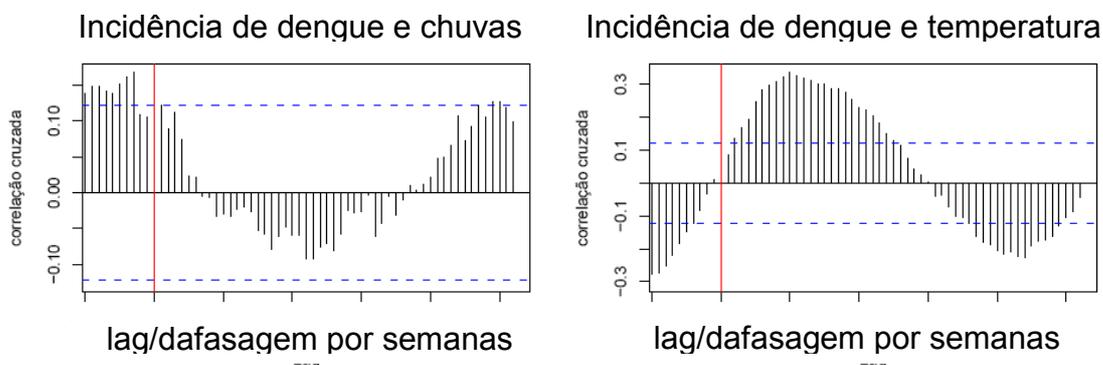
Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.5.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas

Como consequência da descrição dos itens acima, verificou-se que a incidência de dengue e chuva apresentou defasagem negativa das correlações positivas (figura 4.42), com maiores índices na 4^a. semana de pouco mais de 0,15. Na defasagem “0”, apresentou correlação positiva fraca, enquanto vai tendendo à inversão na medida em que a defasagem aumenta. A maior incidência de dengue observada foi anterior ao período das chuvas.

A temperatura média apresentou frequência melhor definida, sendo que na ausência de defasagem não apresentou correlação, tornando-se positiva na medida em que a defasagem aumentou, e cujo índice apresentou o máximo de 0,4 na 12^a. semana

Figura 4.42. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Aracaju, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.5.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma

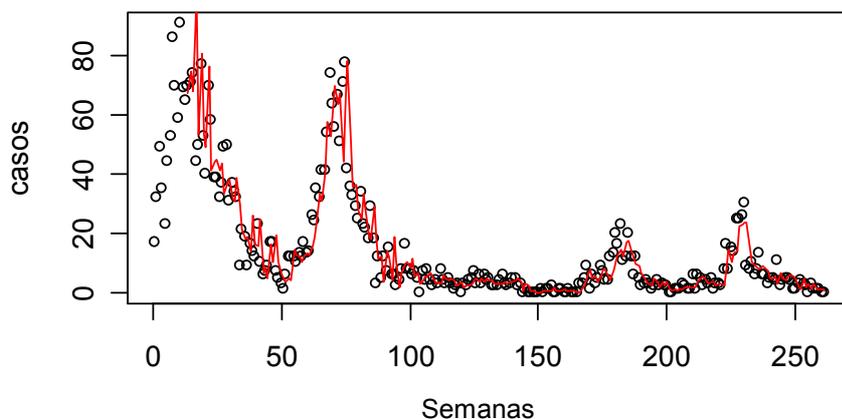
O modelo de melhor ajuste e maior significância para os dados de Aracaju apresentou risco relativo para incidência de dengue, obtido a partir dos coeficientes:

$$RR(100\text{mm}^3) = \exp(100 \cdot 0.00116) = 1,12 \text{ (IC 95\% 0,96 ; 1,131)}$$

Que corresponde a uma variação percentual de 12% na 3ª. semana de defasagem, para um acréscimo de 100 mm^3 no volume das chuvas. Porém sem significância estatística, pois o intervalo de confiança passa pela unidade

Nota-se na Figura 4.43, que o modelo final estimado foi bem ajustado, com uma mínima falta de aderência no pico dos de dengue ocorrido em 2002 e 2003.

Figura 4.43. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Fortaleza.



4.5.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado

O diagnóstico do modelo central que melhor se adequou aos dados de Fortaleza está apresentado na Figura 4.44, cuja descrição mostrou:

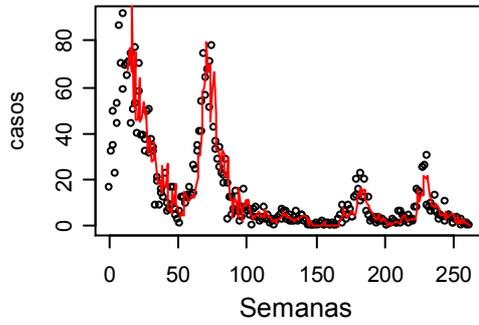
- a. Valores preditos apresentam boa aderência aos dados observados, mínima variação notada nos picos de incidência de dengue especialmente para os anos de 2005 e 2006;
- b. Boa distribuição dos desvios padronizados, com poucos pontos saindo do intervalo, sem apresentar visivelmente estruturas temporais de tendência e sazonalidade;
- c. O gráfico de autocorrelação parcial dos resíduos mostrou que o modelo conseguiu remover toda a dependência temporal;
- d. O periodograma dos resíduos do modelo ajustado mostrou indícios de movimentos periódicos, mas movimentos aleatórios, devido a aparência homogênea dos “pirulitos”, percorrendo toda a extensão do gráfico.
- e. O gráfico de quantis normais com boa aderência dos resíduos, e raras fugas verificadas nos limites inferiores e superiores

Os parâmetros do modelo considerado adequado, bem como as variáveis detalhadas estão apresentados na tabela 4.3. Foram ainda mantidas no modelo final todas as variáveis que desempenharam importante função na adequação dos resultados, mesmo sem apresentar significância estatística.

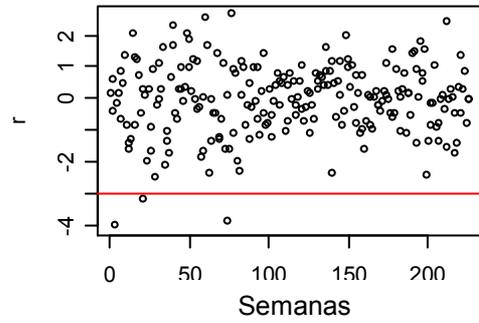
Observou-se ainda que o efeito da chuva sobre a incidência de dengue foi estimado em 0,001, e significância não foi estatisticamente significativa para o teste t ($p = 0,146$), corroborando com o resultado do modelo acima descrito

Figura 4.44. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Fortaleza.

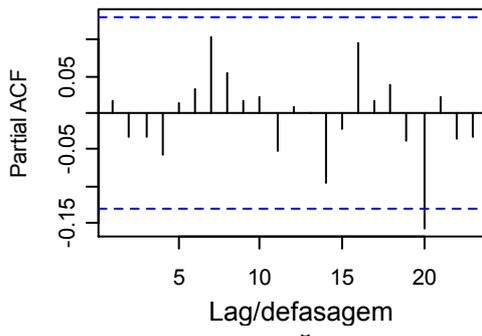
a. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo ajustado



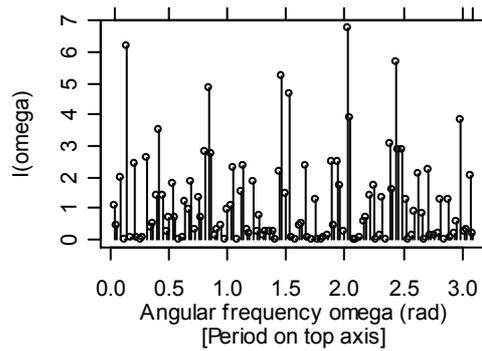
b. Resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



c. PACF dos resíduos de desvio do modelo ajustado



d. Periodograma dos resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



e. Quantis normais dos resíduos de desvio do modelo ajustado.

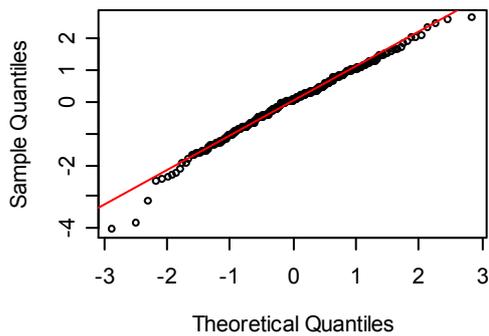


Tabela 4.3. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Fortaleza.

a. Estrutura paramétrica.

	Coefficiente	Erro padrão	Razão t	p(t)
Fator de desconto	0.464	0.032	14.610	< 2.22e-16
3. trimestre	-0.077	0.135	-0.572	0.568
4. trimestre	-0.184	0.232	-0.792	0.429
Seno 13	0.077	0.052	1.459	0.146
Coseno 13	-0.066	0.050	-1.311	0.191
Seno 26	-0.237	0.105	-2.248	0.025
Coseno 26	0.055	0.087	0.623	0.529
Chuva, defasagem 3 semanas	0.001	0.0007	1.457	0.146

b Estrutura não paramétrica.

Temos não paramétricos	Valor
temperatura máxima semanal da temperatura média diária, defasagem de 6 semanas	18.998

c Valores de diagnóstico.

Diagnóstico	Valor
logaritmo da verossimilhança	683.325
Função desvio	243.067
AIC	1.348

4.6. GOIÂNIA

4.6.1. Características sociais e econômicas

Goiânia apresentou no ano de 2000, taxa de urbanização de 99,3%, com 96% da população urbana com acesso água encanada, e 99% servidas de coleta de lixo regular. Percentuais bem superiores à média nacional em 19%, 16% e 8% para os indicadores de taxa de urbanização, acesso a água encanada e coleta de lixo, respectivamente.

Com relação à renda e desigualdades, Goiânia contabilizou 12,3% da sua população vivendo abaixo da linha de pobreza, superando a média nacional em quase 20 pontos percentuais. A desigualdade medida pelo índice de Gini, 0,61, foi praticamente igual ao indicador nacional.

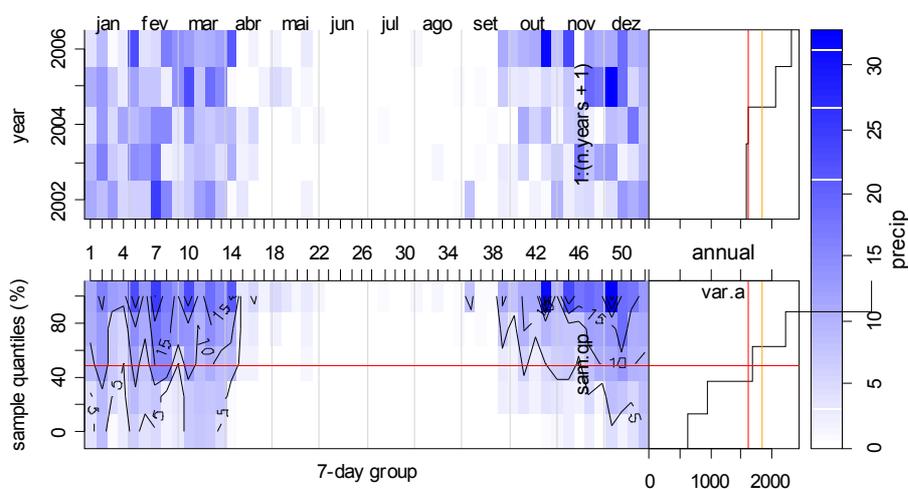
Pelo Índice de Desenvolvimento Humano, Belém foi considerado de alto desenvolvimento humano, cujo valor no ano 2000 foi de 0,832, superando ao índice nacional que ficou na faixa do médio desenvolvimento humano.

4.6.2. Caracterização das variáveis meteorológicas

A média anual das chuvas no período em Goiânia (figura 4.55) foi de 1.800 mm, com os anos de 2005 e 2006 apresentando volume superior a média, sendo o último ano quase 30% a mais, e os três primeiros anos com volume de chuva observado entre 10 a 15% menos que a média no período.

A sua distribuição durante o ano é marcadamente sazonal com um período chuvoso entre outubro e março, seco, e bastante delimitado, em junho, julho e agosto.

Figura 4.55. Distribuição das chuvas nas semanas do ano. Goiânia, 2002 a 2006.

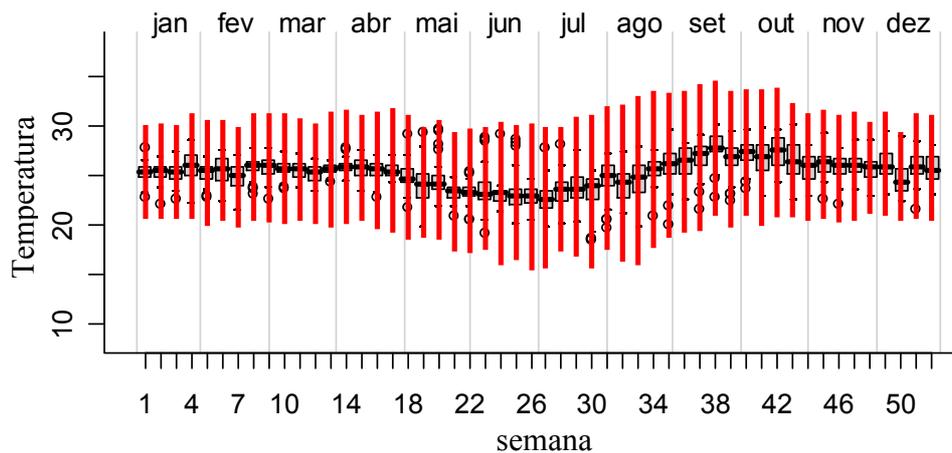


Fonte: INMET

Em Goiânia, a temperatura média diária no período foi de 25,3°C, com temperaturas mais amenas no meio do ano, nos meses de junho e julho, cujo menor valor observado para a média diária, foi de 19,6°C, enquanto que nos meses de setembro e outubro os maiores valores, com pico registrado em 28,9°C. Sazonalidade neste período foi marcada por diferença de quase 10°C entre as maiores e menores médias diárias.

A amplitude entre as médias semanais das temperaturas máximas e mínimas diárias chegaram a pouco mais de 10°C em algumas semanas dos meses mais frios e mais quentes, correspondente ao 3º trimestre dos anos, ultrapassando os limites de 18°C à noite, e 30°C de dia.

Figura 4.56. Distribuição da temperatura nas semanas do ano. Goiânia



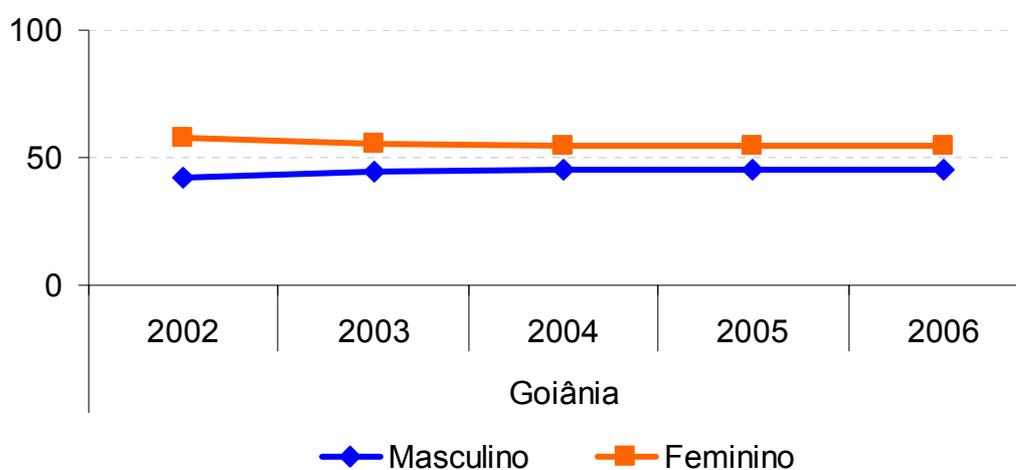
Fonte: INMET

4.6.3. Descrição por Sexo e idade

A Figura 4.57 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por sexo em Goiânia, no período de estudo, onde ocorreram em média 44% dos casos em homens, e 56% em mulheres, situação semelhante ao registrado no Brasil.

A análise de tendência linear da série aponta um discreto movimento de convergência entre as proporções casos de homens e mulheres ao longo do período, com tendência linear significativa, isto é, não diferiram no período ($\chi^2 = 3,94$; $p = 0,047$).

Figura 4.57. Proporção de casos notificados de dengue segundo sexo. Goiânia, 2002 a 2006.

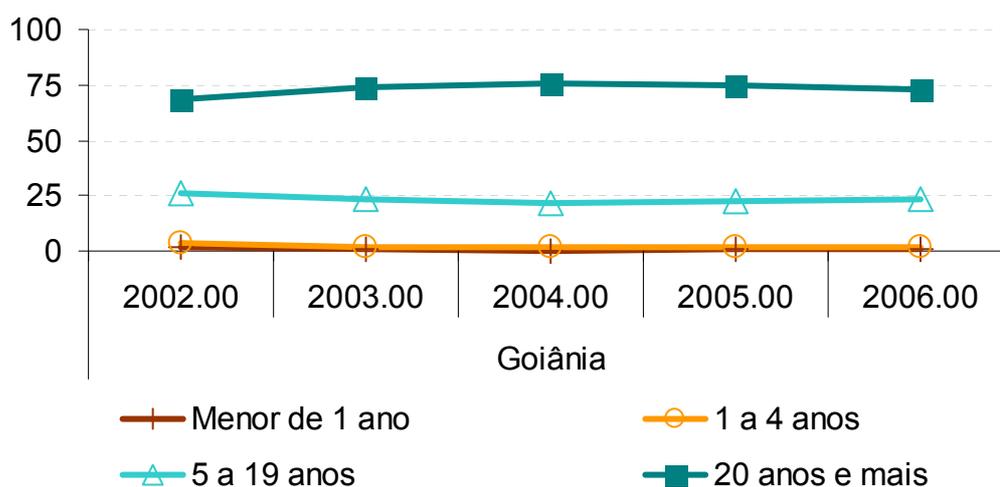


Fonte: SINAN/SVS/MS

A Figura 4.58 mostra a evolução das proporções de casos de dengue por faixa etária em Goiânia, no período estudado, onde ocorreu, em média 1,2% dos casos em menores de 1 ano, 2,4% na população de 1 a 4 anos, 24% na população entre 5 a 19 anos e 72% em maiores de 20 anos. O perfil apresentado neste município é praticamente igual ao encontrado no Brasil.

A análise de tendência linear da proporção de casos, por anos nas faixas etárias de menores de 1 ano e de 1 a 4 anos mostrou-se não estacionária ($\chi^2= 3,25$; $p=0,071$) e ($\chi^2= 3,6$; $p=0,058$) respectivamente, com tendência decrescente para ambas. Entretanto, apesar de ter havido diminuição discreta na proporção da população para faixa de 5 a 19 anos ($\chi^2= 3,95$; $p=0,047$), e aumento na proporção entre maiores de 20 anos ($\chi^2= 3,98$; $p=0,046$), o resultado do teste mostrou estacionaridade linear proporcional.

Figura 4.58. Proporção de casos notificados de dengue segundo faixa etária. Goiânia, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN/SVS/MS

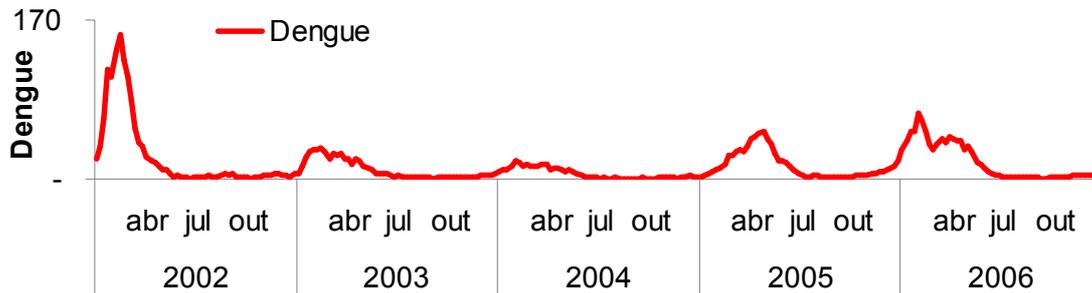
4.6.4. Descrição longitudinal dos aspectos da dengue frente às variáveis meteorológicas

Em Goiânia, no período estudado, se 8.929 casos novos, representando uma incidência média de 1 caso novo para cada grupo de 100 residentes, representando um risco médio aproximado de 6 vezes maior que o apresentado no Brasil, no período estudado.

Observou-se grande variabilidade de casos entre os anos (figura 4.59), e no ano de 2004 apresentou as mais baixas incidências, porém nos anos seguintes, voltou a aumentar. O início da série de estudo foi marcado por um pico epidêmico de quase 1.300 ⁰/_{00.00} hab., que representou 32% das notificações. Nos dois anos seguintes houve redução na taxa de incidência, cujos valores foram 530⁰/_{00.00} hab e 297⁰/_{00.00} hab., voltando a subir consideravelmente, com taxa de incidência para o ano de 2005, de 750 ⁰/_{00.00} hab e chegou a 2006 com 940 ⁰/_{00.00} hab. O resultado do teste de tendência linear não foi significativo ($\beta_0 = -47,6$; $p = 0,74$).

Verificou-se que a dengue foi mais incidente nos meses de fevereiro, cuja taxa de incidência média no período foi de 196 ⁰/_{00.00} hab e nos meses de setembro, sua ocorrência foi bem menor, onde apresentou taxa de incidência média de 7,8⁰/_{00.00} hab. Nota-se que o movimento sazonal para dengue foi caracterizado com altas incidências nos meses de verão e sensível diminuição nos meses do inverno.

Figura 4.59. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00,00}$ hab). Goiânia, 2002 a 2006.

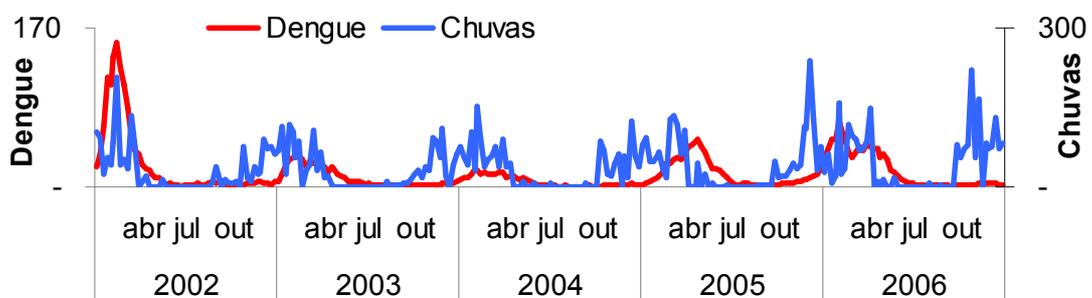


Fonte: SINAN / SVS / MS

As chuvas acumuladas por ano, descritas no item 4.6.2 apresentou tendência linear crescente ($\beta_0 = 196$; $p < 0,01$), nos anos estudados, tendo comportamento contrário ao da dengue, podendo ser observado na Figura 4.70.

Nota-se que o movimento sazonal para chuvas em Goiânia foi caracterizado por um período chuvoso, já descrito, e defasado das altas incidências de dengue. A maior média mensal de chuva observada foi em janeiro com volume de 327 mm, enquanto que em junho a menor média mensal, cujo volume registrado foi de 0,5 mm.

Figura 4.70. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $^{0}/_{00,00}$ hab) e chuvas (mm). Goiânia, 2002 a 2006.

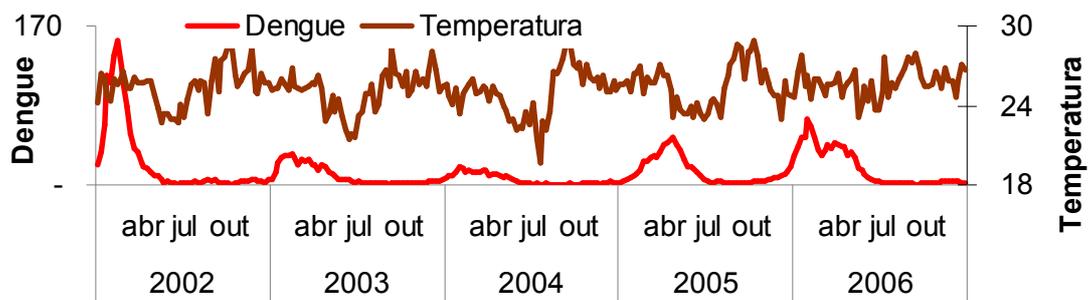


Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

A média semanal da temperatura diária, não apresentou tendência linear significativa ($\beta_0 = 0,1$; $p = 0,40$).

Nota-se que o movimento sazonal para a temperatura em Goiânia (Figura 4.71) foi bem caracterizado, com um período de temperaturas médias semanais mais amenas no meio do ano, já descritas anteriormente, e não coincidente com o período de maior incidência de dengue. A menor média mensal no período foi verificada em junho, com $23,2^{\circ}\text{C}$ e a maior em dezembro com $27,2^{\circ}\text{C}$.

Figura 4.71. Variação semanal da taxa de incidência de dengue (por $100,00$ hab) e variação da média semanal temperatura média ($^{\circ}\text{C}$). Goiânia, 2002 a 2006.



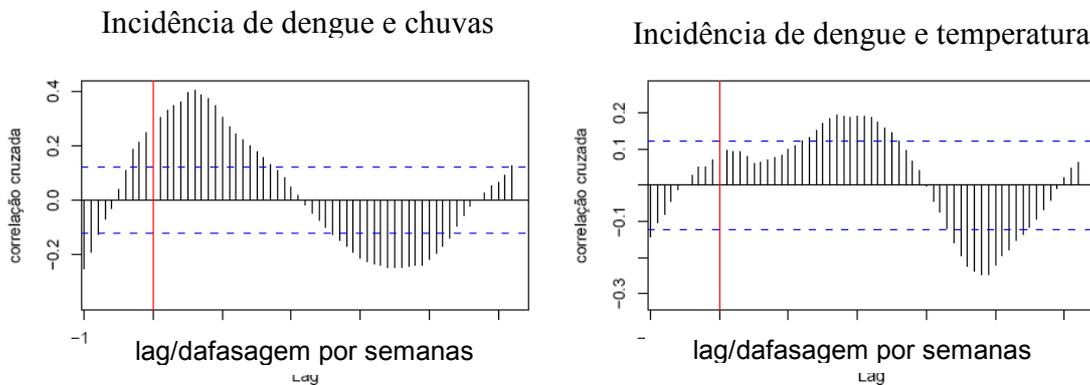
Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.6.5. Correlação linear entre a dengue e as variáveis meteorológicas

Como consequência da descrição dos itens acima, verificou-se que as correlações positivas entre dengue e chuva já estão presentes na defasagem “0” (figura 4.72), tornando-se maiores, sendo o maior valor observado na semana seis, com índice de 0,4. Desta forma, as maiores incidências de dengue são posteriores ao período das chuvas.

O comportamento da dengue e temperatura mostra-se fracamente positivo nas defasagens positivas, com maior índice apresentado perto da semana 20, invertendo a tendência em seguida.

Figura 4.72. Correlação cruzada da incidência de dengue e chuvas, e incidência de dengue e a média semanal da temperatura média diária. Goiânia, 2002 a 2006.



Fonte: SINAN / SVS / MS e INMET

4.6.6. Análise multivariada – regressão poisson-gamma

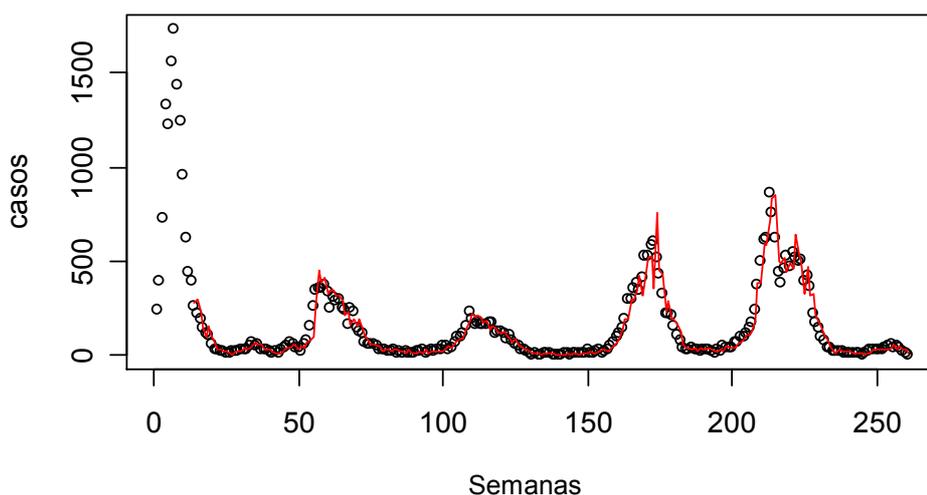
O modelo de melhor ajuste e maior significância para os dados de Goiânia apresentou risco relativo para incidência de dengue, obtido a partir dos coeficientes:

$$RR(100\text{mm}^3) = \exp(100 \cdot 0.00087) = 1,09 \quad (\text{IC } 95\% \text{ } 1,03 ; 1,16)$$

Que corresponde a uma variação percentual de 9% na 5ª. semana de defasagem, para um acréscimo de 100 mm^3 no volume das chuvas

Nota-se na Figura 4.73, que o modelo final estimado foi bem ajustado, com aderência em todas as observações.

Figura 4.73. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo final completo, Goiânia.



4.6.7. Análise multivariada – análise dos resíduos do modelo ajustado

O diagnóstico do modelo central que melhor se adequou aos dados de Goiânia está apresentado na Figura 4.74, cuja descrição mostrou:

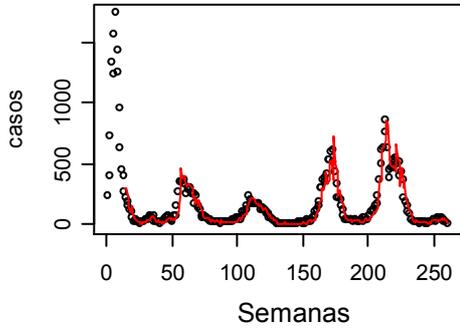
- a. Valores preditos apresentam boa aderência aos dados observados;
- b. Boa distribuição dos desvios padronizados, com poucos pontos saindo do intervalo, sem apresentar visivelmente estruturas temporais de tendência e sazonalidade;
- c. O gráfico de autocorrelação parcial dos resíduos mostrou que o modelo conseguiu remover praticamente toda a dependência temporal, com uma pequena correlação significativa, assumida como aleatória na 1^a. e 2^a. semana;
- d. O periodograma dos resíduos do modelo ajustado mostrou indícios de movimentos periódicos, mas movimentos aleatórios, devido a aparência homogênea dos “pirulitos”, percorrendo toda a extensão do gráfico.
- e. O gráfico de quantis normais com boa aderência dos resíduos, e poucas fugas verificadas nos limites inferiores e superiores

Os parâmetros do modelo considerado adequado, bem como as variáveis detalhadas estão apresentados na tabela 4.7. Foram ainda mantidas no modelo final todas as variáveis que desempenharam importante função na adequação dos resultados, mesmo sem apresentar significância estatística.

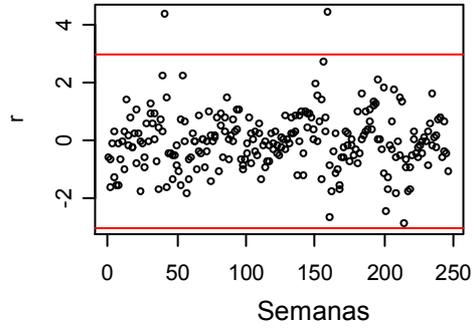
Observou-se ainda que o efeito da chuva sobre a incidência de dengue foi estimado em 0,0008, e significância estatisticamente significativa para o teste t ($p = 0,005$), corroborando para a validade do modelo e defasagem proposta.

Figura 4.74. Modelo central ajustado após a inclusão das covariáveis. Goiânia.

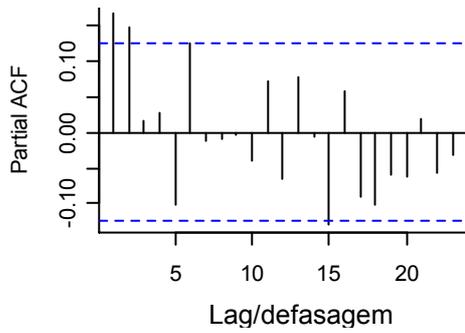
a. Valores observados (pontos) e previstos (linha) do modelo ajustado



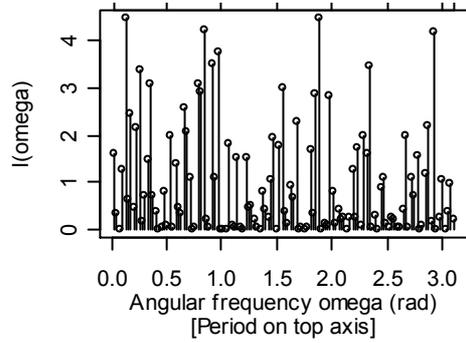
b. Resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



c. PACF dos resíduos de desvio do modelo ajustado



d. Periodograma dos resíduos de desvio padronizado do modelo ajustado



e. Quantis normais dos resíduos de desvio do modelo ajustado.

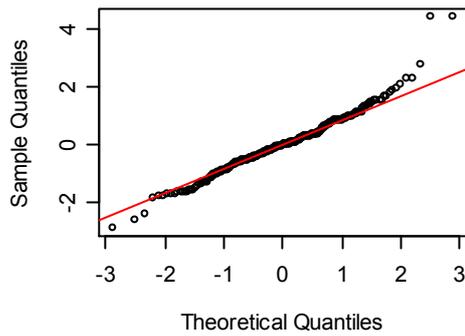


Tabela 4.7. Valores dos parâmetros obtidos do modelo Poisson-gama semi-paramétrico para os dados de dengue. Goiânia.

a. Estrutura paramétrica.

	Coefficiente	Erro padrão	Razão t	p(t)
Fator de desconto	0.114	0.023	4.858	2.2535e-06
1. trimestre	0.484	0.147	3.278	0.001
2. trimestre	0.377	0.155	2.425	.0160
3. trimestre	-0.0711	0.194	-0.367	0.713
Seno 10	0.041	0.034	1.190	0.235
Coseno 10	-0.061	0.035	-1.761	0.079
Seno 26	0.059	0.097	0.609	0.542
Coseno 26	-0.339	0.085	-3.968	9.7888e-05
Chuva, defasagem 5 semanas	0.0008	0.0003	2.833	0.005

b Estrutura não paramétrica.

Temas não paramétricos	Valor
temperatura máxima semanal da temperatura média diária, defasagem de 6 semanas	19.003

c Valores de diagnóstico.

Diagnóstico	Valor
logaritmo da verossimilhança	1134.352
Função desvio	235.815
AIC	1.255

Discussão

CAPITULO V

5. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo evidenciaram haver uma relação estreita entre o padrão do regime de chuvas em cada espaço urbano e a ocorrência de dengue, ou seja, a sazonalidade bem demarcada desta doença não é causada por processos aleatórios. Este achado está em consonância com outras investigações realizadas no Brasil e em outros países, tanto quando se considera as Unidades Climáticas (UC) sem especificar os componentes meteorológicos⁽³⁶⁾, como quando se considera cada componente em separado, tais como temperatura e chuva^(13;48).

Dois cenários distintos puderam ser construídos a partir dos resultados obtidos, e oferecem pistas sobre algumas questões relacionadas aos processos receptivos que favorecem a manutenção da doença nas cidades deste estudo. O primeiro, evidenciado em Belém e em Aracaju, onde as chuvas caem durante todo o ano, observou-se que o aumento de circulação viral ocorre antes do período de maior precipitação pluviométrica. Neste cenário, o modelo estatístico mostrou que efeito máximo da variável chuva sobre a circulação viral era quase que imediato, logo na primeira semana das chuvas, com acréscimo do risco de dengue na ordem de até 12%. A explicação para este padrão de sazonalidade inversa possivelmente deve-se ao fato de que o *Aedes aegypti* se aproveita de contêineres reservatórios no ambiente externo para a sua reprodução, mantidos em níveis ideais por chuvas fracas e esparsas, mas, com o estabelecimento da estação chuvosa o seu efeito torna-se protetor, provavelmente porque o excesso de água prejudica a sobrevivência das larvas e pupas pré-existentes no meio ambiente, pois o transbordamento dos criadouros resultam na eliminação natural dessas formas aquáticas, além de dificultar o vôo das formas aladas.

Destaque-se que em Aracaju onde a relação acima referida não ficou muito bem estabelecida, pois embora tenha se encontrado 12% de elevação do risco, não houve significância estatística, indicando que possivelmente outros fatores têm

atuado eficazmente para desvio do calendário de maior incidência da doença, e que as chuvas não são as mantenedores de fontes de água dos principais criadouros.

O segundo cenário, ocorrido em Fortaleza e em Goiânia, foi marcado por efeito posterior e tardio das chuvas sobre a doença. Como estes municípios apresentam período de seca bastante marcada, a abundância de criadouros contendo água no meio ambiente externo é prejudicada durante esta estação. Nestas regiões, o início das chuvas leva ao restabelecimento progressivo dos criadouros externos, conseqüentemente, aumento paulatino da densidade vetorial, tendo como resultado o maior efeito da variável de exposição na circulação viral entre a 4ª e 5ª semanas após as chuvas, com acréscimo do risco de dengue em 7% para Fortaleza e 9% em Goiânia.

Nos municípios de Fortaleza e Goiânia os resultados das defasagens de quatro a cinco semanas entre a estação das chuvas e de transmissão foram semelhantes aos observados no México⁽⁴⁸⁾, contudo em outros trabalhos esta defasagem foi bem mais longa, acima de 12 semanas^(3;4;47). Talvez estas discrepâncias sejam resultantes da ausência de controles nos modelos utilizados nestas investigações. Entretanto, os resultados dos municípios de Belém e Aracaju os achados não foram compatíveis com outros estudos, provavelmente, por apresentarem padrões de chuva bastante distintos, onde simplesmente não há interrupção deste fenômeno no ano, apesar de haver uma estação de maior intensidade pluviométrica. A temperatura seguiu a tendência das chuvas e também não apresentou tendências à associação com a dinâmica de transmissão da dengue.

A temperatura foi potencialmente expressiva apenas em Fortaleza, porém mostrando associação negativa, isto é, o período de maior incidência de dengue coincidiu com o de menor temperatura, enquanto que nos demais municípios, não foi verificado comportamento definido.

Mesmo se considerando que as diferenças entre as estações do ano no Brasil, quando comparadas com outras regiões do planeta, são tênues, pois a rigor, só se identificam duas estações, a chuvosa e a seca, estas foram capazes de modular os ciclos sazonais da dengue. Ou seja, o aumento da incidência da dengue em cada

cidade tem data certa para acontecer. Enquanto em Aracaju e Fortaleza a estação de transmissão ocorre no final do segundo trimestre, em Belém e Goiânia, durante o primeiro trimestre do ano.

Contudo, a temperatura, que é um dos fatores apontado por vários estudos como responsável pela manutenção dos ciclos do *Aedes aegypti* e pela maior intensidade na circulação viral, permanece durante todo o ano em níveis confortáveis nos municípios estudados, e poderíamos supor que essa doença não se apresentasse com um padrão sazonal tão característico. Assim, observou-se que as chuvas foi mais importante na determinação da sazonalidade que a temperatura, possivelmente por propiciar condições para a reprodutibilidade do ciclo epidemiológico desta doença. Ou seja, ao aumentar o número de criadouros com água no meio ambiente, conseqüentemente, haverá aumento da densidade vetorial e, aumento das possibilidades de intensificação da circulação viral.

As epidemias de dengue se anunciam anualmente cerca de um a dois meses, antes de se observar a sua curva ascendente, e dura ao todo em torno de 3 a 4 meses em cada cidade. Este padrão tem se repetido ano a ano, no mesmo período, porém entre as cidades, os momentos de ocorrência destas estações de transmissão são distintos, havendo uma migração geográfica entre as macroregiões brasileiras. A decorrência deste fato é que o Brasil só permanece com baixa transmissão desta virose durante três a quatro meses por ano.

As tendências observadas nos quatro municípios do estudo também variaram apresentando magnitude de incidência diferentes entre os anos. Estas variações devem ser decorrente dos complexos fatores que influenciam na transmissão do vírus do dengue, tais como período de tempo decorrido entre a introdução do agente em cada espaço, sorotipos circulantes, densidade demográfica, dentre outros. Ademais, não se pode desconsiderar o papel da intensidade de circulação do vírus em período anterior a este estudo que determina maior ou menor redução do estoque de susceptíveis para cada sorotipo circulante, bem como as medidas de controle vetorial que foram adotadas em cada um deles, que, como já descrito⁽⁵⁸⁾, não são homogêneas nem no tempo nem no espaço. Entretanto, por dificuldades para obtenção destas informações, e pelos limites impostos pelos modelos de

análise disponíveis, que não possibilitam mensurar todas as dimensões de um fenômeno complexo como a ocorrência de dengue em grandes cidades, reconhece-se que estas são fragilidades deste e de todos os estudos que tentam simplificar realidades multidimensionais em uma equação matemática.

Não é de se admirar que o Brasil seja hoje o maior produtor de casos de dengue do mundo, pois, além de possuir população de mais de 180 milhões de habitantes, dos quais 80% residentes em centros urbanos com muitos problemas de infra-estrutura, particularmente de saneamento ambiental, suas características climáticas, favorecem sobremaneira a intensa e quase permanente circulação do vírus do dengue.

Desta forma, o combate ao dengue em condições climáticas tão favoráveis exige investimentos vultosos na melhoria das condições de vida em geral e infra-estrutura de saúde e saneamento em particular⁽⁵⁹⁾. Nas sociedades de economia desenvolvidas, apesar de também haver desigualdades, a escala com que se apresenta é bem menor, e muitas questões referentes ao saneamento ambiental já foram resolvidos. Apesar de haver presença *Aedes aegypti*, por exemplo, no sul dos Estados Unidos da América, a circulação do vírus da dengue não é um problema de saúde pública, pois medidas de proteção individual como moradias com janelas teladas, utilização intensa de ar condicionado e acesso a serviços médicos tornam-se eficazes.

O paradoxo brasileiro ora traduzido na convivência simultânea de duas realidades distintas em um mesmo espaço urbano onde uma parcela da população tem acesso a serviços públicos de qualidade e a residências eficientemente estruturadas, e a outra, desprovida dos benefícios de capital, coabitam em habitações mais simples, resulta em uma maior proporção de criadouros ativos nas áreas pobres da cidade⁽⁶⁰⁾, onde cisternas mal vedadas são indispensáveis para o armazenamento de água, depósitos plásticos, pneus, etc, não são recolhidos com a frequência necessária⁽³⁷⁾. Nas cidades, porém, a circulação viral, em alguns momentos, torna-se homogênea, pois o mosquito alado não é conhecedor de fronteiras sociais, a doença passa a oferecer o mesmo risco para todos⁽³⁸⁾.

Nos achados deste estudo, Goiânia apresentou a metade do valor de percentual de pobreza que em Aracaju, além de melhores indicadores de GINI e de IDH, porém o seu risco de dengue foi 6 vezes maior, resultados que mostram que as condições meteorológicas favoráveis à manutenção do *Aedes aegypti* e ao vírus da dengue, apesar de importantes, são coadjuvantes na epidemiologia da dengue no Brasil.

Evidentemente alterações climáticas provocadas pelos fenômenos ENSO e aquecimento global tendem a tornar mais ampla a cobertura do *Aedes aegypti*, com possibilidades de avanço em latitudes no globo terrestre que ainda não são povoadas por este mosquito. Isto não quer dizer que ele permaneça na sua atual colonização “tropical”, visto que as altas temperaturas, já vivenciadas em algumas regiões, são mais inibidoras que estimuladoras à sobrevivência⁽⁶⁰⁾. Esta talvez seja uma das explicações que já se encontrou neste estudo, onde a temperatura se mostrou muito pouco associado à dengue.

Considerações finais

CAPITULO VI

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apontados neste trabalho, ficou demonstrado que a dengue, nos municípios de Belém, Fortaleza, Aracaju e Goiânia têm apresentado um movimento sazonal característico de influências meteorológicas anuais, e que as chuvas, com exceção de Aracaju, são fatores preponderantes na manutenção deste ciclo.

Porém, cada uma das cidades apresentou uma intensidade e um tempo de resposta diferente, indicando que os padrões da influência das chuvas são localizadas, e não lineares, bem como não absolutas, devido ao resultado do risco relativo do teste apresentarem magnitudes e defasagem diferentes. Estes resultados ainda fornecem pistas de como as cidades estão lidando com o saneamento ambiental e a resolutividade *in loco* das equipes de controle do dengue, pois é sabido que a atuação da chuva é indireta, propiciando maior numero de criadouros viáveis ao ciclo do *Aedes aegypti*.

Assim, a dengue encontra atualmente no Brasil, condições receptivas ideais, onde faz anualmente, milhares de vítimas e dezenas de mortes. A adoção de um instrumento preditivo de risco, baseado em estimativa de chuvas, deverá ser útil na concentração de maior esforço dos programas locais de controle do dengue, em determinados períodos do ano, com o objetivo de tornar as ações de campo mais eficazes, tornando mais flexível a rigidez imposta por decisões tomadas baseadas apenas no período calendário, além da desconsideração de particularidades meteorológicas locais.

Por outro lado, com a melhoria da instrumentalização dos institutos de meteorologia, é possível prever com antecedência, e grande probabilidade de acerto, como será o regime e intensidade das chuvas nas localidades brasileiras, por dia ou por estações do ano.

Além disso, o Modelo Aditivo Generalizado apresentado neste estudo se mostrou robusto o suficiente para a criação de cenários para os processos de associação de dengue e chuvas, cujos fenômenos são não-lineares e conseqüentemente fogem de aderência à distribuição normal, com o poder de detectar efeitos significativos com maior sofisticação que os modelos lineares. Isto se deve ao poder dos modelos aditivos na incorporação de variáveis indicadoras de modo menos restritivo.

Estudos futuros devem ser conduzidos no sentido do aumentar a escala das regiões climáticas, incorporando micro climas, outros municípios de controle e séries de dados mais longas, fatos limitantes no presente trabalho. Porém, a ausência de dados entomológicos para os municípios brasileiros, desagregados por dia ou semana e armazenados de forma segura e centralizada, não permitiu a incorporação de dados entomológicos no estudo. Este fato deverá ser revertido já com a recente mudança incorporada no Sistema de Informação de Febre Amarela e Dengue (SISFAD) e que já está sendo utilizada por todos os municípios, porém com uma série temporal ainda limitada.

Bibliografia

6. BIBLIOGRAFIA

- (1) Gubler J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. Clin Microbiol Rev 1998 Jul 1;11(3):480-96.
- (2) Natal D. Bioecologia do *Aedes aegypti*. Biológico 64[2], 205-207. 2002. Ref Type: Journal (Full)
- (3) Kovats R, Campbell-Lendrum D, McMichael A, Cox J. Early effects of climate change: Do they include changes in vectorborne disease? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2001;356(1411).
- (4) Depradine CA, Lovell EH. Climatological variables and the incidence of dengue fever in Barbados. Int J Environ Health Res 2004;14:429-41.
- (5) Gonçalves Neto VS, Rebelo JMM. Aspectos epidemiológicos do dengue no Município de São Luís, Maranhão, Brasil, 1997-2002. Cadernos de Sa-de P-blica 2004;20:1427-31.
- (6) Natal D, Urbinatti PR, Taípe-Lagos CB, Cereti-Júnior W, Diederichsen ATB, Souza RG, et al. Encontro de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) em Bromeliaceae na periferia de São Paulo, SP, Brasil. Revista de Sa-de P-blica 1997;31:517-8.
- (7) Ribeiro AF, Marques GRAM, Voltolini JC, Condino ML. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. Revista de Saúde Pública 2006;40:671-6.
- (8) Rosa-Freitas MG, Schreiber KV, Tsouris P, Weimann ETS, uitgards-Moura JF. Associations between dengue and combinations of weather factors in a city in the Brazilian Amazon. Rev Panam Salud Publica 2006;20(4):256-67.
- (9) Souza-Santos R. Fatores associados a ocorrência de formas imaturas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 1999;32:373-82.
- (10) Souza-Santos R, Carvalho MS. Análise da distribuição espacial de larvas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. Cadernos de Saúde Pública 2000;16:31-42.
- (11) Teixeira MG, Barreto ML, Gerra Z. Epidemiologia e Medidas de Prevenção do Dengue. Informe Epidemiológico do SUS 1999;8(4):5-33.

- (12) Thammapalo S, Chongsuvivatwong V, Geater A. Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. *Epidemiology and Infection* 2007.
- (13) Wu PC, Guo HR, Lung SC, Lin CY, Su HJ. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. *Acta Tropica* 2007 Jul;103(1):50-7.
- (14) Barcellos C, Monteiro AMV, Corvalán C, Gurgel HC, Carvalho MS, Artaxo P, et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. 7. EXPOEPI - Oficina de Mudanças Climáticas; 2007.
- (15) Cazelles B, Chavez M, McMichael AJ, Hales S. Nonstationary influence of El Niño on the synchronous dengue epidemics in Thailand. *PLoS Med* 2005;2(4):0313-8.
- (16) Cross ER, Hyams KC. The potential effect of global warming on the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in southwest Asia. *Environ Health Perspect* 2007;101:724-7.
- (17) Galvani E. Zonas Climáticas Brasileiras. In: Instituto Socioambiental, editor. *Almanaque Brasil Sócio Ambiental*. 2 ed. São Paulo: 2007. p. 371-3.
- (18) Rebelo JMM, Costa JML, Silva FS, Pereira YNO, Silva JM. Distribuição de *Aedes aegypti* e do dengue no Estado do Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 1999;15:477-86.
- (19) Silva FDS, Coelho MS, Lucio PS, Rebello E, Ramalho WM. Caracterização Espacial da Incidência Sazonal da Dengue no Brasil.: Trabalho apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, realizado em Florianópolis.; 2006.
- (20) Ministério da Saúde SdVeSDTdG. Diagnóstico rápido nos municípios para vigilância entomológica de *Aedes aegypti* no Brasil - LIRAA, metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial. Brasília: 2005.
- (21) Rezende JM. *Linguagem Médica*. 3a. ed. Goiânia: 2004.
- (22) Osanai CH. A epidemia de Dengue em Boa Vista, Território Federal de Roraima, 1981-1982 Dissertação (Mestrado). Escola Nacional de Saúde Pública.; 1984.
- (23) OPAS. *Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para su prevención y control*. Publicación Científica ed. Washington.: 1995.
- (24) Chiaravalloti Neto F. Descrição da colonização de *Aedes aegypti* na região de São José do Rio Preto, São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 1997;30:279-85.

- (25) Rebelo JMM, Costa JML, Silva FS, Pereira YNO, Silva JM. Distribuição de *Aedes aegypti* e do dengue no Estado do Maranhão, Brasil. Cadernos de Saúde Pública 1999;15:477-86.
- (26) Tauil PL. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Cadernos de Saúde Pública 2002;18:867-71.
- (27) Donalísio MR, Glasser CM. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. Revista Brasileira de Epidemiologia 2002;5:259-79.
- (28) Teixeira MG, Barreto ML, Gerra Z. Epidemiologia e Medidas de Prevenção do Dengue. Informe Epidemiológico do SUS 1999;8(4):5-33.
- (29) Bastos MS. Perfil soropidemiológico do dengue diagnosticado na Fundação de Medicina Tropical do Amazonas (1998-2001) Fundação Oswaldo Cruz; 2004.
- (30) Vasconcelos PFC, ravassos da Rosa ES, ravassos da Rosa JFS, reitas RB, egallier N, odrigues SG, et al. Epidemia de febre clássica de dengue causada pelo sorotipo 2 em Araguaína, Tocantins, Brasil. Rev Inst Med Trop São Paulo 35, 141-149. 1993.
Ref Type: Journal (Full)
- (31) Ministerio da Saúde. Dengue : diagnóstico e manejo clínico – Adulto e Criança. 3a. ed. Brasília: 2007.
- (32) Santos SL. Avaliação das ações de controle da dengue: aspectos críticos e percepção da população. 2003. Departamento de Saúde Coletiva /Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/ Fundação Oswaldo Cruz /.
Ref Type: Video Recording
- (33) Chiaravalloti Neto F. Descrição da colonização de *Aedes aegypti* na região de São José do Rio Preto, São Paulo. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 1997;30:279-85.
- (34) Donalísio MR, Glasser CM. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. Revista Brasileira de Epidemiologia 2002;5:259-79.
- (35) Consoli RAGB, Oliveira RL. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: 1994.
- (36) Dias JP. Avaliação da efetividade do Programa de Erradicação do *Aedes aegypti*. Brasil, 1996 a 2002. Tese (doutorado)Universidade Federal da Bahia; 2007.
- (37) Tauil PL. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Cadernos de Saúde Pública 2002;18:867-71.

- (38) Teixeira MG, Barreto ML, Costa MCN, Ferreira LDA, Vasconcelos PFC. Dinâmica de circulação do vírus da dengue em uma área metropolitana do Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 12[2], 87-97. 2003.
Ref Type: Journal (Full)
- (39) Patz JA, Engelberg D, Last J. The Effects of Changing Weather on Public Health. *Annual Review of Public Health* 2000;21(1):271-307.
- (40) Wikipédia. 2008. 3-2-2008.
Ref Type: Internet Communication
- (41) Schreiber KV. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *International Journal of Biometeorology* 2001 Jul 22;45(2):81-9.
- (42) Beserra EB, Castro Jr FP, Santos JW, Santos TS, Fernandes CRM. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotropical Entomology* 2006;35:853-60.
- (43) Patz JA, Martens WJM, Focks DA, Jetten TH. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environ Health Perspect* 1998;106:147-53.
- (44) Watts DM, Burke DS, Harrison BA, Whitmire RE, Nisalak A. Effect of Temperature on the Vector Efficiency of *Aedes aegypti* for Dengue 2 Virus 1. *Am J Trop Med Hyg* 1987 Jan 1;36(1):143-52.
- (45) Pontes RJS, Ruffino-Netto A. Dengue em localidade urbana da região sudeste do Brasil: aspectos epidemiológicos. *Revista de Saúde Pública* 1994;28:218-27.
- (46) Favier C, Degallier N, Rosa-Freitas MG, Boulanger JP, Costa Lima JR, Luitgards-Moura JF, et al. Early determination of the reproductive number for vector-borne diseases: the case of dengue in Brazil. *Tropical Medicine & International Health* 2006 Mar;11:332-40.
- (47) Amarakoon D, Chen A, Rawlins S, Chadee D, Taylor M, Stennett R. Dengue epidemics in the Caribbean-temperature indices to gauge the potential for onset of dengue. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2006.
- (48) Hurtado-Diaz M., Riojas-Rodriguez H., Rothenberg SJ, Gomez-Dantes H, Cifuentes E. Short communication: Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Tropical Medicine & International Health* 2007 Nov 30;12(11):1327-37.

- (49) Junger WL, Fernandes CAC, Leon AP. Modelo Poisson-Gama Semi-Paramétrico: Uma Abordagem de Penalização por Rugosidade. 16o SINAPE - Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística - Associação Brasileira de Estatística, 2004, Caxambú. In press 2004.
- (50) Coelho MSZS. Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condição meteorológicas na cidade de São Paulo. Universidade de São Paulo / Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.; 2007.
- (51) Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil [computer program]. 2001.
- (52) Toews MW, Whitfield PH, Allen DM. Seasonal statistics: The 'seas' package for R. Computers & Geosciences 2007 Jul;33(7):944-51.
- (53) Morettin PA, Toloi CM. Análise de séries temporais. 2. ed. ed. São Paulo: 2006.
- (54) Conceição GMS, Saldiva PHN, Singer JM. Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Epidemiologia 2001;4:206-19.
- (55) Bell ML, Samet JM, Moninici F. Time-series studies of particulate matter. Annu.Rev.Public Health 25, 247-80. 2004.
Ref Type: Journal (Full)
- (56) Simas HS. Aspectos metodológicos em análise de séries temporais epidemiológicas do efeito da poluição atmosférica na saúde pública: Uma revisão bibliográfica e um estudo comparativo via simulação Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Instituto de Medicina social; 2003.
- (57) R: A language and environment for statistical computing, 2005 [computer program]. Version 2.6.1 2007.
- (58) Coelho GE. Relação entre o índice de infestação predial (IIP), obtido pelo levantamento rápido (LIRAA) e intensidade de circulação do vírus do dengue Universidade Federal da Bahia / Instituto de Saúde Coletiva; 2008.
- (59) Reiter P. From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age. Emerging Infectious Diseases 6[1], 1-11. 2000.
Ref Type: Journal (Full)
- (60) Gómez F, Suárez C, Cárdenas R. Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México. Rev Panam Salud Publica 2001;10(1):6-12.

