

Universidade de São Paulo

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.

Departamento de Ciências Atmosféricas

FERNANDO JOSE MENDEZ GAONA

Efeitos das condições ambientais nas doenças respiratórias em crianças menores de 2 anos na Grande São Paulo durante o período 2003-2006.

São Paulo

2017

FERNANDO JOSE MENDEZ GAONA

Efeitos das condições ambientais nas doenças
Respiratórias em crianças menores de 2
Anos na Grande São Paulo durante o período
2003-2006.

Tese apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Meteorologia

Orientador: Prof. Dr. Fabio Luís Teixeira Gonçalves

Versão Corrigida. A versão original encontra-se na Unidade para consultas.

São Paulo

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fernando José Méndez Gaona

Efeitos das condições ambientais nas doenças respiratórias em crianças menores de 2 anos na Grande São Paulo durante o período 2003-2006

Tese apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Dedico este trabalho a minha esposa Larissa, filhos Juan Martin e Mauricio, a meus pais e familiares pelo incansável apoio e incentivo, com amor, admiração e gratidão.

AGRADECIMENTOS

A meu orientador Fabio Luís Teixeira Gonçalves, pelo apoio e por acreditar em min na realização deste trabalho.

A professora Maria Regina Alves Cardoso, pela ajuda em todo o processo na área de saúde.

A professora Maria de Fatima Andrade pela ajuda no processo do estudo, pelas recomendações.

Aos colegas Angel, Mario, Glauber, Sameh, João e Sergio.

Ao professor Constantino Guefos, Decano da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Nacional de Assunção pelo apoio incondicional para a realização do doutorado.

RESUMO

O projeto visa um estudo da influência das condições ambientais (qualidade do ar externo, meteorologia, condições internas da casa) nas doenças respiratórias em crianças menores de dois anos na Grande São Paulo durante o período 2003 - 2006. Os dados de problemas respiratórios de crianças são correspondentes ao projeto CHIADO 2003-2006, coordenado pela Profa. Dra. Maria Regina Cardoso da FSP/USP. Foi realizada uma descrição da quantidade de chiado por ano, identificação das casas com maior tendência ao desenvolvimento de chiado, correlação entre os dados do projeto CHIADO com dados de qualidade do ar da CETESB obtidos através das estações automáticas e manuais, espalhadas por toda a RMSP durante o período de estudo. Igualmente foram coletados dados meteorológicos e foram determinadas as condições sinóticas do período estabelecido.

Metodologia: O trabalho foi dividido em duas partes primeira: Análise geral de dados: do projeto Chiado com dados do projeto Chiado fornecidos pela FSP USP, dados dos poluentes da CETESB para CO, MP10 e MP2.5, SO₂, O₃ e NO₂, dados meteorológicos da estação meteorológica do IAG USP temperatura da ar, umidade relativa, pressão atmosférica, das condições internas das casas como temperatura, conforto térmico, e finalmente deposição de partículas a traves dos modelos *Particulate* dosimetry Model e o Modelo de deposição de partículas no trato respiratório . Na segunda parte foram realizadas 4 estudos de caso considerando: análises das condições sinóticas, de qualidade do ar e das doses depositadas para as datas correspondentes. . Com os dados do projeto CHIADO os quais têm as características construtivas das casas (classificadas em 12 tipos) foi analisado a temperatura interna das casas e as condições de conforto térmico com ajuda do programa Termicus que gera a temperatura interna horaria para cada mês do ano da casa. Na análise geral dos resultados foi determinada que o ano de 2005 representasse um ano com maior quantidade de chiado (13,3% acima da média) e que entre os meses de maio e outubro (um 61% dos casos foram registrados). A casa tipo 7 apresentou a maior quantidade de chiado (22% do total de casos) e entre as casas 2,7,9 e 11 (selecionadas para os estudos de caso) foi registrado mais de 71% do total de casos. A casa tipo 2, por outro

lado, apresenta a maior possibilidade de chiado (por ter materiais de qualidade mais baixa e confirmada pela análise estatística). Para o primeiro estudo de caso onde as casas tipo 7 e 11 apresentaram casos de chiado observa-se a presença de uma frente fria, com períodos onde o conforto térmico apresenta sensação de frio, e períodos onde o dióxido de nitrogênio apresentou concentrações acima do padrão e que a dose depositada no sistema respiratório sendo equivalente à literatura. Para o segundo estudo de caso só a casa tipo 7 apresentou casos de chiado e tem-se a ultrapassagem do padrão para o material particulado grosso e níveis de doses depositadas maiores (neste caso a dose de partículas grossas também foi maior que as finas) e o dobro da encontrada na literatura, podendo estes resultados ser a causa deste excesso de casos de chiado. Para o terceiro estudo de caso as casas 7 e 9 apresentaram casos de chiado e se observa presença de uma frente fria, dias com condições de sensação de frio e ultrapassagem do padrão para o dióxido de nitrogênio e RDD também bastante elevado, tendo, portanto, múltiplas possíveis causas. E finalmente no quarto estudo de caso as casas 7 e 11 apresentaram os chiado, verifica-se a presença de uma frente fria atuante e forte, os parâmetros de qualidade do ar não apresentaram valores acima do padrão e a dose depositada no sistema respiratório foi a menor de todos os casos, sendo a explicação a variação meteorológica a possível explicação. Mesmo que as casa tipo 7, 9 e 11 não apresentassem o maior potencial ao chiado nem tivessem os piores materiais de construção (qualidade intermedia para o tipo 7 , boa para o tipo 9 e quase a melhor para o tipo 11) são as casas com maior frequência de chiado registrado indicando que o chiado não estaria associado principalmente as condições internas das casas mas sim às condições externas (atuação de frentes frias, condições de qualidade do ar fora do padrão e níveis de deposição de partículas altos). No entanto, as condições internas das casas *per si* estão associados aos câmbios térmicos (ambiente externo e a casa) que geram porem situações de desconforto térmico, o qual a casa tipo 7 é um dos principais tipos construtivos com desconforto.

Palavras chaves: Biometeorologia, chiado, poluição do ar

ABSTRACT

The project aims a study of environmental conditions influence (outdoor air quality, meteorology, internal conditions of the house) on respiratory diseases in children under two years of age in Great São Paulo City during the period of 2003-2006. Respiratory diseases in children were collected in the project CHIADO 2003-2006, coordinated by Profa. Dr. Maria Regina Cardoso of FSP / USP. A description of the amount of wheezing per year was identified, the identification of houses with the greatest tendency to wheezing events, correlation between the data of the CHIADO project with air quality data from CETESB obtained through the automatic and manual stations, spread throughout the São Paulo City during the studied period. Meteorological data were also collected as well as synoptic conditions in order to establish period were determined. The aim of the study was to establish associations between wheezing symptoms and their relationship between the effects of these conditions on children's health. For this project, the particulate matters to be considered were CETESB's MP10 (2003-2006) and MP2.5 (during same period). The effect of particulate matter (PM) on health in particular for the infant respiratory system was analyzed using the lung particle deposition dose model (RDD) based on the concentrations of fine and coarse MP. With the data of the CHIADO project which have the constructive characteristics of the houses (classified in 12 types), the internal temperature of the houses and the thermal comfort conditions were also analyzed with the Termicus program that generates the internal temperature for each month of the year home. In the general analysis, it was determined that year of 2005 presents the greatest amount of wheezing (13.3% above average) and that between the months of May and October (61% of the cases were recorded). Type 7 house presented the highest amount of wheezing (22% of total cases) and among the houses 2, 7, 9 and 11 (selected for the case studies) was registered more than 71% of the total cases. The type 2 house, on the other hand, presents the greatest possibility of wheezing (for having lower quality materials and

confirmed by statistical analysis). For the first case study where houses type 7 and 11 presented cases of wheezing, the presence of a cold front, with periods where the thermal comfort presents a sensation of cold, and periods where the nitrogen dioxide presented concentrations above the standard, and that the dose deposited in the respiratory system is equivalent to the literature. For the second case study, only type 7 house presented cases of wheezing and the pattern was exceeded for coarse particulate matter and higher deposited dose levels (in this case, the coarse dose was also higher than the fines) and double of the values obtained in the literature, and these results may be the cause of this excess of wheezing cases. For the third case study, houses 7 and 9 presented cases of wheezing and a cold front was observed, days with cold sensation conditions and exceedance of the standard for nitrogen dioxide and RDD also very high, more than double of literature. And finally, in the fourth case study, houses 7 and 11 showed wheezing, there was a strong and active cold front, the air quality parameters did not present values above the standard and the dose deposited in the respiratory system was the of all cases. The explanation can be attributed to the meteorological variability. Even if type 7, 9 and 11 houses did not have the highest potential for wheezing or had the worst building materials houses (intermediate quality for type 7, good for type 9 and almost the best for type 11). The higher frequency of recorded events indicating that the wheezing would not be associated mainly with the internal conditions of the houses but rather with external conditions (cold fronts, non-standard air quality conditions and high particle deposition levels). However, the internal conditions of the houses per se are associated to thermal a change (external environment and the house indoor conditions) that generates situations of thermal discomfort, which type 7 house is one of the main constructive types with discomfort.

Key Word: Biometeorology, Wheezing, air pollution.

Conteúdo	
RESUMO	6
ABSTRACT	8
CAPÍTULO 1	19
INTRODUÇÃO	19
1.1 Aspetos gerais	19
1.2 Poluição do ar.	21
1.3 Padrões de Qualidade do ar.	23
1.4 Influência dos poluentes na saúde humana.	27
1.2 Tempo - conforto térmico e saúde.	34
Objetivos	38
Objetivo Geral	38
Objetivos Específicos	38
CAPÍTULO 2	39
Metodologia.....	39
2. 2.1 DADOS E MÉTODOS	39
2.1 Dados.....	41
2.2 Métodos utilizados	44
2.2.1 Primeira parte: Análise Geral	44
1. Simulação com <i>Multiple path Particulate dosimetry model</i> (MPPD).....	48
2.2.2 Segunda parte: Estudos de caso	53
CAPÍTULO 3	55

RESULTADOS	55
3.1 Resultados gerais	55
3.1.1 Resultados de casos de chiado do Projeto Chiado.....	55
3.1.2 Descrição geral dos poluentes do ar para o período 2003 até 2006 da CETESB.....	62
3.1.3 Condições meteorológicas na RMSP.	66
3.1.4 Análise dos casos de chiado frente às variáveis ambientais externas.....	70
3.1.5 Condições de conforto térmico exterior, extradomiciliar, na RMSP	75
3.1.6 Temperatura interna e condições de conforto térmico interno.	82
3.1.7 Modelo pulmonar	90
a) Fração de deposição por lóbulos.	90
b) Fração de deposição no pulmão	93
3.1.8 Dose total depositada no trato respiratório	96
3.2 Estudos de casos de chiado	99
3.2.1 Primeiro caso de 27/05/2004.	99
3.2.2 Segundo caso 21 de outubro de 2004	108
3.2.3 Terceiro caso 14 de abril de 2005.....	117
3.2.4 Quarto caso 28 de novembro de 2005.....	125
Capítulo 4.....	134
Conclusão	134
CAPITULO 5	138
BIBLIOGRAFIA.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 0.1. Sistema respiratório. Fonte: <i>Archivo: Respiratory system complete es.svg</i>	28
Figura 0.1. Distribuição anual de casos de chiado para o Projeto Chiado. Fonte: Projeto Chiado em Crianças de 0 a 2 anos.	56
Figura 0.2. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2003. Fonte: Projeto Chiado.	57
Figura 0.3. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2004. Fonte: Projeto Chiado.	58
Figura 0.4. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2005. Fonte: Projeto Chiado.	59
Figura 0.5. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2006. Fonte: Projeto Chiado.	59
Figura 0.6. Distribuição mensal de chiado entre 2003 e 2006 para todas as crianças. Fonte: Projeto Chiado	60
Figura 0.8. Distribuição espacial das estações de qualidade do ar da rede da CETESB. Fonte: CETESB.....	62
Figura 0.9. Variabilidade do NO diário para o período de 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB	63
Figura 0.10 Variabilidade do NO ₂ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.....	64
Figura 0.11. Variabilidade do CO para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.....	65
Figura 0.12. Série temporal horária do O ₃ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.....	65
Figura 0.13. Variabilidade diária de PM ₁₀ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.....	66
Figura 0.14. . Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2003. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.	67
Figura 0.15. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2004. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.	68

Figura 0.16. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2005. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.	68
Figura 0.17. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2006. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.	69
Figura 0.18. Frequência da sensação de “Muito Frio” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.	80
Figura 0.19. Frequência da sensação de “Frio” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.	81
Figura 0.20. Frequência da sensação de “Quente” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.	82
Figura 0.21. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 2 para o período 2003-2006.	83
Figura 0.22. Conforto térmico interno da casa tipo 2 para o período 2003-2006.	84
Figura 0.23. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 7 para o período 2003-2006.	85
Figura 0.24. Condições de conforto térmico da casa construtivo tipo 7 para o período 2003-2006.	86
Figura 0.25. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 9 para o período 2003-2006.	86
Figura 0.26. Conforto térmico interno da casa tipo 9 para o período 2003-2006.	87
Figura 0.27. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 11 para o período 2003-2006.	88
Figura 0.28. Conforto térmico interno da casa tipo 11 para o período 2003-2006.	89
Figura 0.29. Fração de deposição de partículas grossas nos lóbulos para partículas de 10 μm com uma concentração depositada de 4.400 mg/m^3	91
Figura 0.30. Fração de deposição de partículas grossas nos lóbulos para partículas de 10 μm com uma concentração de 2.100 mg/m^3	92
Figura 0.31. Distribuição de deposição de material particulado de 5 μm de diâmetro aerodinâmico para uma concentração de 2.100 mg/m^3	93
Figura 0.32. Deposição de partículas de 5 μm com uma concentração de 2.100 mg/m^3 para a região pulmonar.	94

Figura 0.33. Deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 2.100 mg/m ³ para a região pulmonar.	95
Figura 0.34. Deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 4.400 mg/m ³ para a região pulmonar.	95
Figura 0.35. Dose Total depositada no trato respiratório para partículas para crianças menores de 2 anos.....	97
Figura 0.36. Dose total depositada no trato respiratório para partículas para adultos. .	98
Figura 0.37. Carta da superfície de 27 de Maio de 2004. Fonte: NCEP-NCAR	100
Figura 0.38. Temperatura interna, externa e média entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.	101
Figura 0.40. Variação horária no ozônio troposférico entre o dia 13 e 27 de maio de 2004. Fonte: CESTESB	102
Figura 0.41. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.	103
Figura 0.42. Variação diária do dióxido de enxofre entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.	104
Figura 0.44. Variação diária do material particulado MP10 entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.	104
Figura 0.45. Variação diária do monóxido de carbono entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.	105
Figura 0.46. Carta da superfície de 21 de outubro de 2004.	109
Figura 0.48. Evolução da temperatura externa do ar para os dias 1 a 15 de outubro de 2004.	110
Figura 0.49. Variabilidade diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.	111
Figura 0.50. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.	112
Figura 0.51. Variação horária do ozônio entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.....	112
Figura 0.53. Variação diária do material particulado MP10 entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.	113

Figura 0.54 Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.	114
Figura 0.55. Carta da superfície de 14 de abril de 2005.	118
Figura 0.57. Evolução da temperatura externa, interna das casas 7 e 9 do ar para 1 a 15 de abril de 2005. Fonte: IAG USP.	119
Figura 0.58. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.	120
Figura 0.59. Variação horária de ozônio entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.	121
Figura 0.60. Variação diária de material particulado MP10 entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.	121
Figura 0.61. Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.	122
Figura 0.63. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 11 e 25 de maio de 2005.	122
Figura 0.64. Carta de superfície do dia 28 de Novembro de 2005.	125
Figura 0.66. Evolução da temperatura do ar para o quarto estudo de caso. do dia 13 até 29 de novembro de 2005	127
Figura 0.67. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.	128
Figura 0.68. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.	129
Figura 0.69. Variabilidade horária do ozônio troposférico entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.	129
Figura 0.71. Variação diária de material particulado MP10 entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.	130
Figura 0.72 Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 14 e 28 de novembro de 2005.	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo. Fonte: CETESB 2013	25
Tabela 2. Número de eventos de chiado por ano. Fonte: Projeto Chiado.....	56
Tabela 3 Freqüências de chiados com tipos de casas. Fonte: Projeto Chiado	61
Tabela 5. Medias de casos de chiado por tipo de casa. Fonte: Projeto Chiado.....	72
Tabela 6. Medias de casos de chiado por tipos de casas. Fonte: Projeto Chiado	72
Tabela 7. Contingencia entre os casos de chiado e os tipos construtivos de casas. Fonte: Projeto Chiado	73
Tabela 8. Chi- quadrado para os dados de chiado e tipos de casa.	74
Tabela 9. Coeficiente de Spearman para os casos do chiado.	74
Tabela 10. Condições de conforto térmico, critério de Fanger (1972).	76
Tabela 12. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2003.....	76
Tabela 13. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2004.....	77
Tabela 14. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2005.....	78
Tabela 15. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2006.....	79
Tabela 16. Dose depositada no trato respiratório para o primeiro caso de chiado considerando crianças até 2 anos de idade e adultos.	106
Tabela 17. Dose depositada no trato respiratório para diferentes concentrações do MP.	115
Tabela 18. Dose depositada no trato respiratório para o terceiro caso de chiado.	123
Tabela 19. Dose depositada no trato respiratório para o quarto caso de chiado.	131

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

DF	Fração de deposição de uma fração de tamanho
IF	Fração de inspiração
RDD	Dose total de deposição de partículas no trato respiratório
T	Temperatura °C
TE	Temperatura efetiva
CO	Monóxido de Carbono
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
HC	Hidrocarbonetos
IAG	Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas
MP10	Partículas respiráveis do diâmetro 10 micrómetros
MP2.5	Partículas respiráveis do diâmetro 2.5 micrómetros
MPPD	Modelo de deposição de partículas
NO	Oxido de Nitrogênio
NO2	Dióxido de Nitrogênio

NOAA	National Center of Environmental Prediction, National Oceanic and Atmospheric Administration
O2	Oxigênio
O3	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SO2	Dióxido de Enxofre
TE	Índice de temperatura efetiva
UV	Ultravioleta

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais

A poluição do ar é parte da vida moderna, afetando a vida dos centros urbanos de forma direta e indireta. Formas diretas de impacto podem ser os efeitos na saúde humana, animais e plantas nas formas indiretas podem ser na destruição de edifícios, maquinas entre outros. A poluição do ar pode ser considerada como um resíduo da produção industrial e da geração de energia para as atividades humanas em geral, onde a causa principal fonte é a combustão Wark & Warner,(2005).

A poluição do ar não é um fenômeno recente. Em 1272, o Rei Eduardo I de Inglaterra procurou aumentar a qualidade do ar de Londres, proibindo o uso de carvão. Os processos naturais como, por exemplo, os incêndios florestais, decomposição da vegetação, tempestades de poeira e as erupções vulcânicas tem sido causas naturais da poluição do ar ao longo da história Wark & Warner,(2005).

No entanto, após a revolução industrial, o efeito do homem na natureza ficou mais perceptível, pois o desenvolvimento das atividades humanas, fazia-se sem planejamento e de forma predatória, agredindo a natureza e gerando toda a sorte de poluição.

As atuais principais fontes de poluição do ar, geradas pela atividade humana, são as substâncias tóxicas emitidas pelas indústrias, automóveis e termoelétricas. A poluição é mais evidente nos grandes centros urbanos como, por exemplo, na cidade do México, Pequim (China), Los Angeles (USA) e na América do Sul, a cidade de São Paulo que é considerada uma das cidades mais desenvolvidas e com alta população onde se observa episódios de poluição do ar.

A relação entre efeitos à saúde e poluição atmosférica foi estabelecida a partir de episódios agudos de contaminação do ar e estudos sobre a ocorrência de excesso de milhares de mortes, registrado em Londres, em dois eventos ocorridos nos anos de 1948 e 1952 Wark & Warner, (2005).

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2005) considera que a poluição atmosférica constitui um risco ambiental para a saúde e estima-se que causa perto de 2 milhões de mortes prematuras ao ano, no mundo inteiro. Quanto menor é a poluição atmosférica de uma cidade, melhor será a saúde da população, também segundo a OMS a estimativa de mortes pela poluição somente urbana é 1,3 milhões de pessoas, afetando de maneira desproporcional àqueles que moram em países em desenvolvimento.

Segundo a guia de qualidade do ar da (*Environmental Protection Agency US*, 2009), milhões de pessoas moram em áreas onde a poluição pode produzir sérios problemas de saúde, afetando dessa forma a qualidade da vida delas.

Na cidade de São Paulo, Brasil, a poluição do ar também é um problema de saúde pública, como exemplo, Coelho-Zanotti et al.(2007) encontraram que o SO₂ tem influência sobre vias aéreas superiores ainda com concentrações mesmo abaixo do padrão. É importante notar também que poluição além de influenciar na saúde pública também afeta diretamente e indiretamente o clima do local e do próprio planeta.

Outro trabalho feito em São Paulo Braga et al.(2011) mostrou que para as crianças um acréscimo de 10% nos valores de PM₁₀ e ozônio influenciam os níveis de internações hospitalar.

De acordo com Arbex et al., (2012), o material particulado (desde PTS até MP_{0,1}) diminuem a capacidade da atividade mucociliar, gerando irritação nas vias respiratórias também produzido pelo ozônio troposférico

Muitos estudos já foram feitos sobre a influência que o tempo e o clima têm na saúde dos seres humanos(Gonçalves et al., 2005; Saldiva et al., 1994), principalmente

na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) onde as más condições meteorológicas influenciam na dispersão dos poluentes Freitas, (2003).

Além das condições ambientais externas as condições internas são consideradas fundamentais e até mais importante no momento de observar as causas de morbidade e mortalidade por causa do tempo de exposição Sundell,(2004).

Unesco 1999 estabelece que a ventilação é um fator importante para determinar a qualidade do ar interior,

De acordo com a OMS, a saúde humana pode ser afetada pelas características dos materiais de construção onde a pessoa reside, as quais podem gerar efeitos como câncer, doenças pulmonares e deficiência no crescimento e desenvolvimento.

1.2 Poluição do ar.

Segundo a CETESB, os níveis de poluição atmosférica é uma medida da quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que dificulta o trabalho de classificação, os poluentes são divididos em duas categorias:

- a) Poluentes primários são os poluentes emitidos diretamente pelas fontes de emissão e
- b) Poluentes secundários são os poluentes formados na atmosfera através das reações químicas entre os poluentes primários e os componentes naturais da atmosfera incluindo a radiação solar.

Segundo as recomendações de padrões de qualidade do ar da OMS (2005), esta refere-se a quatro poluentes do ar. Eles são o material particulado (PM) e os gases: ozônio(O₃), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂). A mesma guia tem em manifesto os efeitos dos poluentes sobre a saúde em termos presentes e futuros.

De acordo com a CETESB (2003), as principais fontes de emissão de material particulado para atmosfera são veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, suspensão de poeira do solo entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

As partículas inaláveis (o MP_{10}), um grupo específico do PM, são as partículas cujo diâmetro aerodinâmico é menor a $10\mu m$. Abaixo deste valor de corte, há também partículas que podem ser classificadas em inaláveis finas, ou seja, menor que $2,5\mu m$, separando-as das grossas, entre 2,5 e $10\mu m$.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores estas forem maiores serão os efeitos provocados, devido ao fato de ter uma maior capacidade de penetração no sistema respiratório, além disso, o particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera (CETESB, 2003).

As partículas totais em suspensão (PTS) são aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que $50\mu m$. Uma parte destas partículas são inaláveis e podem causar problemas na saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população.

Dióxido de enxofre é um gás resultante da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleos, combustíveis industriais e gasolina. É um dos principais formadores da chuva ácida. Também tem a capacidade de formar partículas de sulfato com a reação com outras partículas presentes no ar (CETESB).

Monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (biomassa, fósseis, etc.) (CETESB). É muito estável e tem uma vida média de até 4 meses.

Ozônio e oxidantes fotoquímicos, segundo a Seinfeld, oxidantes fotoquímicos é a denominação que se dá a mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo estes últimos liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes. O principal produto desta reação é o ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou *smog* fotoquímico, que possui este nome porque causa a diminuição da visibilidade na atmosfera. É importante esclarecer que o ozônio encontrando-se na superfície é o ozônio tóxico, contudo, o ozônio na estratosfera é o ozônio que atua como um filtro para a radiação UV, cancerígena e deletéria a maioria das formas de vida.

Óxidos de nitrogênio são formados durante processos de combustão de veículos e processos industriais, em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO_2 sob a ação de luz, se transforma em e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio.

Os Hidrocarbonetos (HC) são gases resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. Os hidrocarbonetos participam ativamente das reações da névoa fotoquímica.

1.3 Padrões de Qualidade do ar.

Segundo a Seinfeld (2003) os poluentes que podem influenciar na saúde são: material particulado (finas, grossas, ultrafinas, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos como o ozônio, óxidos de nitrogênio).

Segundo a CETESB no ano 2008 no Estado de São Paulo começaram uma revisão dos padrões de qualidade do ar, baseado nas diretrizes da OMS. Produto deste processo foi o decreto Estadual Nro. 59.113/2013 que estabelece novos padrões de

qualidade do ar por intermédio de um conjunto de metas gradativas e progressivas com o objetivo que a poluição diminuía a níveis desejáveis conforme recomendações da OMS.

Na Tabela 1 observam-se os padrões atuais de qualidade do ar, por poluente, tempo de amostragem CETESB, metas intermédias e padrão final do Estado de São Paulo. As metas intermediárias segundo a CETESB referem-se a :

- a) Metas intermediárias (MI): Estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhora gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável.
- b) Padrões finais (PF): Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

Tabela 1. Padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo. Fonte: CETESB 2013

Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)					
Poluente	Tempo de Amostragem	MI1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas MAA ¹	60 20	50 17	37 15	25 10
dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas MAA ¹	60 40	40 30	30 20	20 -
dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora MAA ¹	260 60	240 50	220 45	200 40
Ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas MGA ²	- -	- -	- -	240 80
Chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da própria CETESB.

** Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, igualmente critério da CETESB.

As Metas Intermediárias devem ser obedecidas em 3 (três) etapas, assim determinadas:

I. Meta Intermediária Etapa 1 - (MI1) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir de 24/04/2013;

II. Meta Intermediária Etapa 2 - (MI2) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, reveladas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo CONSEMA;

III. Meta Intermediária Etapa 3 - (MI3) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA, a partir do início da sua vigência, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

Os padrões finais (PF) são aplicados sem etapas intermediárias quando não forem estabelecidas metas intermediárias, como no caso do monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo. Para os demais poluentes, os padrões finais passam a valer a partir do final do prazo de duração do MI3.

Além do Padrão de qualidade do ar atualizado, foram estabelecidos também critérios para episódios agudos de poluição do ar segundo a Tabela 2. A declaração dos estados de atenção, alerta e emergência, além dos níveis de concentração ultrapassados, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes segundo a CETESB.

1.4 Influência dos poluentes na saúde humana.

O sistema respiratório é o indicador básico dos efeitos da poluição do ar sobre os homens. Os principais órgãos do sistema respiratório são a nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios e os alvéolos como amostra a Figura 1. Juntos os primeiros quatro órgãos correspondem ao trato respiratório superior.

Os efeitos primários da poluição do ar produzem a deterioração do sentido do olfato e a inativação do movimento de limpeza pelos cílios nasais, os quais eliminam o muco e as partículas Mackensie (2005).

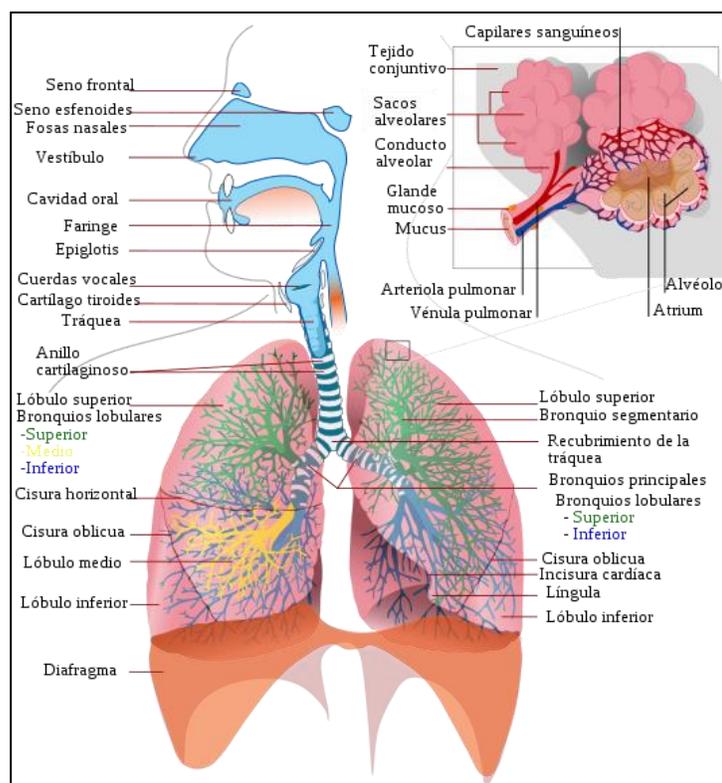


Figura 0.1. Sistema respiratório. Fonte: *Archivo: Respiratory system complete es.svg*

O trato respiratório inferior consiste nas estruturais ramificadas chamadas brônquios. Os próprios pulmões são formados por ramos, semelhantes às uvas, no caso chamados alvéolos, com cerca de 300 μm de diâmetro. As paredes dos alvéolos são formadas de capilares. O dióxido de carbono se difunde pela parede capilar para o alvéolo, no processo de respiração, e o oxigênio se difunde do alvéolo para o sangue e deste para todo corpo. A diferença nas pressões parciais de cada um dos gases gera movimentos de pressão maior para menor Mackenzie & Masten,(2005).

O grau de penetração das partículas no trato respiratório inferior depende principalmente do tamanho e ritmo respiratório. As partículas, no intervalo de tamanhos de 1 a 2 μm , chegam até os alvéolos por que são suficientemente pequenas para passar pela filtração e a deposição no trato respiratório superior Mackenzie & Masten,(2005).

Algumas enfermidades crônicas do sistema respiratório se agravam muito com a poluição do ar. As vias respiratórias podem sofrer diminuição da passagem do ar pela presença de substâncias irritantes. O resultado é que se dificulta a respiração. A asma bronquial é uma forma desta diminuição da passagem do ar, tornando-se mais pronunciada quando associada à alergia. Crise de asma provoca o estreitamento dos bronquíolos, que se deve a um inchaço da membrana mucosa e com aumento das secreções, os bronquíolos voltam ao tamanho original depois do ataque (Mackenzie & Masten, 2005).

a) Efeitos do material particulado

Efeitos das partículas (MP), ou combinação do MP com outros poluentes, representam um perigo muito grande para a saúde. Os poluentes ingressam principalmente ao corpo pelas vias respiratórias. Os danos aos órgãos respiratórios podem apresentar-se de maneira direta estimando-se que mais de 50% das partículas entre 0,01 e 0,1 μm penetram nas cavidades pulmonares e nelas depositem. As partículas podem ser tóxicas devido as suas características químicas e físicas, ou estas podem atuar como condutor de outras substâncias tóxicas.

É difícil obter uma relação direta entre a exposição de MP e ver seus efeitos na saúde. Tem sido necessário então o uso de análise estatísticas tais como ingressos no hospital, ausências no trabalho, escolas, dados de mortalidade e as medidas dos poluentes do ar Wark & Warner, (2005).

De acordo com Almeida, Martins, Vidotto, & Martins, (2015) um efeito que a poluição das grandes cidades pode gerar, está relacionado à deposição de partículas no trato respiratório. Os autores encontraram que 62% das partículas ficam no sistema respiratório com ajuda do Modelo de deposição de partículas (MPPD).

A exposição das pessoas às condições ambientais onde a concentração de material particulado apresenta valores maiores aos normais podem gerar impactos na saúde principalmente através do sistema respiratório, Azarmi & Kumar, (2016) encontrou que para períodos de demolição de edifícios os valores de concentração de

material particulado fino e grosso aumenta até 11 vezes os valores de fundo para o MP₁₀ 3 vezes para o MP_{2.5}.

Uma comparação da exposição a distintos grupos econômicos de pessoas, utilizando transporte desde veículos privados a ônibus, feito em Londres por Rivas, Kumar, & Hagen-zanker (2017) mostrou que pessoas em automóveis apresentaram as menores doses de deposição e que pessoas em ônibus tinham as maiores doses de deposição.

Recomendações de qualidade do ar da (OMS, 2005), o material particulado pode afetar saúde, mas em particular estes efeitos são observados no sistema respiratório e o sistema cardiovascular, mas a susceptibilidade à poluição pode variar de acordo com a idade e a saúde da pessoa. Segundo a mesma norma, as partículas ultrafinas, que tem diâmetro menor a 0,1 µm, possuem maior interesse na comunidade científica e médica.

Segundo a recomendação de qualidade do ar da *Environmental Protection Agency US*, (2009), os grupos mais susceptíveis à poluição pelo MP são as pessoas com doenças cardíacas e pulmonares (incluindo a insuficiência cardíaca e coronária, doença das artérias, asma e doenças pulmonar obstrutiva crônica), tanto em adultos como em crianças.

Pierse et al., (2006) mostraram na Califórnia que o uso de um modelo de dispersão para estimar a exposição nas casas das crianças devido a geração local de MP₁₀ encontrou uma forte associação entre a exposição e tanto a prevalência como incidência de tosse. Pattenden et al., (2006) reportaram uma forte associação entre MP₁₀ e tosse seca crônica em crianças entre 6 e 15 anos na Suíça.

b. Efeitos dos gases

Existem muitos estudos demonstrando que em altas concentrações de monóxido de carbono há mudanças fisiológicas e patológicas. É um gás que ao ser inalado priva aos tecidos do corpo o oxigênio necessário Wark & Warner (2005). Também segundo os mesmos autores para concentrações maiores de 750 ppm pode

causar a morte. A combinação do monóxido de carbono leva a formação da carboxihemoglobina COHb, a combinação do oxigênio e a hemoglobina gera a oxihemoglobina, O₂Hb. A hemoglobina tem uma afinidade pelo CO aproximadamente 210 vezes maior que do oxigênio.

Segundo recomendações de qualidade do ar de (2009) da EPA, o CO entra na corrente sanguínea vindo dos pulmões e se une à hemoglobina (substância que transporta o sangue às células), reduzindo a quantidade de oxigênio aos órgãos e tecidos. As pessoas com doenças cardiovasculares tais como as artérias coronárias obstruídas, possuem maior risco. Elas podem experimentar dores no peito e outros sintomas cardiovasculares ao se exporem ao CO, em particular durante as práticas esportivas.

De acordo com a EPA (2009) também as pessoas com doenças cardiovasculares marginal e com o sistema respiratório (por exemplo as pessoas com insuficiência cardíaca congestiva, doenças cerebrovascular, anemia ou doenças obstrutiva crônica do pulmão) e as crianças e fetos, também podem estar em maior risco de poluição pelo monóxido de carbono. Nas pessoas sem doenças, a exposição a níveis altos de monóxido de carbono pode influenciar no estado de alerta mental e a visão.

Hwang & Lee, (2010), em Taiwan, mostraram que há um aumento de casos de bronquites relativo ao aumento das concentrações médias dos NO₂ e o CO, entre crianças com asma. O estudo também mostra que as crianças com asma são mais propensas a desenvolvê-la (bronquites) que as crianças sem a doença, ademais a prevalência de doenças crônicas de fleuma também tiveram associação com O₃ nestas crianças sem asma.

Segundo as normas de qualidade do ar da OMS (2005), há estudos epidemiológicos, nos quais associações do O₃ sobre a saúde. Ainda de acordo com a mesma, o nível de ozônio de oito horas a sido estabelecido em 160 µg/m³, concentração com a que se registraram mudanças mensuráveis, embora transitórias, na função pulmonar e na inflamação dos pulmões nos testes controlados de laboratório

com adultos e jovens sem estas doenças, os quais praticam esportes de maneira intermitente.

O ozônio também pode causar irritação dos olhos, onde estudos realizados mostraram que o ozônio causa envelhecimento precoce, provoca danos na estrutura pulmonar e diminui a capacidade de resistir às infecções respiratórias segundo Koren et al., (1989).

Segundo as normas de qualidade do ar de EPA (2009), existem grupos de pessoas sensíveis ao ozônio, especialmente quando eles fazem atividades externas, mais em particular as pessoas com doenças pulmonares como a asma, bronquite e enfisema podem ser particularmente sensíveis ao ozônio e tem efeitos mais graves sobre sua saúde. As crianças também são as mais vulneráveis já que eles jogam ao ar livre onde os níveis são maiores, e seus pulmões ainda estão em desenvolvimento. Os efeitos, mas comuns são reduzir a função pulmonar, dificulta a respiração profunda e vigorosa, e afetar as células que recobre os pulmões.

Estes mesmos estudos, segundo a mesma a guia, sugerem que se este tipo de inflamação ocorrer frequentemente, o tecido pulmonar pode chegar a ter cicatrizes permanentes e a função pulmonar pode ser permanente reduzida, também faz que o pulmão seja mais suscetíveis as infecções, o ozônio diminui as defensas dos pulmões afetando as células que movem as partículas e as baterias das vias respiratórias e por reduzir a eficácia de glóbulos brancos.

Uma exposição prolongada na atmosfera poluída está associada a doenças pulmonares e vasculares de acordo com Saldiva et al., (1994), além disso, no mesmo artigo diz que as inflamações do epitélio e endotélio pulmonares são o efeito da exposição de estar numa atmosfera poluída que acaba afetando as vias aéreas e vasculares.

Wark & Warner, (2005) evidenciaram que várias espécies de animais, incluindo os seres humanos, possuem brônquio-constricção ante o SO₂. Este efeito sob os brônquios pode ser validado em termos de um ligeiro aumento na resistência à condução de ar, devido à diminuição do batimento ciliar (Tromp, 1980). Muitos

indivíduos mostraram uma reação ao SO₂ a concentração de 5ppm o maiores e alguns indivíduos sensíveis mostram ligeiros efeitos a 1 ou 2 ppm. O ácido sulfúrico é um irritante muito potente para o homem que o dióxido de enxofre. Segundo a guia de qualidade do ar da OMS (2005), os estudos controlados realizados com asmáticos que faziam esportes indicaram que alguns de eles experimentaram mudanças na função pulmonar por períodos de exposição de apenas 10 min.

Segundo Wong et al (2002), estudos de séries temporais de morbidade por doenças cardíacas em Hong Kong e Londres, não houve efeitos na saúde com concentrações durante 24h da ordem de 5-50µm/m³. Pope et al(2002), no estudo da Sociedade Americana de Câncer, observou-se uma associação significativa entre o SO₂ e a mortalidade para a coorte de 1982- 1988 em 126 zonas metropolitanas dos EUA, nas que as concentrações foi de 18µg/m³ e a média mais alta foi de 85 µg/m³.

Ainda de acordo com os índices de qualidade do ar da EPA (2009), as pessoas com asma na maioria dos casos são as mais propensas a experimentar efeitos do enxofre e há má limpeza do muco pulmonar. O principal efeito já falado a brônquio-constricção, o qual pode levar acompanhada de sibilos no peito e dificuldade para respirar.

O dióxido de nitrogênio, NO₂, atua como um forte irritante e a iguais concentrações é mais danoso que o NO, no entanto, nas concentrações encontradas na atmosfera o NO₂ é só potencialmente irritante e potencialmente relacionado com a fibrose pulmonar crônica, também tem associado um aumento da bronquite das crianças de 2 a 3 anos de idade em concentrações por baixo de 0,01ppm Wark & Warner,(2005).

Segundo a Guia de qualidade do ar da OMS, os estudos experimentais realizados com animais e com pessoas indicaram que o NO₂ em concentrações de curta duração superiores a 200µg/m³ é um gás tóxico com efeitos importantes na saúde. Em outros estudos também foram estabelecidos na guia da OMS, experimentos onde a capacidade destes gases na toxicologia humana de curta duração tem sido

relatados efeitos agudos na saúde a exposição à concentrações de mais de $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 durante 1h.

Embora os níveis, mas baixo de exposição ao NO_2 que a mostrado em efeito direto na função pulmonar dos asmáticos em mais de um laboratório foi de $560\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estudos feitos acima da capacidade de resposta bronquial em os asmáticos parecem indicar que aumenta com os níveis superiores a $200\mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.2 Tempo - conforto térmico e saúde.

A variabilidade do tempo e clima são igualmente fatores de risco para a mortalidade e morbidade, onde há muitos estudos feitos que apresentaram a relação entre as variáveis ambientais especialmente a temperatura do ar. Por exemplo, McGregor (2005) encontrou que em invernos com altos valores de mortalidade mostram uma associação com a oscilação do atlântico norte (NAO) em sua fase negativa.

De acordo com Tromp (1980) a maioria das doenças do homem está ligada aos estímulos externos, tanto indiretamente como até a mesma causa do dor, a maioria das infecções e dos fatores meteorológicos que podem gerar das doenças flutuam de acordo com os meses do na. Há doenças ligadas aos extremos de calor e frio, stress por frio e doenças relacionadas à umidade e ao vento.

De acordo com Tromp (1980), quando a temperatura do corpo aumenta devido a influências externas o corpo retira a energia excedente para sua evaporação por mecanismos de resfriamento. Igualmente quando a temperatura do corpo diminui os termorreguladores atuam para aumentar a temperatura corporal a traves da vaso constricção e do tiritar. Estes fatos procuram obter o ponto de conforto térmico, ponto que representa a temperatura para o qual o corpo encontra-se em equilíbrio térmico.

Além das temperaturas baixas as extremamente altas são também perigosas para a saúde do homem de acordo com Petersdof (1991). Kunst et al (1993) estudaram

a relação entre a temperatura externa e a mortalidade, os resultados apresentaram que a exposição ao frio e ao calor tem um importante efeito direto sob a mortalidade diária, mas a maior parte da mortalidade associada ao frio e ao calor tem lugar na semana seguinte à mudança de temperatura inclusive o efeito do frio sob a mortalidade pode se manter até 15 dias depois da exposição, o calor por enquanto apresenta um efeito mais imediato concentrado nas 48 horas depois.

Também em Atenas, Pavios et al 2007 examinaram os efeitos em curto prazo dos diferentes tipos de massas de ar. Ele encontraram que a maior mortalidade diária é caracterizada pelas condições de vento do sul tanto para dias frios como para os dias quentes e não apresentando um retardo entre a exposição e o evento de mortalidade

Nastos & Matzarakis (2012), em Atenas, Grécia, revelaram que existe uma clara relação entre a temperatura do ar e os índices de conforto térmico sob a mortalidade diária nessa cidade, além dessa relação um retardo significativo de 3 dias (*lag 3*) foi encontrado para o período frio e um retardo de 1 dia (*lag 1*) para um período quente.

Outro estudo de (Nastos & Matzarakis, 2006) mostrou que a influência da temperatura do ar e a umidade absoluta em doenças em alguns eventos tem um *lag* de 2 semanas em relação a um tempo frio e que um vento forte é precedente aos picos de consultas hospitalar.

Jamason et al. (1997) fizeram uma avaliação sinóptica em referência às admissões no hospital em relação ao asma, onde encontraram que o impacto varia sazonalmente tendo mais impacto do tempo no asma durante o outono e o inverno na cidade de Nova York.

Em São Paulo, Gonçalves et al.(2005) em um estudo de 2 anos através de análise de componentes principais, apresentam a partir de um estudo detalhado das condições sinópticas durante o período, que sistemas pré frontais (PF) associados com tempo quente e seco propiciam uma diminuição da morbidade respiratória enquanto que sistemas pós frontais ou seja frio e úmido tem um aumento nessas doenças respiratórias para crianças dessa cidade.

Um estudo que procure relacionar as condições ambientais externas (qualidade do ar e variáveis meteorológicas) e internas (temperatura e conforto térmico) considerando diferentes tipos de casas para crianças torna-se muito importante para procurara relações com o chiado.

O clima interior também influencia de maneira direta a saúde humana Spengler et al. (1994) por exemplo mostra que os países mais industrializados apresentam uma relação maior entre a umidade e temperatura contra a doenças sob crianças.

Yamamoto et al. (1993) estabelece que existe uma relação entre a incidência de doenças sibilantes em crianças e que estão associadas as variações sazonais das condições atmosféricas.

Em relação ao conforto térmico a ASHRAE (Sociedade Americana de Saúde, Engenharia de Refrigeração e Ar Condicionado), instituição de referência quando se trata de condições para conforto térmico, estipulou padrões nacionais para a ocupação humana em ambientes internos.

Tal padrão descreve baseado em experimentos zonas de neutralidade térmica. A proposta é especificar uma combinação entre um ambiente indoor e fatores pessoais, que possam produzir condições termicamente aceitáveis ocupantes de um determinado lugar ASHRAE, (1985).

Viamont (1996) em Cochabamba Bolívia verificou a qualidade do conforto térmico de habitações populares em um assentamento. O efeito da temperatura externa foi estudado nas casas para determinar parâmetros ótimos de conforto e padrões de construção, visando reduzir o desconforto provocado por altas e baixas temperaturas de ar

1.4. Estudo das vias aéreas respiratórias.

A deposição dos aerossóis é prejudicial para a saúde humana. Geralmente, a gravidade está relacionada com a dimensão dos aerossóis. A eficiência de deposição de partículas finas aumenta à medida que o tamanho de partícula é menor e atinge até 40% de partículas de 0,01-0,005 μm de diâmetro a 20 L min^{-1} de fluxo inspiratório. Com relação à absorção de SO_2 pode chegar a 99% de eficiência. A maioria das partículas de menos do 0,01 μm de diâmetro chega na região nasal, por isso a deposição é muito menor no trato respiratório inferior Cheng et al. 1988) .

Um estudo mostrou que as vias aéreas nasais e orais, sendo o primeiro a experimentar a deposição de partículas, têm um efeito muito significativo sobre os pulmões. Quanto maior for a superfície, quanto menor for a secção transversal e uma maior complexidade das vias aéreas, a uma maior deposição de partículas ultrafinas, em vias extratorácicas Cheng et al., (1996).

Através de equações empíricas, um estudo mostrou que a deposição de partículas ultrafinas de 0,6 a 200 nm na cavidade nasal é independente das dimensões da cavidade nasal e da idade do indivíduo Swift et al.(1992).

Vários autores tentaram desenvolver modelos de deposição de partículas nos pulmões. (Koblinger & Hofmann, 1990) desenvolveram um modelo estocástico de deposição de partículas nos pulmões usando vários parâmetros, tais como o número de ramos dos brônquios e do diâmetro dos mesmos. O modelo simulou a deposição aleatória de aerossóis a partir de medições da árvore brônquica (Monte Carlo Modeling).

Objetivos

Objetivo Geral

Estudar os efeitos das condições ambientais nas doenças respiratórias em crianças menores de 2 anos na Grande São Paulo, no período 2003 – 2006.

Objetivos Específicos

- 1. Analisar os casos sob problemas respiratórios para crianças menores de 2 anos para casas pré-determinadas de diferentes tipos construtivos.**
- 2. Avaliar os efeitos das condições meteorológicas no período estudado 2003-2006.**
- 3. Determinar as condições de conforto térmico interno e externo na RMSP no período de 2003 – 2006.**
- 4. Analisar os possíveis impactos da poluição do ar no desenvolvimento de chiado.**
- 5. Determinar a deposição de partículas no sistema respiratório em crianças.**

Para atingir os objetivos desta tese, o trabalho é dividido em duas (2) grandes partes:

- a) análise geral das variáveis do estudo a partir dos dados meteorológicos, de qualidade do ar, temperatura interna das casas, índices de conforto térmico, deposição de partículas no sistema respiratório e doses depositadas de material particulado, para satisfazer os objetivos 1,2,3 e 5.
- b) estudos de caso de eventos escolhidos a partir de a), com intuito de satisfazer os objetivos enumerados acima.

CAPÍTULO 2

Metodologia

Neste capítulo são apresentados os dados, localização da área de estudo e as análises feitas. Na primeira parte uma análise geral que engloba os dados do projeto Chiado, dados dos poluentes atmosféricos, dados das condições meteorológicas na RMSF e uma Análise do conforto térmico exterior e interior das residências (com ajuda do programa Termicus), todos para o período 2003-2006.

Seguidamente uma análise de partículas no sistema respiratório através de: Simulação com Particulate *dosimetry model* (MPPD) e a Determinação da dose total de deposição de partículas no trato respiratório (RDD).

Finalmente são apresentados estudos de casos considerando: Análise estatística para escolha dos estudos de casos, a partir deste resultado foram feitas as: Análise das condições sinópticas, Análise das condições de poluição do ar a uma Análise das doses total depositada no trato respiratório (RDD)

2. 2.1 DADOS E MÉTODOS

A presente tese foi feita com dados do projeto Chiado, da estação meteorológica do IAG USP e da CETESB.

O projeto “Poluição ambiental urbana e outros fatores relacionados à ocorrência de chiado na Infância: Um estudo de Coorte na Cidade de São Paulo: Projeto CHIADO”. Foi um projeto feito entre os anos 2003 e 2006, coordenado pela Faculdade de Saúde Pública (FSP) e com participação do Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) e a Faculdade de Medicina (FM) todas da Universidade de São Paulo (USP).

O objetivo geral do projeto foi “ Estudar a influência da poluição gerada pelo tráfego de veículos, e sua interação com a exposição precoce a condições meteorológicas e ambientais intra-domiciliares adversas, no desenvolvimento das doenças sibilantes, alergia e sensibilização atópica em crianças com histórico familiar de asma e residentes no Município de São Paulo.

Alguns objetivos do projeto foram: Estimar o efeito da exposição à poluição atmosférica relacionada ao tráfego de veículos no desenvolvimento e recorrência de doenças sibilantes, alergia e sensibilização atópica em crianças com história familiar de asma.; Estimar o efeito da exposição à poluição atmosférica intra-domiciliar no desenvolvimento e recorrência de doenças sibilantes, alergia e sensibilização atópica em crianças com história familiar de asma; Estimar o efeito da variação rápida de temperatura e umidade intra-domiciliar no desenvolvimento e recorrência de doenças sibilantes.

Neste estudo de coorte, médicos pediatras acompanharam a recém nascidos, filhos de mães com histórico de asma ou alergia. Consultas mensais até os 6 meses de idade, bimestrais até 1 ano de idade e consultas trimestrais até os 2 anos de idade. As crianças que apresentaram episódios de chiado eram examinadas em períodos diferenciados.

Um caderno foi dado a cada mãe que aceitassem participar do projeto, nesse caderno eram agendadas as consultas e exames e registros de intercorrências de saúde onde a criança tenha apresentado as mesmas com datação de finais de semana, feriados, ou quando procurou outro serviço médico. Foram feitas visitas domiciliares periódicas, para aplicação de questionários e coleta de amostras para avaliação do ambiente da casa.

Padrões construtivos das casas de cada criança foram registrados em formulários específicos mediante encostadores, medidas da iluminação natural, orientação solar, umidade das paredes e piso foram coletadas.

Possíveis fatores de confusão também foram coletados como: histórico familiar de asma, condição socioeconômica, imunização, aleitamento materno, abastecimento de água, saneamento, aglomeração no domicílio, frequência de creche e tabagismo na família por meio de questionários.

Esta coorte foi constituída por 900 recém-nascidos, estratificados de acordo com a localização de suas residências em relação à densidade do tráfego e história de asma da mãe (áreas com tráfego intenso 450, sendo 350 crianças com história de mãe asmática e 100 crianças sem essa história; áreas com tráfego local 450, sendo 350 crianças com história de mãe asmática e 100 crianças sem essa história). O recrutamento foi realizado em maternidades públicas do Município de São Paulo, localizadas em áreas onde existem estações da CETESB para monitoramento da qualidade do ar (Projeto Chiado 2003).

2.1 Dados

Os dados são divididos em 3 grandes grupos:

Grupo 1: Dados de poluição do ar

- a) Dados de qualidade do ar: Dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) de poluição do ar (ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), óxido de nitrogênio (NO), monóxido de carbono (CO), material particulado fino ($MP_{2.5}$), material particulado grosso (MP_{10}) e dióxido de enxofre (SO_2) para o período 2003-2006.
- b) Dados de material particulado: concentração de material particulado para distintos diâmetros médios obtidos através de campanhas da LAPAT IAG USP para o período 2006.

Grupo 2: Dados meteorológicos

c) Dados da estação meteorológica do IAG USP: Temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica e vento para o período 2003-2006.

d) Dados da *National Oceanic atmospheric administration* (NOAA):

- Pressão ao nível do mar

– umidade relativa e vento ao nível do mar e o nível de 850hPa.

Grupo 3: Dados do projeto Chiado

e) Dados das casas: São dados das características construtivas das casas das crianças que participaram do projeto Chiado, fornecido pela FSP-USP como: quantidade de crianças com chiado, temperatura interna das casas, características construtivas das paredes, teto e solo, datas do evento de chiado para cada criança.

Tipos construtivos metodologia

No projeto Chiado, as residências foram divididas em 12 tipos em função do material de construção nas paredes, no forro e na cobertura: para o tipo de material das paredes foi aquele material que tinha mais da metade presente na parede, o tipo de forro e cobertura; refere-se ao material que estava na habitação da criança.

Segundo Cardoso (2007), a casa tipo 1 é caracterizada por apresentar cobertura com fibrocimento sem forro e parede de madeira, a casa tipo 2 apresenta a mesma cobertura e forro mas a parede é de bloco de concreto, a casa tipo 3 a mesma cobertura e forro mas com parede de tijolo de barro queimado.

De acordo com este mesmo autor, a casa tipo 4 apresenta a cobertura e forro com telha de cerâmica sem forro ou fibrocimento + forro de madeira com parede de madeira, a casa tipo 5 a mesma cobertura e forro mas com parede de bloco de concreto e a casa tipo 6 mesma cobertura e forro mas com parede de tijolo de barro queimado.

Igualmente, de acordo com Cardoso (2007), a casa do tipo 7 está caracterizada por ter concreto sem forro na cobertura, bloco de concreto nas paredes, do tipo 9 apresenta telha de cerâmica + forro de madeira ou fibrocimento + forro de concreto na cobertura na cobertura e forro, nas paredes bloco de concreto e finalmente a casa do tipo 11 apresenta na cobertura e forro telha de cerâmica + forro de concreto e nas paredes bloco de concreto. Fazendo uma análise do tipo de casa que apresentaram os maiores de casos de chiado (casas tipo 7,9 e 11), a casa do tipo 7 é a casa com piores condições construtivas em relação aos demais tipos de casa, e a casa do tipo 11, por sua vez, a melhor entre os 3 tipos de casa. Os demais tipos de casas não foram consideradas por apresentar menos casos de chiado.

2.2 Métodos utilizados

Para atingir os objetivos desta tese, o trabalho é dividido em duas partes, citadas acima: a) a análise geral das variáveis do estudo a partir dos dados meteorológicos, de qualidade do ar, temperatura interna das casas, índices de conforto térmico, deposição de partículas no sistema respiratório e doses depositadas de material particulado b) os estudos de caso para as datas escolhidas.

2.2.1 Primeira parte: Análise Geral

Na primeira fase de estudo foi feita análise geral dos dados de chiado, descrição geral dos poluentes e da meteorologia, com as respectivas análises de casos de chiado em relação as variáveis ambientais, análise do conforto térmico exterior, condições internas da casa e análise de deposição de partículas no sistema respiratório.

Análise dos dados do projeto chiado

- Identificação dos casos de chiado para os anos 2003, 2004, 2005 e 2006.
- Análise da variabilidade anual dos casos de chiado para os anos 2003, 2004, 2005 e 2006
- Análise da variabilidade mensal dos casos de chiado.
- Análise dos casos de chiado por tipo construtivo de casa.

a) Descrição geral dos poluentes do ar para o período 2003 até 2006 da CETESB.

Descrição da série temporal dos dados de poluição do ar para o período das seguintes variáveis:

- Dióxido de nitrogênio (NO_2),
- Monóxido de carbono (CO),

- Ozônio (O₃),
- Material particulado.

Os dados de qualidade do ar são os correspondentes a estação do Parque Ibirapuera como mostra a figura 2 por estar localizada no centro de Cidade de São Paulo e ser a estação com maior quantidade de dados para o período 2003-2006.



Figura 2. Distribuição das estações de qualidade do ar da CETESB. Fonte: CETESB.

b) Descrição das condições meteorológicas na RMSP

Nesta seção é analisada a variação mensal da temperatura média e mínima do ar para os anos 2003 até 2006.

c) Descrição dos casos de chiado frente às variáveis ambientais

A descrição dos chiado em relação as demais variáveis foi feita através da matriz de correlação.

Para obter a relação entre os tipos de casas e os chiado foi feito

- Avaliação da média de chiados nas crianças de acordo ao tipo de casa onde moram.
- Elaboração de uma tabela de contingencia de dupla entrada entre tipos de casas e número de chiados.
- Determinação do coeficiente de correlação de *Spearman* para determinar a força da relação entre as variáveis.

d) Análise do conforto térmico exterior

Na biometeorologia humana, o estudo do conforto térmico é um dos seus objetivos principais. Este conforto é gerado pela combinação de fatores ambientais, psicológicos (perguntas de estado de bem estar) e fisiológicos.

As principais variáveis climáticas para determinar o conforto térmico estão relacionadas à meteorologia como: temperatura, umidade relativa, radiação solar incidente e vento. Outras variáveis também importantes são as atividades das pessoas relacionadas ao nível de metabolismo, tipo de vestimenta, aclimatação, idade, sexo.

Por outra parte, as exigências dos humanos dependem de seu funcionamento, comparando com uma máquina térmica que libera e absorve calor para manter 37 °C de temperatura corporal.

Os índices biometeorológicos representam valores que integram variáveis meteorológicas através de equações analíticas as quais estimam o estresse térmico. Em Tromp 1980, observam-se vários índices de conforto térmico propostos por vários pesquisadores: Índice de temperatura efetiva (Jaglou et al 1932); índice de temperatura radiação- convecção (Vernon, 1930); índice de temperatura resultante (Missenard 1948); índice de desconforto ou índice de calor excessivo por estresse (Thom e Bosen 1957); índice de calor por estresse (Belding e Hatch 1955) e índice de temperatura equivalente desenvolvido por Dufton em 1932 entre outros.

Os índices de conforto térmico avaliados neste trabalho são baseados no índice de temperatura efetiva (TE) para ambientes externos, proposto por Missenard (1937), e usado por Nedel (2008) em que a T é a temperatura do ar e a umidade relativa UR e é expressado pela equação 1, no qual T e TE está em graus Celsius e a umidade relativa em porcentagem.

$$TE = T - 0,4 \left[\left(1 - \frac{UR}{100} \right) (T - 10) \right]$$

Equação 1. Índice de temperatura efetiva TE proposto por Missenard em 1973

Os cálculos dos índices foram feitos para as seguintes combinações:

- TE1 temperatura máxima e umidade máxima, ou seja, dias quentes e úmidos,
- TE2 temperatura máxima e umidade mínima, ou seja, dias quentes e secos,
- TE3 temperatura mínima e umidade máxima, ou seja, dias frios e úmidos,
- TE4 temperatura mínima e umidade mínima, ou seja, dias frios e secos, para poder classificar as condições de conforto na cidade de São Paulo serão utilizadas as condições estabelecidas por Franger (1972).

e) Condições internas das casas

A análise das condições internas das casas consideram dados de temperatura interna e as condições de conforto térmica dentro da casa.

Termicus é um programa desenvolvido pelo grupo de Pesquisa Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (Labout) da Faculdade de Urbanismo e Arquitetura da USP no ano 2010. É um programa que gera as condições de temperatura interior de uma casa, ele estabelece o conforto térmico da casa, períodos de sombreamento na janela, gera um diagnóstico térmico com ventilação natural, além disso, pode gerar temperatura efetiva exterior, variação da temperatura do ar interior consumo de energia elétrica mensal estimada do ar condicionado, ganhos e perdas de calor e temperatura do ar interior.

Os cálculos do programa tem como dados de entrada condições construtiva das casas (tipo de teto, parede, chão, vidros, dimensões, atividades realizada, número de pessoas por quarto), as condições climáticas da região e a incidência de radiação solar.

f) Deposição de partículas no sistema respiratório

O impacto do material particulado no sistema respiratório é feito através de duas partes, a primeira analisa a deposição de partículas no pulmão e por lóbulos, a segunda parte estuda a dose de deposição de partículas no sistema respiratório.

1. Simulação com *Multiple path Particulate dosimetry model* (MPPD)

O MPPD desenvolvido pela *Chemical Industry Institute of Toxicology* (CIIT, atual *The Hamner Institutes for Health Sciences*) e *Dutch National Institute for Public Health and the Environment* (RIVM) e calcula a deposição e remoção de aerossóis mono e polidispersos no trato respiratório para humanos adultos, além disso, pode calcular a deposição de aerossóis que vão do ultrafino ($0,01\mu\text{m}$) até o grosso ($20\mu\text{m}$) em crianças,

O modelo tem duas opções de análise: método de caminho simples e o método de múltiplos caminhos para a deposição de partículas.

O método de caminho simples calcula as deposição num caminho típico por geração das vias aéreas, embora o método de múltiplos caminhos determine a deposição de partículas em todas as vias aéreas do pulmão e fornece informações específicas lobares e específica das vias aéreas. Dentro de cada uma das vias aéreas, a deposição é calculada usando as eficiências teoricamente derivadas para a deposição por difusão, sedimentação e impactação dentro da bifurcação da via aérea. Filtração de aerossóis através da cabeça é determinada o uso de funções de eficiência empíricas.

A remoção de partículas é feita pelas vias aéreas mucociliar nas vias aéreas de condução. Na região alveolar para os seres humanos, o modelo de três compartimentos é selecionado para cada região acinar.

Koblinger & Hofman (1980) desenvolveram os três modelos morfométricos idealizando a geometria do pulmão humano adulto. O primeiro usa uma geometria simétrica para todo o pulmão. A segunda opção captura variação estrutural lobar, mas trata a geometria interior de cada lobo pulmonar de forma simétrica. A terceira opção calcula a deposição de partículas em um modelo assimétrico da região traque-bronquial (TB) criado por (Koblinger & Hofmann, 1990)

Geometrias pulmonares específicas por idade, representando 10 diferentes idades a partir de três meses até 21 anos também são fornecidos. Um modelo idealizado simétrico de caminho único, bem como um modelo de caminho múltiplo simétrico 5-lobo está disponível para usar com cada definição de idade.

As estruturas pulmonares específicas por idade são baseados em dados de Mortensen et al (1983,1988).

As características das partículas de entrada, os parâmetros dos cenário de respiração, da capacidade residual funcional (CRF) e o volume do trato respiratório superior (TRS).

Os resultados são fornecidos em formatos gráficos e textuais. Os resultados da simulação são fornecidos para o total, regional e deposição lobar, e como uma função do número de geração das vias aéreas.

Um recurso avançado que explora plenamente as características do formalismo de caminho múltiplo é fornecido para o pulmão de rato e pulmão estocástico humano. Esta característica fornece um histograma da distribuição da frequência dos ácidos (que representam o lugar onde ocorre intercambio de gases) como uma função da fracção de deposição.

Esta versão do software inclui cálculos de remoção de partículas no pulmão após a deposição. Dois tipos de parcelas de apuramento estão disponíveis: A quantidade por dia durante a pós-exposição e a retida em massa nas regiões traqueobrônquicas, pulmonar e linfonodos durante a exposição e pós-exposição.

Os cálculos podem ser feitos para aerossóis polidispersos, monodispersos ou distribuição lognormal. Além disso, os cálculos também podem ser realizados para os tamanhos de partículas monodispersas variando ultrafino até o grosso, de modo que um lote de deposição versus tamanho de partícula pode ser obtido.

Vários padrões respiratórios podem ser simulados: endotraqueal, nasal, oral e nasal ou oral combinado (oral-nasal). O cenário de exposição pode ser constante ou variável. Para o cenário variável, o usuário pode especificar diferentes padrões respiratórios numa base horária durante o dia ou atividade, padrões para tempo variável.

O modelo apresenta 2 opções para a modelagem com idade específica

- Modelo simétrico com idade específica

Se esta opção for escolhida, o software utiliza, ramificação da árvore simétrica modelo único caminho dicotômico. Esta opção calcula a deposição de partículas em crianças e adultos jovens. Estruturas pulmonares simétrica específica para a idade baseiam-se nos dados de Mortensen et al (1983, 1988).

Quando a opção é chamada, uma caixa de diálogo permite a seleção entre as 10 estruturas pulmonares. O tamanho e estrutura da árvore são dependentes da idade da criança ou jovem adulto (atualmente, as idades de 3, 21, 23 e 28 meses e 3, 8, 9, 14, 18 e 21 anos estão disponíveis).

Modelo de 5 lóbulos com idade específica

Se esta opção for escolhida, o software usa uma ramificação simétrica de 5-lobulos, mas estruturalmente diferentes, pulmão semelhante à do modelo específico do lobar 5-lobo. Esta opção calcula a deposição de partículas em crianças e jovens adultos.

Estruturas pulmonares 5 lóbulos específicos para a idade são baseados nos dados de Mortensen et al (1983, 1988). Quando a opção é escolhida, uma caixa de diálogo permite a seleção entre as 10 estruturas pulmonares. O tamanho e estrutura da árvore dependem da idade da criança ou jovem adulto (atualmente, as idades de 3, 21, 23, e 28 meses e 3, 8, 9, 14, 18 e 21 anos estão disponíveis).

Os parâmetros necessários para gerar cenários de deposição de partículas são

Tabela 6. . Parâmetros para a simulação de deposição de partículas. Fonte: Mortensen 2983.

apresentados na tabela 5.

Age	FRC, ml	URT volume, ml	Breathing frequency, min ⁻¹	Tidal volume, ml	Minute ventilation, l/min
3 month	27.36	2.45	39	30.44	1.19
21 month	64.46	6.52	28	81.22	2.27
23 month	78.45	6.94	27	86.79	2.34
27 month	100.67	7.92	26	100.1	2.60
3 years	95.43	9.47	24	121.3	2.91
8+ years	437.34	21.03	17	278.2	4.73
9+ years	513.12	22.44	17	295.8	5.03
14 years	881.47	30.63	16	388.1	6.21
18 years	1,935.34	37.38	15	446.7	6.70
21 years	1,854.54	42.27	14	477.2	6.68

2. Dose total de deposição de partículas no trato respiratório (RDD).

A determinação da dose total de deposição de partículas no trato respiratório é feita através das equações propostas por (Kumar, Rivas, & Sachdeva, 2017).

$$RDD = (VT \times f) \times DF_i \times PM_i$$

Equação 2. Dose total de deposição de partículas no trato respiratório (RDD). Fonte: Kumar (2016).

Onde VT é o volume tidal, f é a frequência típica de respiração (por minuto), DF_i é a fração de deposição de uma fração de tamanho e PM_i é a concentração mássica para distintas frações de tamanho obtidos através de campanhas LAPAT IAG USP.

A fração de deposição de uma fração de tamanho é determinada pela equação:

$$DF = IF \left(0.0587 + \frac{0.911}{1 + \exp(4.77 + 1.485 \ln d_p)} + \frac{0.943}{1 + \exp(0.508 - 2.58 \ln d_p)} \right)$$

Equação 3. Fração de deposição de uma fração de tamanho.

A fração de inspiração é determinada pela equação:

$$IF = 1 - 0.5 \left(1 - \frac{1}{1 + 0.00076 d_p^{2.8}} \right)$$

Equação 4. Concentração mássica para distintas frações de tamanho.

2.2.2 Segunda parte: Estudos de caso

Na segunda parte são apresentados 4 estudos de caso em função das datas em que se observaram maior número de chiados. Analisando: condições meteorológicas, de poluição do ar e as doses total depositada no trato respiratório (RDD).

a) Condições sinópticas

Os fenômenos atmosféricos por conveniência são divididos por escalas de tempo e também em escala sinóptica. Esta última foi a escolhida no projeto por que são observadas fenômenos tais como frentes frias. Os dados necessários para gerar as cartas sinóticas destes fenômenos são os seguintes:

- **Superfície:** carta de pressão ao nível do mar e com diferentes espessuras a partir da superfície para o nível de superfície com resolução de 1°.

Através das cartas sinópticas é feita a análise das condições nas datas selecionadas, o objetivo deste análise é identificar os fenômenos que possam representar um fator de risco no desenvolvimento de Chiado em crianças para RMSP.

Os dados utilizados foram da Reanálise 2 do NCEP/NOAA (*National Center of Environmental Prediction, National Oceanic and Atmospheric Administration*). Todas as cartas foram geradas com auxílio do software Grads.

b) Condições de poluição do ar

As condições de qualidade do ar são descritas através dos dados da Rede de monitoramento da CETESB, considerando a distribuição geográfica das residências participantes do projeto Chiado e a quantidade de dados coletados, a estação Ibirapuera foi a estação selecionada para fazer uma descrição geral do comportamento dos poluentes para o período entre 2003 e 2006.

Cada poluente analisado possui um comportamento anual, sazonal e finalmente diário. Alguns destes períodos foram selecionados (datas específicas onde o número de eventos de chiado foi maior) para este estudo.

A concentração dos poluentes é monitorada pela CETESB diariamente e também a cada hora para: material particulado, ozônio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio em tanto que o material particulado fino, onde na época, era medido uma vez por semana.

Os valores medidos são comparados com os padrões Nacionais de qualidade do ar.

c) Dose total depositada no trato respiratório (RDD)

Foram determinadas as dose totais de deposição de partículas para as crianças considerando dados de: diâmetro médio das partículas, frequência de respiração e volume tidal do pulmão em acordo com a tabela 5. As doses máxima e mínima estão referidas aos valores máxima e mínimo de concentração. Em relação aos diâmetros médios utilizados nesta análise de RDD, os seguintes valores obtidos pelo LAPAT da IAG USP em 2006, aqui considerado foram: diâmetros médios de 10; 5,6; 3,2; 1,8; 1; 0,56;0,32;0,18;0,1 e 0,06 μm .

CAPÍTULO 3 **RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados todos os resultados das análises das condições ambientais de poluição e das condições meteorológicas. Na primeira parte apresentam-se as condições gerais de: casos de chiado, poluição do ar, tempo e conforto térmico exterior, depois na seção 3.2 são apresentados as condições de temperatura interna e conforto térmico interno das casas, associados aos casos de chiado e problemas respiratórios, Na seção 3.3 são apresentados os estudos de caso relativos às condições sinóticas e qualidade do ar e por fim, em 3.4 o modelo pulmonar dosimétrico de partículas, igualmente associados aos casos de chiado e problemas respiratórios.

3.1 Resultados gerais.

São inicialmente apresentados resultados geral dos dados de chiado, das condições meteorológicas e de poluição do ar. Resultados da variabilidade de cada uma das variáveis e depois serão apresentados os estudos de considerando todas as variáveis.

3.1.1 Resultados de casos de chiado do Projeto Chiado

Casos de chiado

De acordo com o Projeto Chiado desenvolvido entre 2003 e 2006, foi encontrado o total de 483 episódios de chiado. Ressalta-se que nem todas as crianças apresentaram chiado, porém foram observadas neste trabalho crianças que apresentaram 1 até 14 episódios de chiado no período.

Na Figura 2, observa-se a distribuição anual dos casos de chiado, o ano 2003, apresentou 54 casos 11% do total de casos, em 2004 apresenta 156 casos representando 32%. Em 2005 apresentaram-se 185 casos representando 39% e, por fim no ano 2006, houve 88 casos representando 18% do total.

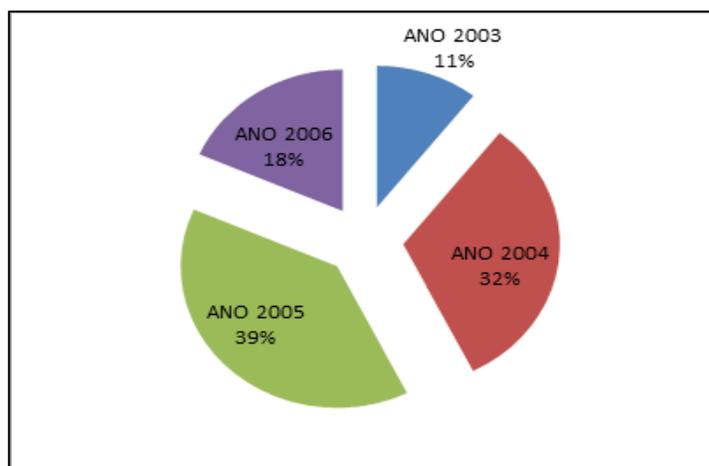


Figura 0.1. Distribuição anual de casos de chiado para o Projeto Chiado. Fonte: Projeto Chiado em Crianças de 0 a 2 anos.

Na Tabela 6 observa-se a distribuição de eventos de chiado por anos, 2005 foi o ano com maior número de chiados enquanto que o ano de 2003 representou o ano com menor número de eventos de chiado, durante o período estudado.

Ano	Quantidade	Taxa (%)	Varição
2003	54	11,1	-13,8
2004	156	32,29	7,2
2005	185	38,5	13,3
2006	88	18	-6,7
Total	483		
Média	120,75		

Neste ano de 2003, a distribuição de chiados de acordo com a Figura 3 é mais concentrada em outubro, na primavera. Ressaltando-se que neste mesmo ano a quantidade de casos é menor, a quantidade total de casos está 13,2% baixo da média do período.

Fazendo uma análise dos casos de chiado por mês e, para cada ano, temos que a Figura 3 apresenta os casos de chiado por mês para o ano de 2003. Nesta figura observa-se que o valor máximo de casos de chiado foi no mês de outubro, na primavera, e não no inverno correspondendo ao período mais frio, como deveria ser esperado, devido aos mínimos valores de temperatura.

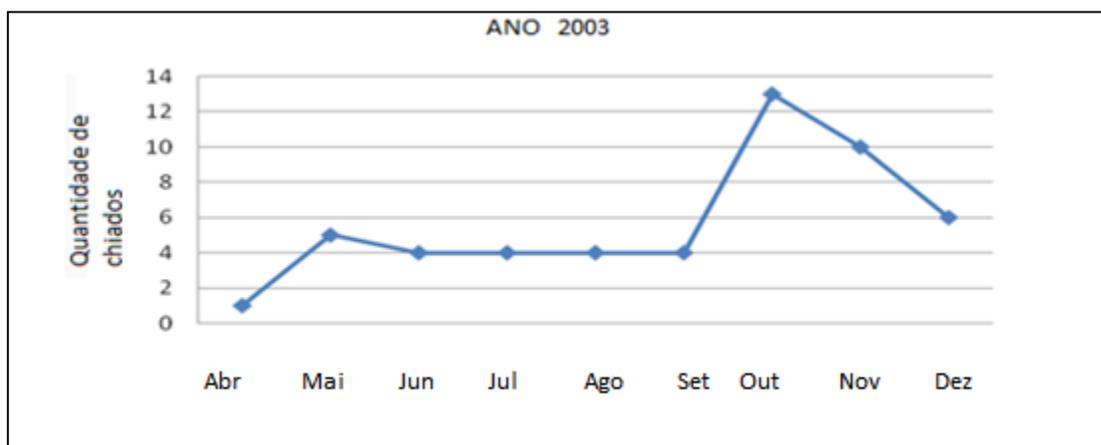


Figura 0.2. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2003. Fonte: Projeto Chiado.

No ano 2004, a distribuição de chiados de acordo com a Figura 4 é mais concentrada entre julho e setembro. Neste ano a quantidade de casos foi maior, em relação ao ano anterior (2003), a quantidade total de casos está 7,2% maior do que

todo período. Este também foi o ano mais frio da série, com média de 18,8°C, em contraste com 2003 e 2005, com médias de 19,5°C, respectivamente e, o ano de 2006 com 19,3°C. No outono, como muitos trabalhos já mostraram (por ex., Maia, 2002) tende a ter maior índice de chiados devido a entrada de fortes massas de ar polar em maio, e nos meses subsequentes. De acordo com a mesma figura no mês de junho de 2003 teve só a atuação de dois sistemas frontais na Regia Metropolitana de São Paulo MSP de acordo com Climanálise 2004, o que explicaria o fato de ter uma queda nos casos de chiado para o ano de 2004.

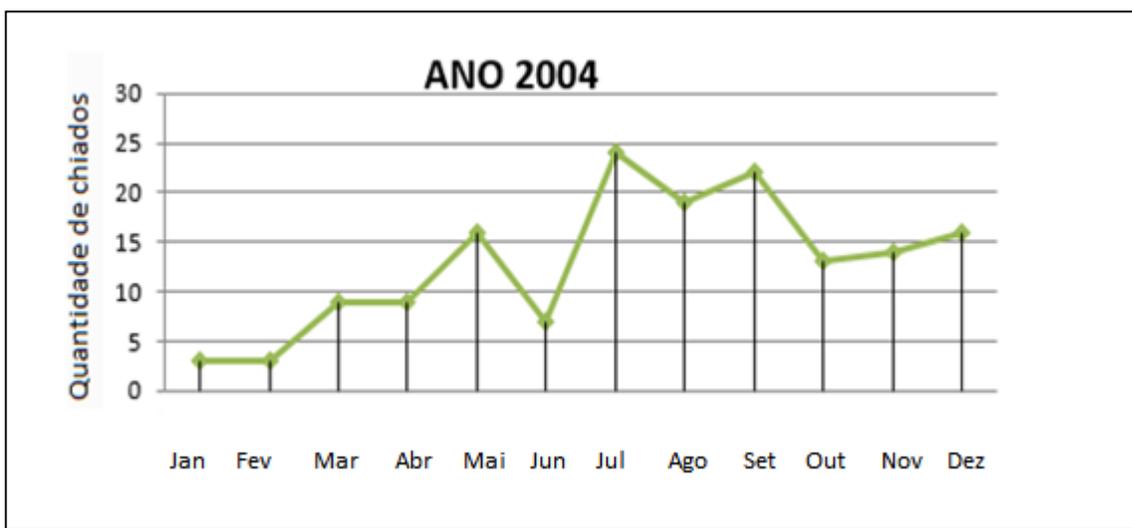


Figura 0.3. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2004. Fonte: Projeto Chiado.

O ano de 2005 foi ano com maior número de casos de chiado entre 2003 e 2006, 13,2% maior do que a média do período, os casos estão mais concentrados entre maio e junho (31% dos casos do ano), observa-se na Figura 5 um aumento entre janeiro até junho e logo depois uma diminuição até agosto. Após esta queda, em outubro se observa um segundo pico de casos (21) nesse ano, devido à já citada mudança de tempo neste período, com a maior entrada de frente frias neste período.

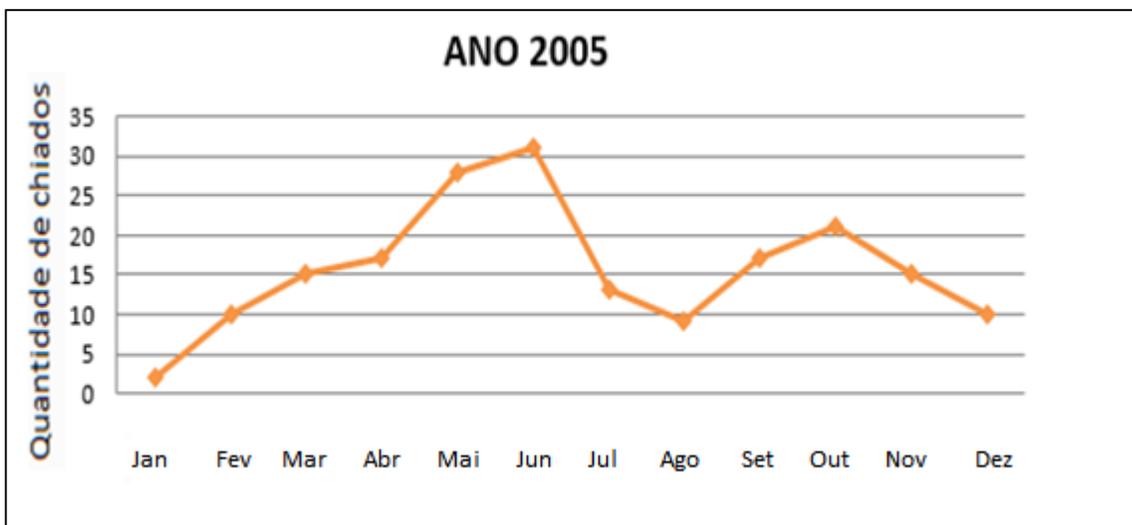


Figura 0.4. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2005. Fonte: Projeto Chiado.

Já para o ano 2006, observa-se na **Figura 6** que a maior concentração de casos de chiado foi no mês de julho e tendo um mínimo de casos no mês de junho. Neste ano a quantidade de casos é a segunda menor do período com somente 18% dos casos entre 2003 e 2006 e 6,7% menor que a média do período. Os dados são estudados até setembro devido ao fato que o projeto chiado foi até esse mês.

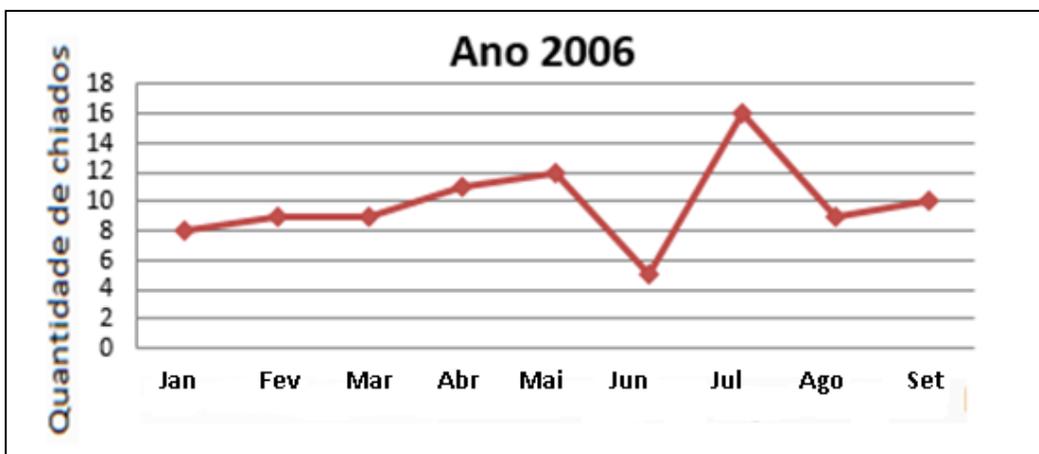


Figura 0.5. Distribuição de casos de Chiado para o ano 2006. Fonte: Projeto Chiado.

A **Figura 7** apresenta a distribuição mensal dos chiados para todo o período do projeto chiado. Observa-se que a distribuição de eventos de chiado muda com as estações, apresentando 13,6% no verão (DJF), 27,5% outono(MAM), 28,8% no inverno (JJA) e finalmente mais de 30% na primavera (SON). Nota-se que os meses de setembro e outubro possuem valores mais elevados de chiado que agosto, podendo ser um indicativo do número de frentes frias, mais elevado Da Rocha (2010) na primavera. Entretanto, destaca-se que o mês de maio, individualmente, foi o mês com maior número como outros trabalhos mostram (Maia, J.A., 2001).

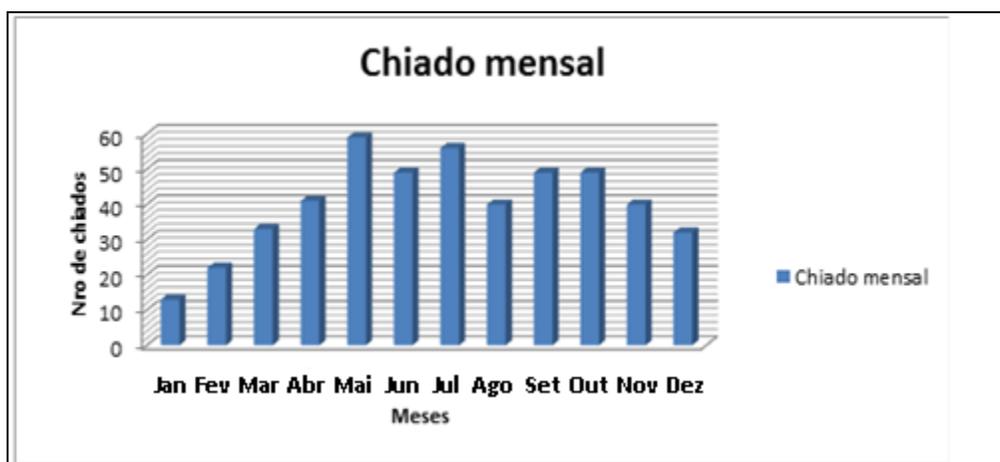


Figura 0.6. Distribuição mensal de chiado entre 2003 e 2006 para todas as crianças. Fonte: Projeto Chiado

Na **Tabela 7** e na **Figura 8** são apresentadas as distribuições de eventos de chiado em relação aos tipos construtivos de casa que foram consideradas no projeto Chiado, as casas construídas com os materiais do tipo construtivo 7, 11 e 9 (ver seção 2.4 na metodologia) são as que mais ocorrência de chiado apresentaram no período tendo mais de 61% dos casos (ver tabela) de chiado só nestes 3 (de 12) tipos de casas.

Analisando as características construtivas das casas e considerando as que mais casos de chiado apresentaram temos que as casas tipos 7, 9 e 11 não são as piores do ponto de vista do material (cobertura, forro e parede), este fato indica que as condições ambientais internas não são as principais causas dos eventos de chiado e por tanto as variáveis ambientais externas estariam mais associadas aos casos de chiado.

Tabela 3 Frequências de chiados com tipos de casas. Fonte: Projeto Chiado

Tipo casa	Frequência	%
7	107	22,1
11	106	21,9
9	85	17,5
2	49	10,1
12	42	8,6
6	24	4,9
3	19	3,9
5	15	3,1
8	14	2,8
10	12	2,4
1	10	2,0



Figura 8. Frequências dos tipos de casas dentro do Projeto Chiado. Fonte: Projeto Chiado

3.1.2 Descrição geral dos poluentes do ar para o período 2003 até 2006 da CETESB.

Devido à distribuição dos participantes do Projeto Chiado, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a estação de qualidade do ar instalada no centro da RMSP e a que apresentou maior quantidade de dados no período foi a Estação do Parque Ibirapuera segundo a **Figura 8**. Além disto, foi a única estação que registrou a concentração do material particulado fino (PM_{2.5}) e portanto, foi a estação escolhida.

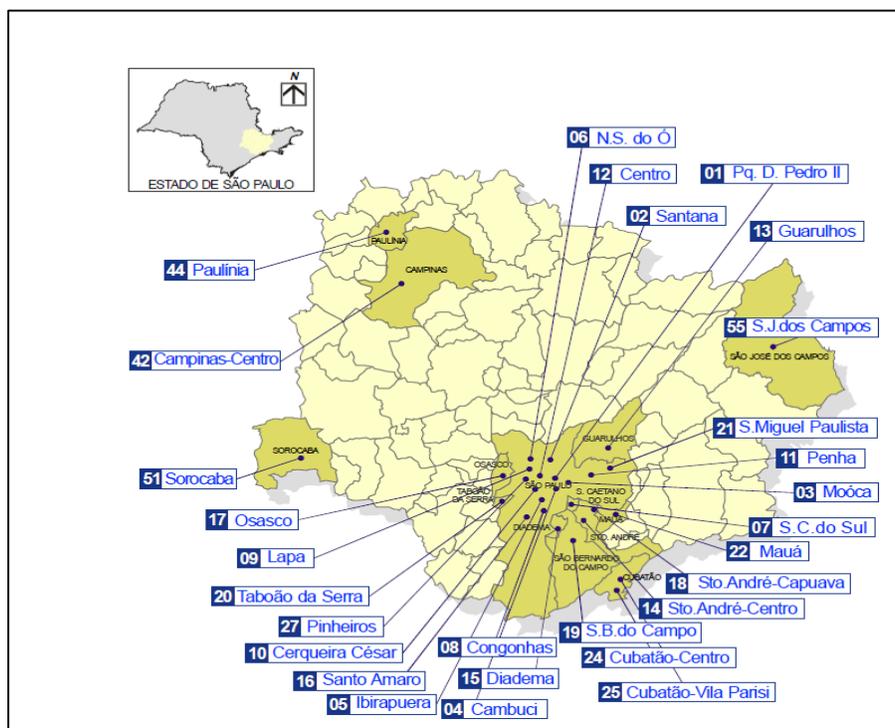


Figura 0.7. Distribuição espacial das estações de qualidade do ar da rede da CETESB. Fonte: CETESB.

As análises de dados de poluição do ar, para os eventos de chiado, começam com a caracterização temporal dos poluentes para um período de 4 anos, na Estação do Ibirapuera. Isto é feito para identificar se os poluentes apresentaram um comportamento sazonal no período e que a estabilidade da atmosfera é fundamental para o aumento ou diminuição da concentração do poluente, porém, uma atmosfera estável é caracterizada com ventos fracos que não ajudam à dispersão dos poluentes e nebulosidade quase nula que ajudam ao desenvolvimento de períodos de inversões térmicas no amanhecer. Devido ao resfriamento radiativo da superfície no período noturno no inverno, as inversões costumam ocorrer mais frequentemente neste período. Comparando aos meses de verão, a concentração é bem menor do que em inverno, mostrando que os poluentes em geral possuem maior concentração no período de inverno.

A **Figura 9** apresenta a série temporal do óxido de nitrogênio (NO) para o período de 2003 até 2006, observa-se uma sazonalidade em sua forma, chegando aos valores máximos no período de inverno de cada ano. O NO é principalmente emitido pelas fontes móveis.

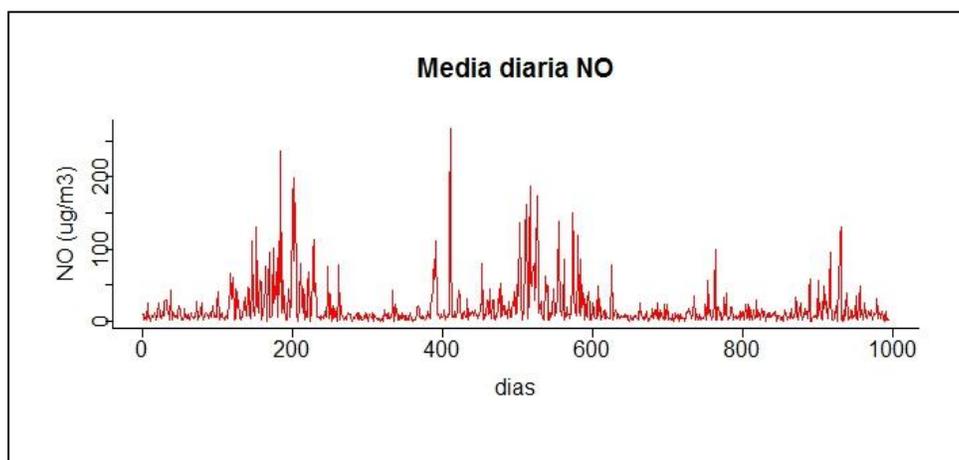


Figura 0.8. Variabilidade do NO diário para o período de 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB

A **Figura 10** apresenta a série temporal total do NO₂, neste caso observa-se uma maior variabilidade da série temporal diária como assim também uma oscilação quase constante ao passar do tempo.

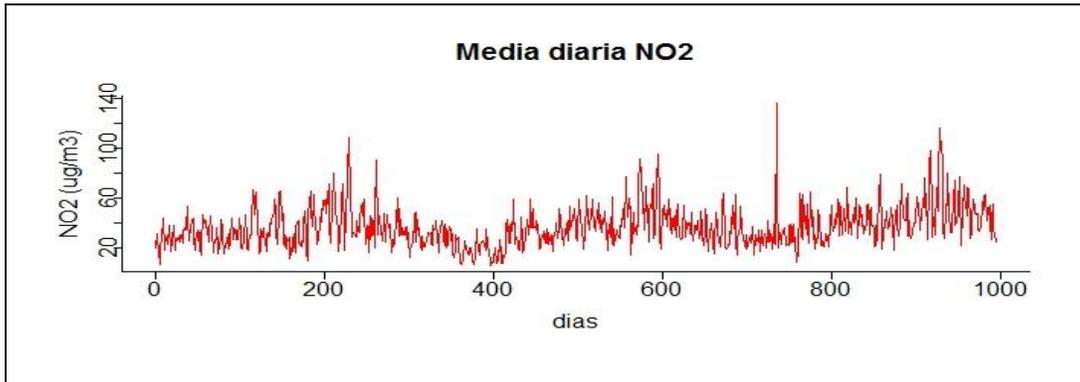


Figura 0.9 Variabilidade do NO₂ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.

A **Figura 11** mostra a série temporal do monóxido de carbono para todo o período de 2003 até 2006. Nesta figura observa-se que o monóxido de carbono apresenta uma sazonalidade bem definida, isso poderia ser devido ao fato de que, no período de inverno, a atmosfera na RMSP apresenta períodos com maior frequência de inversões térmicas as quais propiciam o aumento da concentração de poluentes em baixos níveis e porem situações com menor frequência para a dispersão do poluente

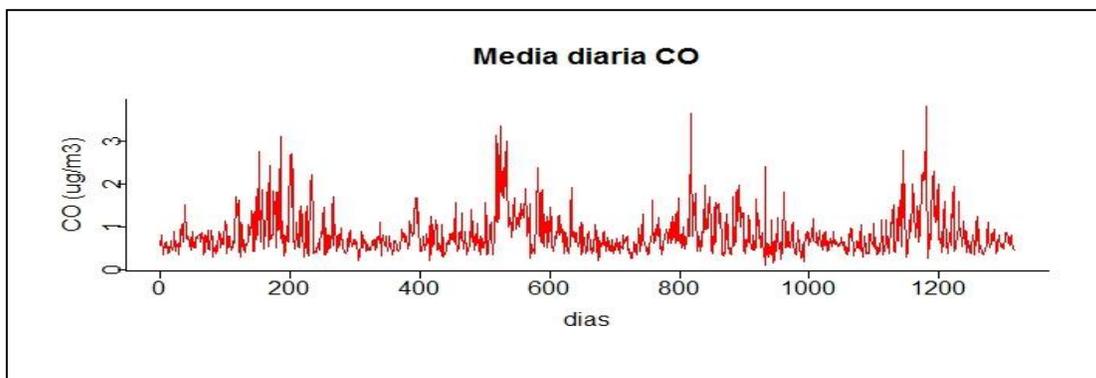


Figura 0.10. Variabilidade do CO para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB

Na **Figura 12**, apresenta-se a série temporal do ozônio troposférico para todo o período de 2003 até 2006, com a variação horária, lembrando-se que somente os máximos diários são relevantes para este estudo. Nesta figura observa-se que o ozônio também apresenta sazonalidade ao longo do ano, esta tem relação ao fato de que o ozônio é um poluente secundário no ar, com uma dependência à radiação solar e aos seus precursores como os compostos orgânicos voláteis, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono.

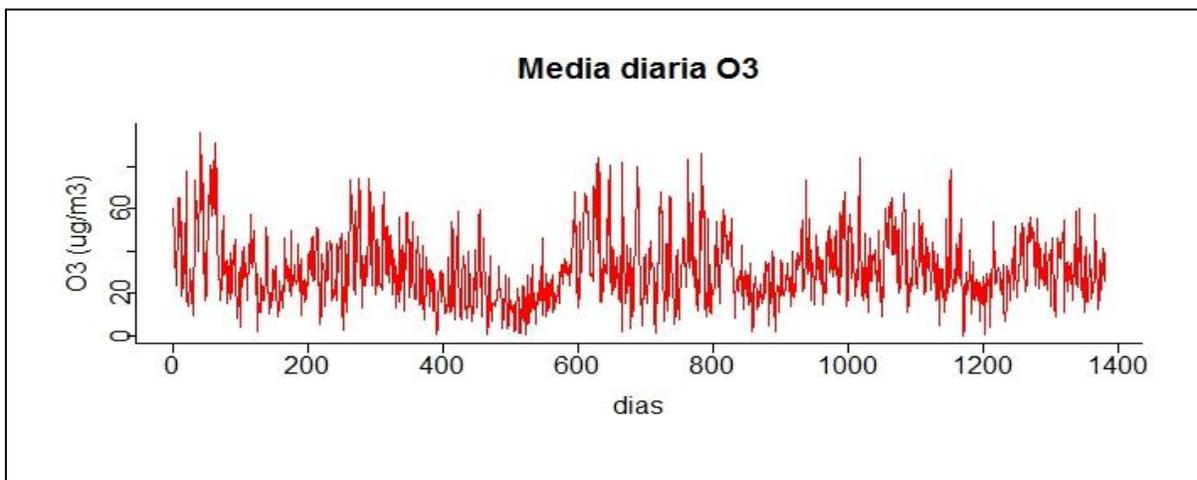


Figura 0.11. Série temporal horária do O₃ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.

A **Figura 13** apresenta a série temporal para todo o período do material particulado inalável (PM₁₀) de 2003 a 2006. Observa-se que como outros poluentes do ar, este tem também uma sazonalidade bem marcada ao correr o ano.

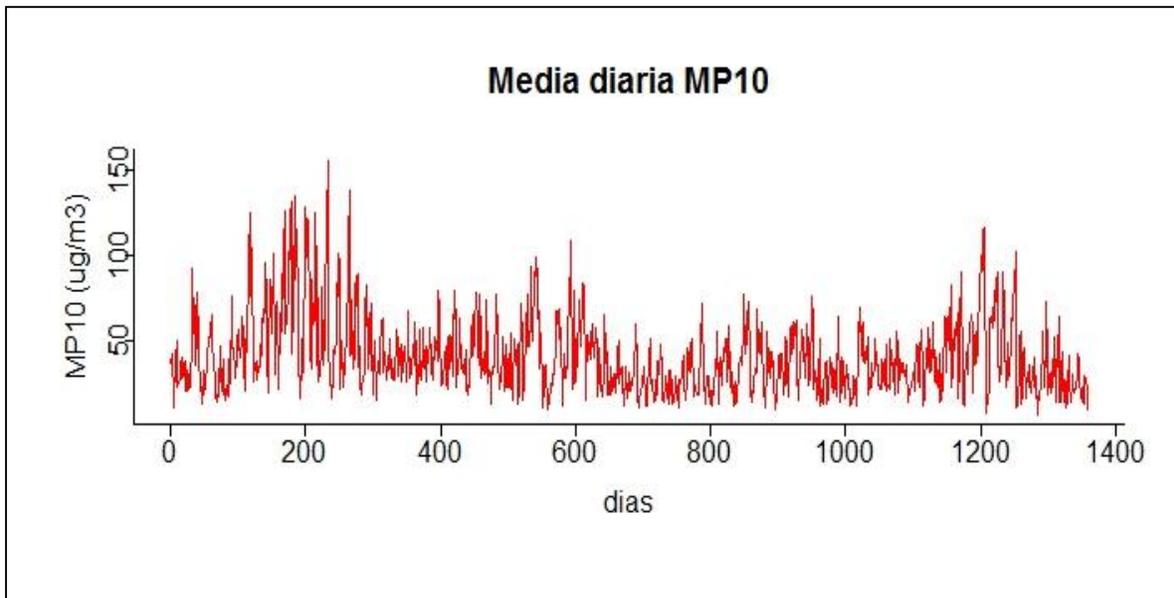


Figura 0.12. Variabilidade diária de PM₁₀ para período 2003 até 2006. Fonte de dados: CETESB.

3.1.3 Condições meteorológicas na RMSP.

Nesta secção são apresentadas as condições meteorológicas observadas entre 2003 e 2006 na RMSP, os dados são apresentados por ano, para o 2003 a partir de abril devido a que representa o mês de início do projeto chiado, 2004, 2005 de maneira completa e o ano 2006 até setembro representando o mês do fim do projeto chiado, os dados são da estação meteorológica do IAG USP.

A RMSP é caracterizada por apresentar verões com os maiores valores de temperatura e umidade relativa do ar. Nesta época, a atuação da monção da América do Sul gera também os máximos de precipitação em relação às outras estações do ano. Além disso, na estação fria a RMSP é caracterizada pela passagem de sistemas frontais e de domínio de altas polares e subtropicais que propiciam atmosferas estáveis.

Na **Figura 14** observa-se a variação da temperatura média mensal e a temperatura mínima média mensal para o ano 2003 a partir de abril (mês do início do projeto Chiado), os valores observados na estação meteorológica do IAG USP mostram que os mínimos valores de temperatura são observados entre maio e agosto, e os máximos de temperatura são observados entre os meses de outubro e dezembro.

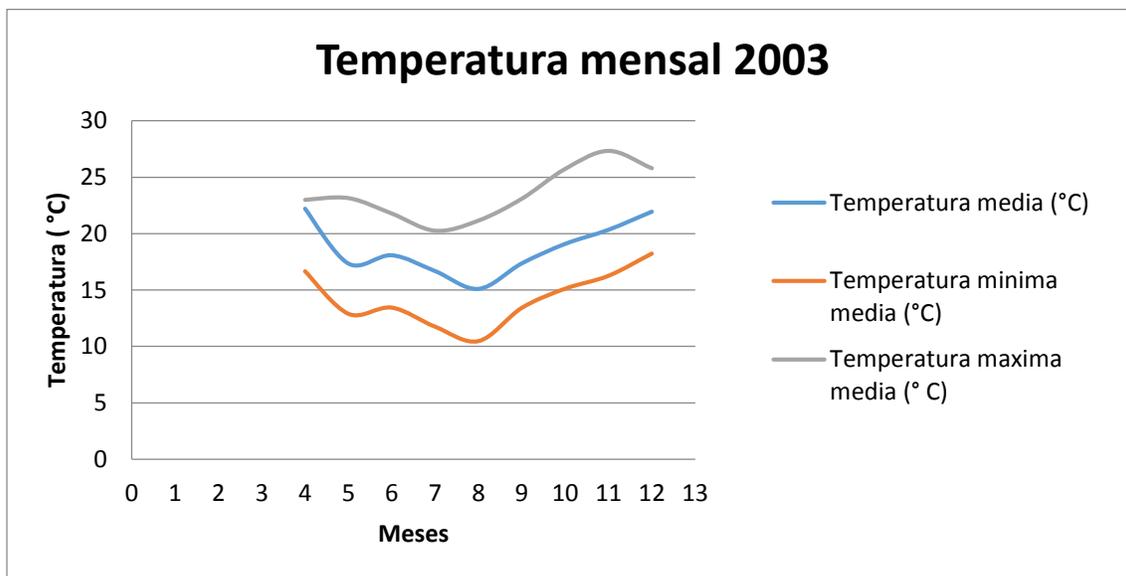


Figura 0.13. . Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2003. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.

Na **Figura 15** observa-se a variação da temperatura média mensal e a temperatura mínima média mensal para o ano 2004. Os valores observados na estação meteorológica do IAG USP mostram que as mínimas são observadas nos meses de junho, julho e agosto, sem diferença significativa para o ano 2003. A temperatura mínima apresenta as mínimas entre os meses de maio e agosto e valores mais elevados para as demais estações.

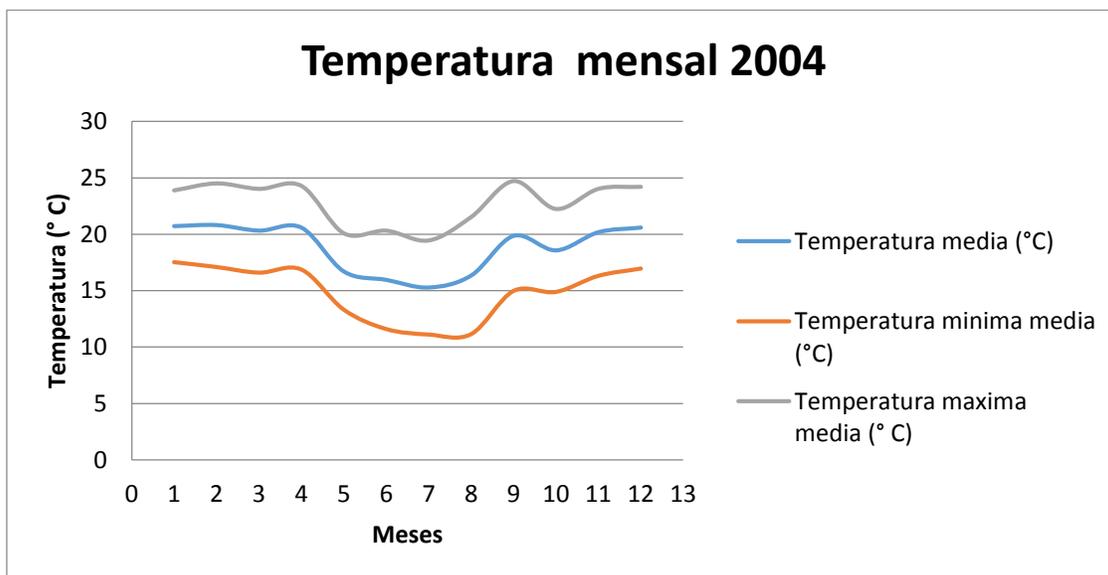


Figura 0.14. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2004. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.

Na **Figura 16** observa-se a variação da temperatura média mensal e a temperatura mínima média mensal para o ano 2005. Do mesmo modo que os anos anteriores os meses de inverno são distintos quanto à temperatura em relação aos demais.

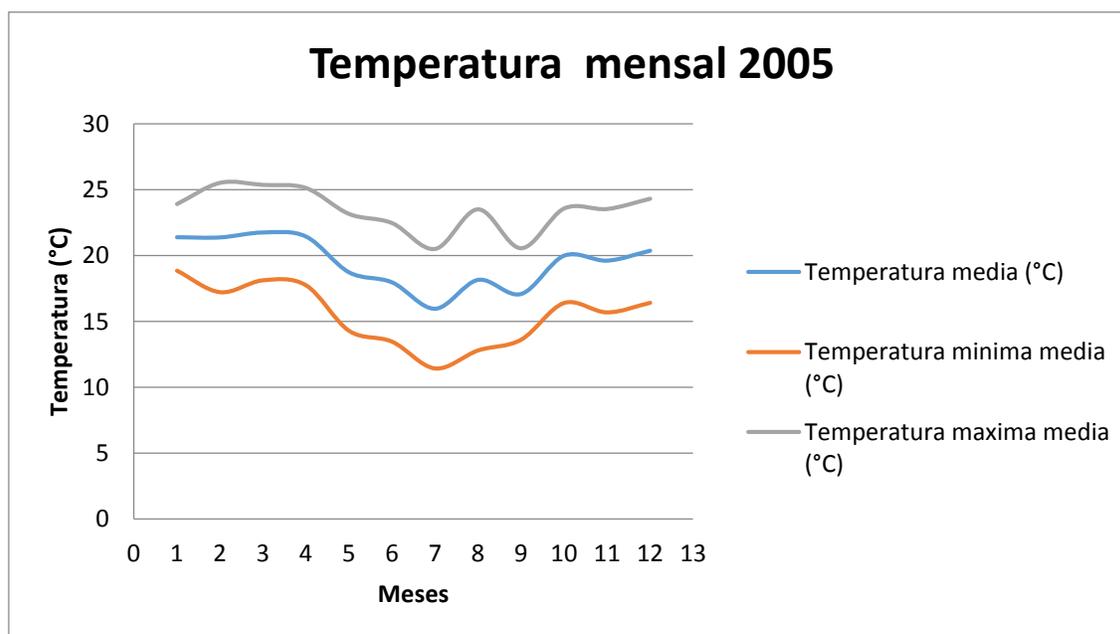


Figura 0.15. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2005. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.

Na **Figura 17** observa-se a variação da temperatura média mensal e a temperatura mínima média mensal para o ano 2006, os valores observados na estação meteorológica do IAG USP mostram que os mínimos valores são observados no mês entre maio e junho, e os máximos de temperatura são observados entre os meses de outubro e dezembro.

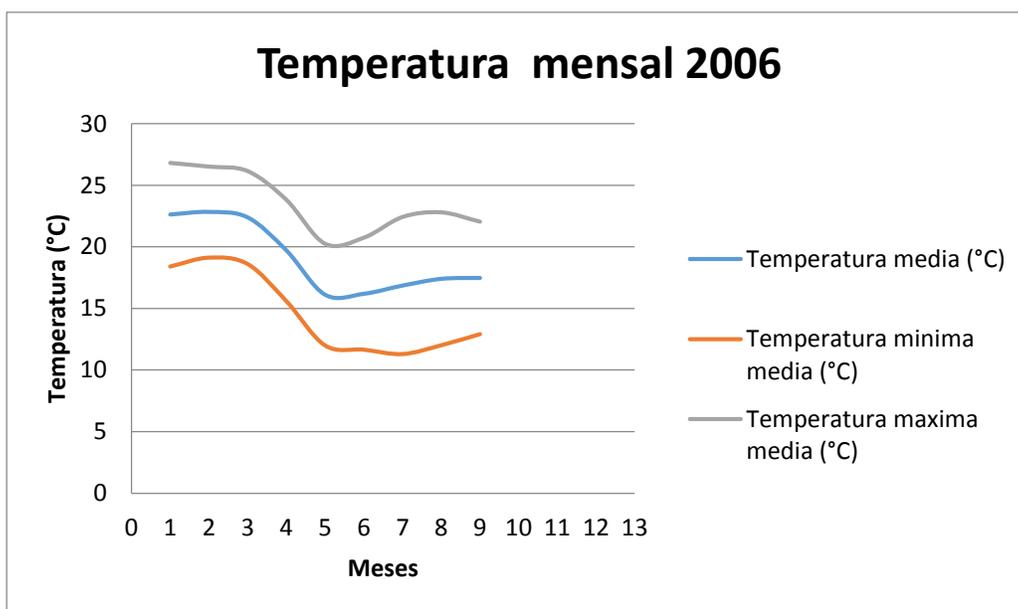


Figura 0.16. Temperatura média mensal e mínima mensal para o ano 2006. Fonte: Dados da estação meteorológica do IAG USP.

Comparando todos os anos, temos que no ano 2004 tiveram os menores valores de temperatura mínima média no período, este fato é devido a que foi observado a maior quantidade de passagem de sistemas frontais na RMSP (Climanálise 2004, 2005, 2006).

3.1.4 Análise dos casos de chiado frente às variáveis ambientais externas.

Na **Tabela 8** observa-se a matriz de correlação entre as variáveis ambientais externas e os casos de chiado, observa-se que a maior correlação é observada para o dióxido de nitrogênio com valor de 0,103 com significância estatística, as demais variáveis apresentam valores muito baixos de correlação, da mesma tabela destaca-se as relações entre as variáveis meteorológicas e chiado como segue:

Uma relação inversa entre a temperatura e o vento em relação ao chiado, relação direta da umidade relativa do ar e a pressão atmosférica em relação aos casos de chiado indicando assim, que uma diminuição na temperatura ou o vento produzira um aumento nos casos de chiado e que um aumento na pressão atmosférica e a umidade relativa produzira também um aumento nos casos de chiado.

Comparando as variáveis meteorológicas nota-se que quando a temperatura apresenta um aumento (sinal positivo) à umidade relativa tem uma queda indicando uma diminuição (sinal negativa) do seu valor devido ao fato que o ar fica mais seco. Adicionalmente de acordo a tabela quando a pressão apresenta uma diminuição (sinal negativo) indicativo de um sistema de baixa pressão observasse um aumento na intensidade do vento (que apresenta valor positivo).

A **Tabela 9** mostra as medias de casos de chiado por tipos de casas, de todos os tipos de casa estudados a casa tipo 3 apresenta o maior média nos casos (3,8) seguido da casa tipo 1 (3,33), casa tipo 6 (2,18), a casa com menor média de chiado foi a casa tipo 12 (0,86). Devido a dispersão dos dados (casas com muitos casos e outras com poucos casos) foi feita uma análise de hipótese para procurar obter se os casos de chiado são dependentes do tipo de casa.

		Correlações																	
	CHIADO	Temp	UR	Pressao	Vento	TempMax	TempMin	URMax	URMin	PM2.5	NO2	SO2	O3	NO	MP10	CO	TE1	TE2	
CHIADO	1																		
Temp	-0,53	1																	
UR	,065	-333**	1																
Pressao	,054	-507**	,057	1															
Vento	-0,31	,064	-0,19	-1,178**	1														
TempMax	-0,54	,872**	-593**	-373**	-0,74**	1													
TempMin	-0,43	,851**	,110**	-512**	,178**	,547**	1												
URMax	,005	-0,93**	,354**	-0,24	-0,081**	-1,135**	,008	1											
URMin	,014	-1,99**	,496**	,005	,091**	-391**	,047	,364**	1										
PM2.5	-0,01	-1,70**	-2,57**	,283**	-3,23**	,021	-3,27**	-1,15**	-1,87**	1									
NO2	,103**	-1,00**	-2,41**	,225**	-2,85**	,060	-2,53**	-0,83**	-0,91**	,392**	1								
SO2	,018	,004	-1,46**	,080**	-1,137**	,116**	-0,94**	-0,40	-1,32**	,161**	-0,03	1							
O3	-0,060	,371**	-383**	-0,66**	-0,18	,512**	,163**	-1,44**	-2,59**	,121**	,076**	,126**	1						
NO	-0,24	-0,75**	-1,44**	,097**	-3,18**	,041	-1,98**	,039	-1,41**	,256**	,186**	,193**	-1,03**	1					
MP10	-0,89**	,124**	-533**	,090**	-3,89**	,374**	-1,84**	-1,61**	-3,44**	,429**	,233**	,335**	,240**	,472**	1				
CO	,018	-0,23	-2,99**	,150**	-4,59**	,173**	-2,47**	-0,28	-1,76**	,411**	,319**	,208**	-0,61**	,551**	,678**	1			
TE1	-0,54	,877**	-488**	-401**	-0,55	,958**	,602**	-0,34	-1,27**	-0,38	,044	,071**	,457**	-0,03	,290**	,134**	1		
TE2	-0,43	,849**	,117**	-513**	,176**	,544**	1,000**	,030	,055	-3,29**	-2,54**	-0,095**	,159**	-1,96**	-1,87**	-2,47**	,601**	1	

*. A correlação é significativa ao nível 0,05 (bilateral).
 **. A correlação é significativa ao nível de 0,01 (bilateral).

Tabela 1. Matriz de correlação entre variáveis ambientais externas e os casos de chiado. Fonte: Projeto Chiado

Tabela 4. Medias de casos de chiado por tipo de casa. Fonte: Projeto Chiado.

Tipo de casa	Media	Desv. típ.	N
1	3.33	2.517	3
2	1.58	1.876	31
3	3.80	4.207	5
5	1.36	1.286	11
6	2.18	3.683	11
7	1.43	2.314	75
8	1.56	2.297	9
9	1.44	2.070	59
10	1.71	2.360	7
11	1.51	2.263	70
12	.86	1.555	49
Total	1.46	2.201	330

Na **Tabela 10** apresenta-se a tabela de contingencia entre os casos de chiado e os tipos construtivos de casas considerados no projeto chiado, logo um teste de hipótese para testar a dependência de chiado em relação ao tipo de casa.

H_0 : A quantidade de chiado observado nas crianças não tem dependência com o tipo de casa onde mora.

H_1 : A quantidade de chiado observado nas crianças tem dependência com o tipo de casa onde mora.

Tipo de Casa		chiado														Total	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	14			
1	Recuento	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Frecuencia esperada	1.4	.6	.3	.3	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.0
2	Recuento	9	9	9	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	31
	Frecuencia esperada	14.6	6.5	3.3	2.8	1.2	.7	.7	.5	.4	.1	.1	.2	.1	.1	31.0	
3	Recuento	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	
	Frecuencia esperada	2.3	1.0	.5	.5	.2	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	5.0	
5	Recuento	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
	Frecuencia esperada	5.2	2.3	1.2	1.0	.4	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.1	.0	.0	11.0	
6	Recuento	5	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	11	
	Frecuencia esperada	5.2	2.3	1.2	1.0	.4	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.1	.0	.0	11.0	
7	Recuento	37	14	9	6	4	4	2	1	1	0	0	0	1	0	75	
	Frecuencia esperada	35.2	15.7	8.0	6.8	3.0	1.6	1.6	1.1	.9	.2	.2	.5	.2	.2	75.0	
8	Recuento	4	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	
	Frecuencia esperada	4.2	1.9	1.0	.8	.4	.2	.2	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	9.0	
9	Recuento	32	7	6	3	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	59	
	Frecuencia esperada	27.7	12.3	6.3	5.4	2.3	1.3	1.3	.9	.7	.2	.2	.4	.2	.2	59.0	
10	Recuento	4	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	
	Frecuencia esperada	3.3	1.5	.7	.6	.3	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	7.0	
11	Recuento	31	18	4	8	3	2	1	1	0	1	0	1	0	1	70	
	Frecuencia esperada	32.9	14.6	7.4	6.4	2.8	1.5	1.5	1.1	.8	.2	.2	.4	.2	.2	70.0	
12	Recuento	28	13	3	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	49	
	Frecuencia esperada	23.0	10.2	5.2	4.5	1.9	1.0	1.0	.7	.6	.1	.1	.3	.1	.1	49.0	
Total	Recuento	155	69	35	30	13	7	7	5	4	1	1	2	1	1	330	
	Frecuencia esperada	155.0	69.0	35.0	30.0	13.0	7.0	7.0	5.0	4.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	330.0	

Tabela 6. Contingencia entre os casos de chiado e os tipos construtivos de casas. Fonte: Projeto Chiado

A hipótese de independência entre as duas variáveis categóricas:

$$X^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e}$$

Na **Tabela 11** mostra a probas de chi- quadrado para os dados de chiado e tipos de casa, Como o valor de p associado ao valor observado é próximo a 0 e ainda menor ao nível de significância usual H_0 não é aceitado, ou seja, a quantidade de chiado tem relação com o tipo de casa.

Proba de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	185,408 ^a	120	.000
Razao de verosem	110.264	120	.727
Asociacao lineal por lineal	3.726	1	.054
N de casos válidos	330		

Tabela 7. Chi- quadrado para os dados de chiado e tipos de casa.

O coeficiente de correlação de Spearman determinado para obter a força da relação e é mostrada na **Tabela 12**, o valor de -0,133 é pequeno mais significativo ao 5%, o valor negativo no coeficiente indica que pior tipo casa teria maior quantidade de chiado.

Correlacao		Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	-.106	.053	-1.938	.053 ^c
Ordinal por ordinal	Correlacao de Spearman	-.133	.052	-2.430	.016 ^c
N de casos válidos		330			
a. Asumiendo a hipóteses alternativa.					
b. Empleando o erro típico asintótico baseado na hipóteses nula.					
c. Baseada na aproximacao normal.					

Tabela 8. Coeficiente de Spearman para os casos do chiado.

3.1.5 Condições de conforto térmico exterior, extradomiciliar, na RMSP

Em relação às condições de conforto térmico, o método de avaliação utilizado foi de temperatura efetiva estabelecido pela equação 1 (ver capítulo 2 de metodologia), onde T é a temperatura do ar em graus Celsius e UR a umidade relativa em %. Todos os valores foram obtidos a partir da Estação Meteorológica do AIG USP e são dados de ambiente externo.

O índice de temperatura efetiva foi avaliado pela combinação das temperaturas e umidade relativa máxima e mínima, onde TE_1 temperatura máxima e umidade máxima, ou seja, dias quentes e úmidos, TE_2 temperatura máxima e umidade mínima, ou seja, dias quentes e secos, TE_3 temperatura mínima e umidade máxima, ou seja, dias frios e úmidos, TE_4 temperatura mínima e umidade mínima, ou seja, dias frios e secos, este índice biometeorológico é importante devido a sua capacidade de representar as condições de conforto térmico.

Em relação aos índices TE_2 e TE_3 representam horários da tarde e da manhã respectivamente. Para poder classificar as condições de conforto na cidade de São Paulo serão utilizadas as condições estabelecidas por Fanger (1972). A classificação é apresentada na **Tabela 13**, para ambiente interno. Notar que as condições desta classificação foram feitas para ambientes interiores e não calafetados em países de clima temperado.

Tabela 9. Condições de conforto térmico, critério de Fanger (1972).

°C	Sensação Térmica (tipo de CT)	Grau de estresse fisiológico
< 13	Muito Frio	Extremo estresse ao frio
13 - 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 - 22	Ligeiramente Frio	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente	Ligeiro suor, vasodilatação
28 - 32	Quente Moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em profusão
> 34	Muito Quente	Falha na termorregulação, estresse por calor

A **Tabela 14** mostra as condições de conforto de acordo com Fanger(1972) para o ano 2003 ressaltando-se que a Zona de conforto 2 (TE2) que corresponde ao horário da tarde apresentam 135 eventos (de 365) de confortável, 110 ligeiramente frios e 49 tardes ligeiramente quentes para a RMSP, a zona de conforto 3 (horário de manhã) mostra que zero manhãs foram confortável e que 136 amanheceres foram frio moderado e 96 muito frio.

Tabela 10. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2003.

Total eventos 2003	TE1	TE2	TE3	TE4
Muito frio	0	1	96	116
Frio	13	14	122	154
Frio moderado	28	56	136	93
Ligeiramente frio	75	110	11	2
Confortável	91	135	0	0
Ligeiramente quente	90	49	0	0
Quente moderado	48	0	0	0
Quente	20	0	0	0
Muito quente	0	0	0	0
Total	365	365	365	365

A frequência da sensação de confortável apresenta uma maior diferença em relação à ocorrência em TE1 temos 286 casos contra 91 casos da presente tese, em TE2 206 casos contra 135 da tese atual, em TE3 223 casos contra 0 da presente tese e finalmente 303 casos contra 0 casos da presente tese.

Na **Tabela 15** apresenta-se a distribuição das condições de conforto térmico para o ano 2004 de acordo ao critério de Fanger, a Zona de conforto 2 (TE2) que corresponde ao horário da tarde apresentam 136 eventos (de 365) de confortável, 111 ligeiramente frios e 49 tardes ligeiramente quentes para a RMSP, a zona de conforto 3 (horário de manhã) sim embargo mostra que 0 manhãs foram confortável e que 136 amanheceres foram frio moderado e 92 muito frio.

Tabela 11. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2004.

Total eventos 2004	TE1	TE2	TE3	TE4
Muito frio	0	1	92	111
Frio	11	13	125	156
Frio moderado	28	55	136	96
Ligeiramente frio	76	111	12	2
Confortável	92	136	0	0
Ligeiramente quente	91	49	0	0
Quente moderado	48	0	0	0
Quente	19	0	0	0
Muito quente	0	0	0	0
Total	365	365	365	365

A frequência da sensação de confortável apresenta uma maior diferença em relação à ocorrência em TE1 temos 290 casos contra 92 casos da presente tese, em TE2 284 casos contra 136 da tese atual, em TE3 183 casos contra 0 da presente tese e finalmente 250 casos contra 0 casos do presente trabalho.

Na **Tabela 16** apresenta-se a distribuição das condições de conforto térmico para o ano 2005 de acordo ao critério de Fanger, a Zona de conforto 2 (TE2), correspondente ao horário da tarde apresenta 118 eventos (de 365) como confortável, 88 ligeiramente frios e 80 tardes ligeiramente quentes para a RMSP. A zona de conforto 3 (horário de

manhã) mostra que 0 manhãs foi confortável e que 116 amanheceres foram frios moderados, 129 manhãs frias e 78 manhãs muito frias.

Tabela 12. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2005.

Total eventos 2005	TE1	TE2	TE3	TE4
Muito frio	0	0	78	94
Frio	6	16	129	172
Frio moderado	32	48	116	95
Ligeiramente frio	46	88	42	4
Confortável	89	118	0	0
Ligeiramente quente	105	80	0	0
Quente moderado	65	15	0	0
Quente	21	0	0	0
Muito quente	1	0	0	0
Total	365	365	365	365

Comparando os resultados com Nedel (2008) que fez uma o cálculo das condições de conforto térmico externo com o critério de Franger no qual a quantidade de dias medidos no ano 2005 foi de 1170 devido ao fato de ter casas medidas ao mesmo tempo.

A frequência da sensação de confortável apresenta uma maior diferença em relação a ocorrência em TE1 temos 407 casos contra 89 casos da presente teses, em TE2 370 casos contra 118 da teses atual, em TE3 80 casos contra 0 da presente teses e finalmente 133 casos contra 0 casos da presente teses.

Na **Tabela 17** apresenta-se a distribuição das condições de conforto térmico para o ano 2006 de acordo ao critério de Fanger, a Zona de conforto 2 (TE2) que corresponde ao horário da tarde apresentam 113 eventos (de 365) de confortável, 93 ligeiramente frios e 87 tardes ligeiramente quentes para a RMSP. A zona de conforto três (TE3) (horário de manhã) mostra que 0 manhãs foi confortável e que 108 amanheceres foram frio moderado e 110 manhãs frias e 106 manhãs muito frias.

Tabela 13. Quantidade de eventos por dia das condições registradas em função às condições de Fanger 1972 para o ano 2006.

Total eventos 2006	TE1	TE2	TE3	TE4
Muito frio	2	3	106	126
Frio	9	12	110	130
Frio moderado	31	48	108	107
Ligeiramente frio	45	93	41	2
Confortável	90	113	0	0
Ligeiramente quente	91	87	0	0
Quente moderado	70	8	0	0
Quente	25	1	0	0
Muito quente	2	0	0	0
Total	365	365	365	365

A frequência da sensação de confortável apresenta uma maior diferença em relação a ocorrência em TE1 temos 89 casos contra 90 casos da presente teses, em TE2 97 casos contra 113 da teses atual, em TE3 4 casos contra 0 da presente teses e finalmente 23 casos contra 0 casos da presente teses.

Para este último a no observa-se que a quantidade de dados de Nedel (2008) são quase os mesmos que a presente teses e os valores obtidos das sensações não apresentam muita diferença nos índices biometeorológicos.

Na **Figura 18** observa-se a frequência de ocorrência de “muito frio” para os anos 2003, 2004, 2005 e 2006 em relação ao critério de Fanger 1972, as zonas, de conforto térmico, apresentadas são para o horário da tarde (TE2) e da manhã (TE3).

A quantidade de tardes que apresentaram a sensação de muito frio foi de apenas 1 (um) caso para os anos 2003 e 2004 em 2005 esta zona não apresentou nenhum caso e em 2006 3 casos de tardes muito frias.

Em relação à zona de conforto no horário da manhã (TE3), no ano 2003 obtiveram 96 eventos de frio, 92 em 2004, 78 em 2005 e 106 em 2006. Destaca-se que no ano 2005 a zonas de conforto TE2 e TE3 apresentaram os menores valores e que o 2006 os maiores valores para a sensação de muito frio.

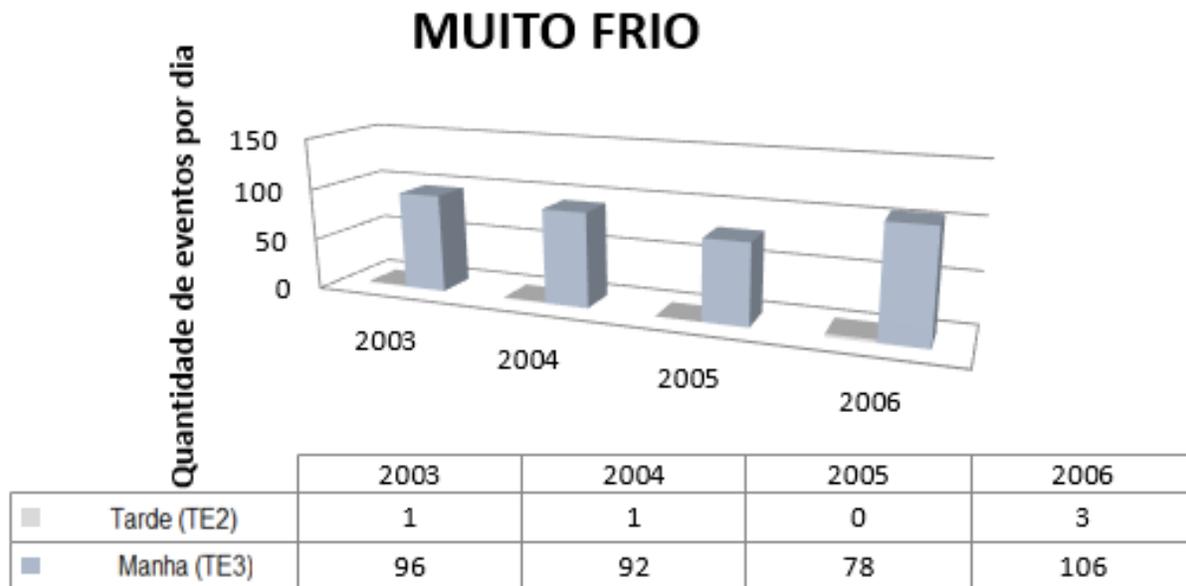
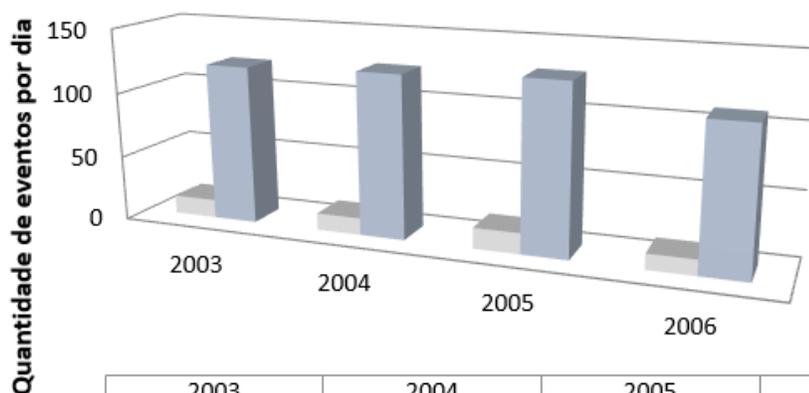


Figura 0.17. Frequência da sensação de “Muito Frio” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.

Na **Figura 19** observa-se a frequência de ocorrência de “frio” para os anos 2003, 2004, 2005 e 2006 em relação ao critério de Fanger 1972, as zonas, de conforto térmico, apresentadas são para o horário da tarde (TE2) e da manhã (TE3).

O número de eventos na zona de conforto térmico no horário da tarde que apresentaram a sensação de frio foi de:14 em 2003, 13 em 2004, 16 em 2005 e 12 no ano 2006. Em relação à zona de conforto no horário da manhã (TE3), no ano 2003 obtiveram 122 eventos de frio, 125 em 2004, 129 em 2005 e 110 em 2006. Destaca-se que no ano 2005 a zonas de conforto TE2 e TE3 apresentaram os menores valores e que o 2006 os maiores valores para a sensação de muito frio.

FRIO



	2003	2004	2005	2006
■ Tarde(TE2)	14	13	16	12
■ Manha(TE3)	122	125	129	110

Figura 0.18. Frequência da sensação de “Frio” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.

Na **Figura 20** observa-se a frequência de ocorrência da sensação de “Quente” para os anos 2003, 2004, 2005 e 2006 em relação ao critério de Fanger 1972, as zonas de conforto térmicas apresentadas são para o horário da tarde (TE2) e da manhã (TE3).

Neste caso as zonas de conforto e 3 não apresentaram nenhum caso para os anos 2003, 2004 e 2005, só para o ano 2006 a sensação de quente foi observado na zona de conforto 2 ou seja no horário de tarde. A sensação de “quente” representa uma zona onde o índice de conforto deve variar entre 31 e 34°C.

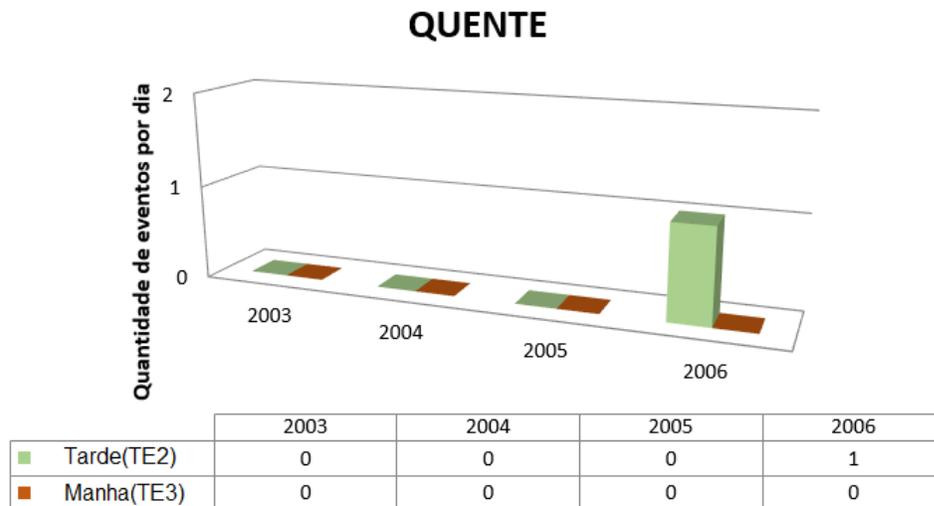


Figura 0.19. Frequência da sensação de “Quente” para as zonas de conforto térmico TE2 e TE3.

De maneira geral acredita-se que entre os anos 2003, 2004 ,2005 2 2006 o ano de 2006 representa o mais cálido onde a sensação de quente teve maior frequência, além disso do ponto de vista de frio, o 2005 foi o ano que teve manhãs e tardes mais frias

3.1.6 Temperatura interna e condições de conforto térmico interno.

Nesta seção são apresentadas as condições interna das casas tipo 2,7,9 e 11. As condições são em relação à temperatura interna e ao conforto térmico interior das casas. A temperatura interna da casa e o conforto térmico interno foram obtidos através do programa Termicus (descrito na metodologia). Com relação às condições do tipo construtivo de casas. Os resultados são apresentados primeiro para a casa tipo 2 por que é a casa com materiais de pior qualidade em relação as casa 7, 9 e 11.

Na **Figura 21** apresenta-se os resultados de temperatura interna por hora e mês para a casa construtiva tipo 2. Segundo a Figura 22 o mês de fevereiro é o mês com maior temperatura interna no horário da tarde e o mês com o mínimo valor de temperatura máxima é junho tendo um mesmo comportamento que a casa do tipo 7.

Uma diferença observada entre a casa 7 e 2 é um pequeno deslocamento do horário de máxima temperatura, na casa do tipo 9 fica mais das 16:00 quando a casa do tipo 7 fica perto das 15:00, esta variação está dada por os materiais que geram uma maior transferência nas paredes da casa gerando assim este comportamento. Em termos de valor de máxima temperatura interior, este tipo de casa apresenta máximos de até 31 C no horário da tarde obtendo valores máximos que a casa do tipo 7.

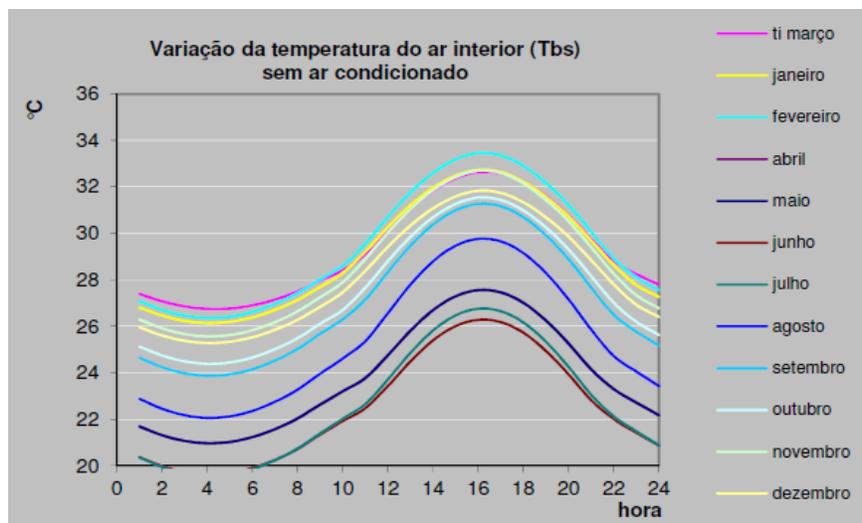


Figura 0.20. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 2 para o período 2003-2006.

Na **Figura 22**, já para a casa do tipo 2 as condições de conforto térmico gerada com o software são apresentadas para todos os meses e as 24 horas do dia.

Tento as mesmas condições climáticas, mas outros materiais de construção a diferencia com a casa do tipo 7 observa-se uma grande diferença em relação à condições de conforto, entre a estação de verão e primavera esta casa apresenta uma sensação de “quente “no horário da tarde, as manhãs em todos os casos são

confortáveis. No período de inverno são observadas horas de manhã com sensação de frio para este tipo de casa.

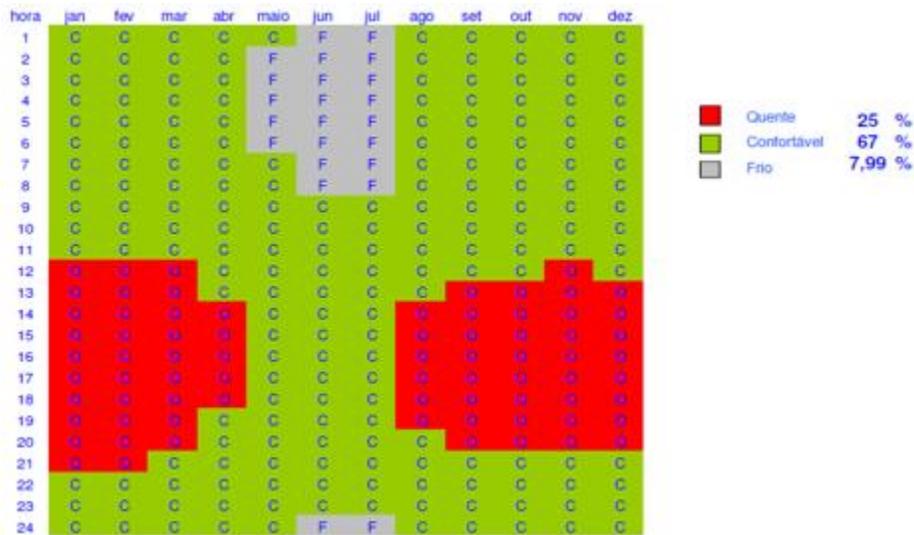


Figura 0.21. Conforto térmico interno da casa tipo 2 para o período 2003-2006.

Na **Figura 23** apresenta-se os resultados de temperatura interna por hora e mês para a casa construtiva tipo 7 em função a climatologia da RMSP. Segundo a Figura 24 o mês de fevereiro é o mês com maior temperatura interna no horário da tarde e o mês com o mínimo valor de temperatura máxima é junho. Em termos de valor de máxima temperatura interior, este tipo de casa apresenta máximos de até 30°C no horário da tarde.

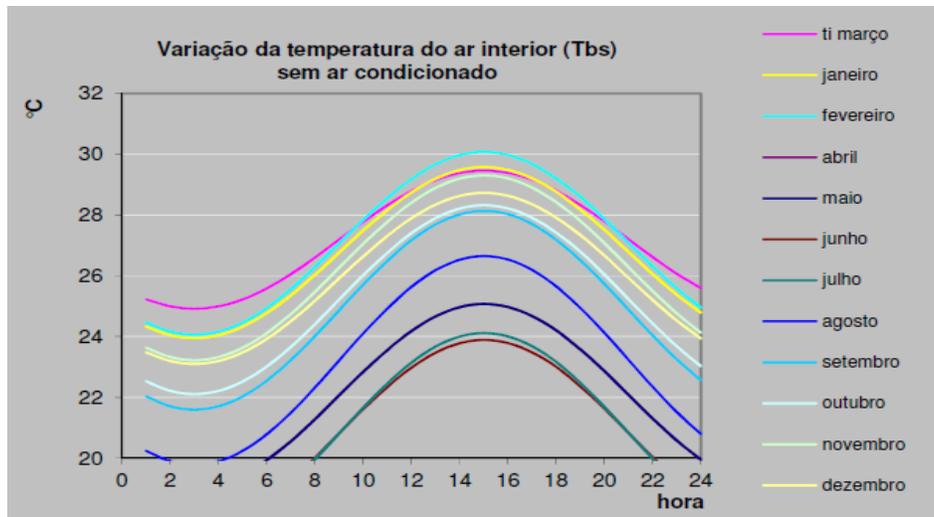


Figura 0.22. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 7 para o período 2003-2006.

Na **Figura 24** são apresentadas as condições de conforto térmico obtido a partir do *software* Termicus, para a casa construída com os materiais do tipo construtivo 7. As condições geradas foram de acordo com os valores climatológicos obtidos com dados da estação meteorológica do IAG USP.

Para a casa do tipo 7 observa-se que durante as 24 horas do mês de janeiro, março, novembro e dezembro apresenta uma condição de confortável, já no mês de fevereiro a diferencia com janeiro é que entre as 14 e 16 horas este tipo de casa apresenta uma condição de quente e as demais horas de confortável, os demais meses do ano esta casa apresenta condições de confortável na maior parte do dia com algumas horas com a sensação de “frio”, entre junho e julho observa-se a maior quantidade de horas com sensação de frio coincidindo com a estação fria. Segundo os resultados o 50% dos meses este tipo de casa apresenta amanheceres com sensação de “frio”.

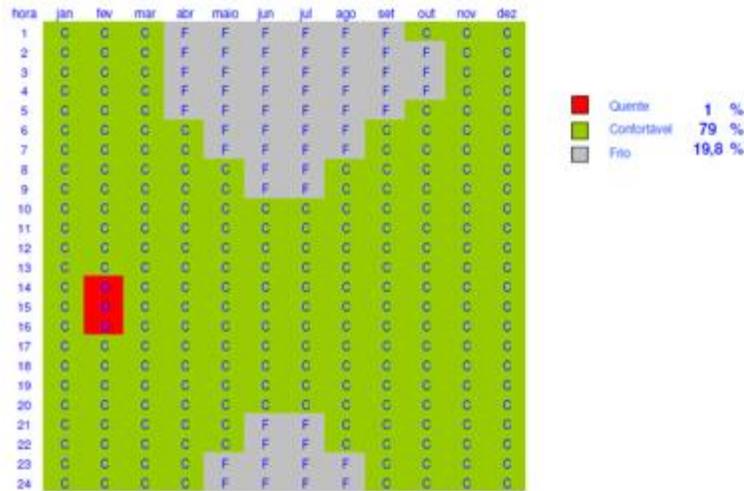


Figura 0.23. Condições de conforto térmico da casa construtivo tipo 7 para o período 2003-2006.

A temperatura interna da casa tipo 9 é apresentada na **Figura 25**, o mês de fevereiro é o mês com maior temperatura interna no horário da tarde e o mês com o mínimo valor de temperatura máxima é junho tendo um mesmo comportamento que a casa do tipo 7. apresenta o mesmo comportamento que a casa 7 mis a intensidade da máxima temperatura é maior nesta casa.

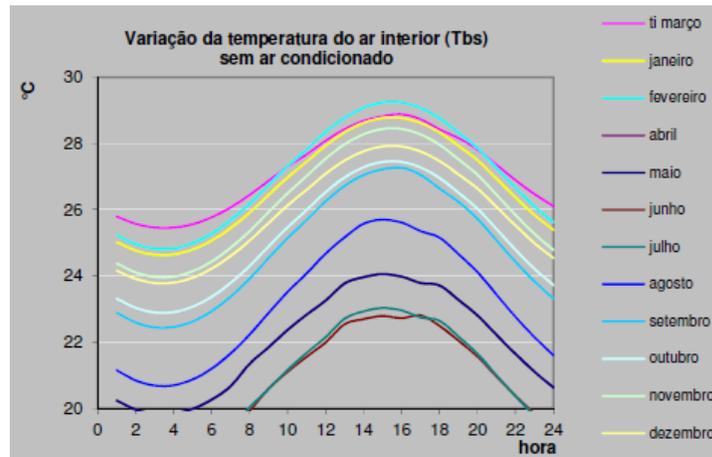


Figura 0.24. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 9 para o período 2003-2006.

Uma característica observada na casa tipo 9 (**Figura 26**) é que não apresenta períodos “quente” só confortável e frios durante todas as horas e meses do ano. São observados períodos frios durante os meses de maio, junho, julho e agosto principalmente no

horário de manhã e três meses de frio durante a noite durante os meses de maio até julho. Este tipo de casa apresenta uma melhor qualidade nos matérias de construção em relação as casas 2 e 7 expostos no início.

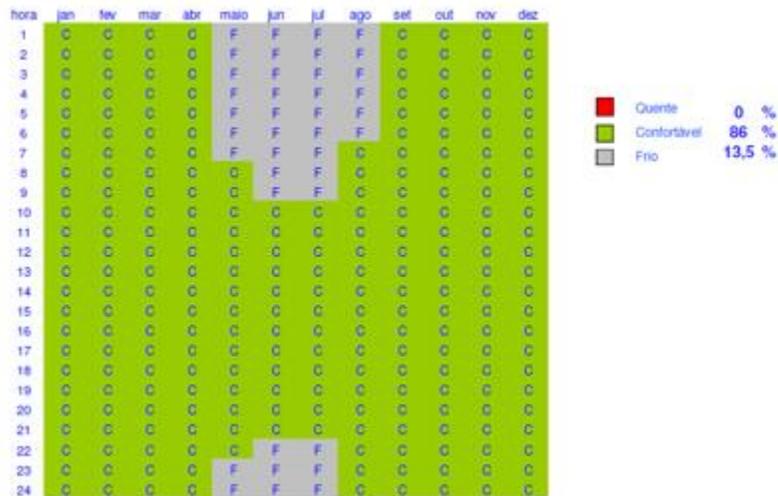


Figura 0.25. Conforto térmico interno da casa tipo 9 para o período 2003-2006.

Na **Figura 27** apresentam-se os resultados de temperatura interna por hora e mês para a casa construtiva tipo 11. Segundo a figura o mês de fevereiro é o mês com maior temperatura interna no horário da tarde e o mês com o mínimo valor de temperatura máxima é junho tendo um mesmo comportamento que a casa do tipo 7.

Uma diferença observada entre as casa 7, 9 e 11 é um deslocamento do horário de máxima temperatura, na casa do tipo 9 fica mais das 16:00 quando a casa do tipo 7 fica perto das 15:00 e a casa tipo 11 entre os horários de máxima das casas 7 e 9, esta variação está dada por os materiais que geram uma maior transferência nas paredes da casa gerando assim este comportamento.

Em termos de valor de máxima temperatura interior, este tipo de casa apresenta máximos de até 29 °C no horário da tarde apresentado menores valores na máxima temperatura interior que as casas tipo 7 e 9.

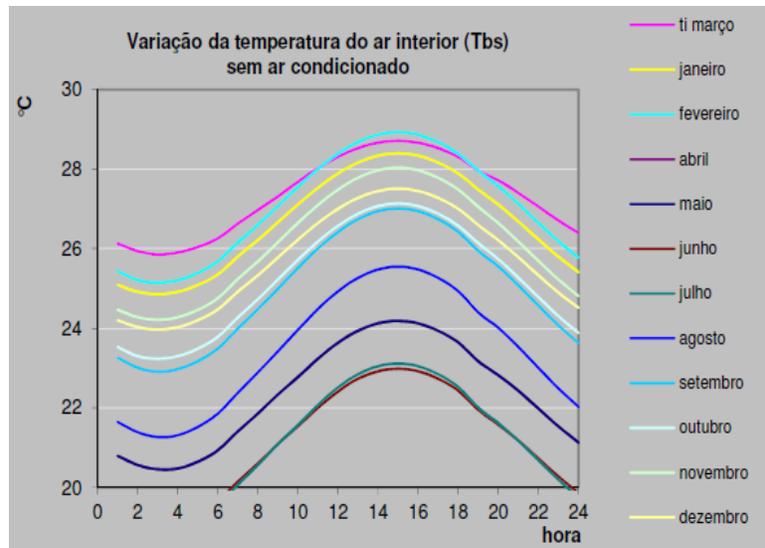


Figura 0.26. Variação horária e mensal da temperatura interna da casa construtivo tipo 11 para o período 2003-2006.

Na **Figura 28** apresenta-se as condições de conforto térmico para a casa do tipo 11, observa-se que 0% do ano este tipo de casa apresenta uma condição de quente, entanto que 90% do ano a condição é de confortável e cerca de 10% para frio. Comparando os três tipos construtivos comas mesmas condições climáticas são verificadas que a principal diferença a presença de momentos com condições quentes, frias ou confortáveis. A casa tipo 11 que apresenta os melhores matérias de construção tem a maior frequência de momentos de sensação de confortável.

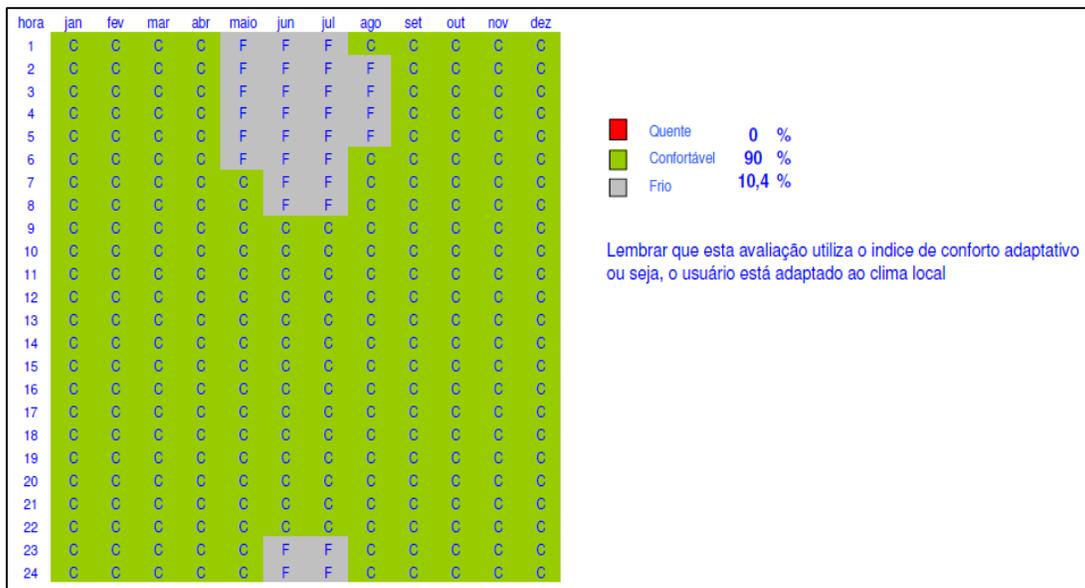


Figura 0.27. Conforto térmico interno da casa tipo 11 para o período 2003-2006.

Portanto, em função as casas consideradas (2, 7, 9 e 11) que são as que mais casos de chiado apresentaram, as casas com as melhores e piores qualidades de construção a casa tipo 7 apresentou mais desconforto para frio do que as demais. E isto está ligado ao fato de que apresenta mais casos de chiado entre todas as casas. A tipo 9, que fica em 2º lugar, apresenta tanto desconforto para frio como calor, ainda que menos do que as demais em relação ao frio. A casa 11 também apresenta desconforto para frio, menos que a do tipo 7, mas mais do que a 9.

Em relação ao desconforto por calor a casa tipo 9 apresentou mais casos de chiado do que as demais. Os outros tipos construtivos de casas de projeto chiado não foram consideradas nesta análise devido ao fato de apresentar poucos casos (menos do 40% entre as casas tipos 1,3,4,5,6,8,e 10).

3.1.7 Modelo pulmonar

Neste item são apresentados os resultados da simulação com ajuda de um modelo pulmonar de partículas (MPPD) que gera cenários de deposição de partículas no sistema respiratório superior e inferior. As simulações são para o material particulado fino e grosso.

Para rodar o modelo são consideradas condições de alta e baixa concentração para observar os possíveis impactos. As condições de simulação estabelecidas são para eventos de concentração máxima e mínima obtidas dos dados da rede da CESTESB dos estudos de casos, as condições de respiração, tamanho do pulmão são para uma criança de até 23 meses.

a) Fração de deposição por lóbulos.

Na **Figura 29** é representada a fração de deposição de partículas de 10 μm de diâmetro aerodinâmico com uma concentração de 4.4 g/m^3 , durante o período 15 de novembro de 2014 observa-se a data com maior concentração do MP10, observa-se que existe uma distribuição não homogênea nos lóbulos tanto direitos como esquerdos. A fração total dos dois lóbulos que correspondem ao pulmão esquerdo é de 0,151 em tanto que a fração observada nos três lóbulos do pulmão direito é 0,134.

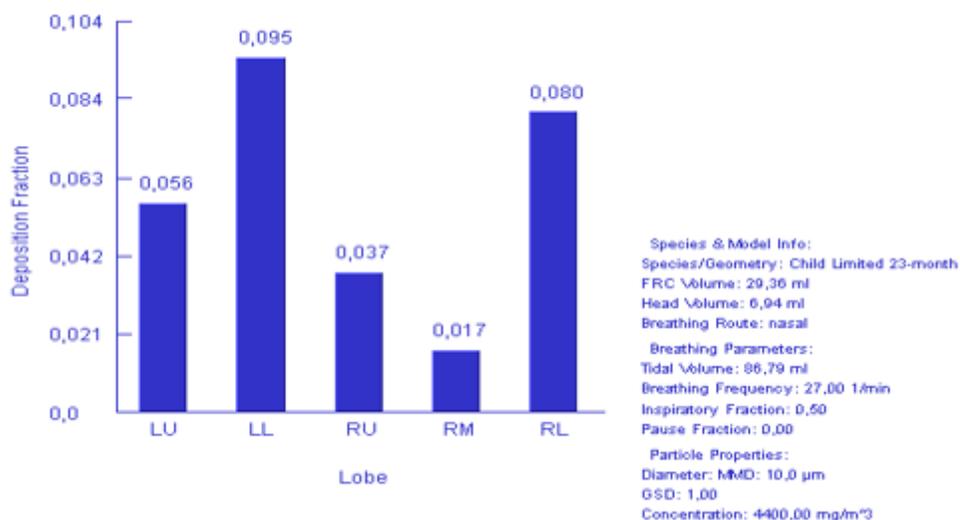


Figura 0.28. Fração de deposição de partículas grossas nos lóbulos para partículas de 10 µm com uma concentração depositada de 4.400 mg/m³.

Na **Figura 30** apresenta-se a fração de deposição de partículas nos lóbulos para o material particulado grosso com uma concentração de 2.100 mg/m³ e mantido as mesmas condições de respiração, pulmão e idade da criança do caso anterior. Observa-se que a fração de deposição para cada lóbulo fica igual para cada nível de concentração.

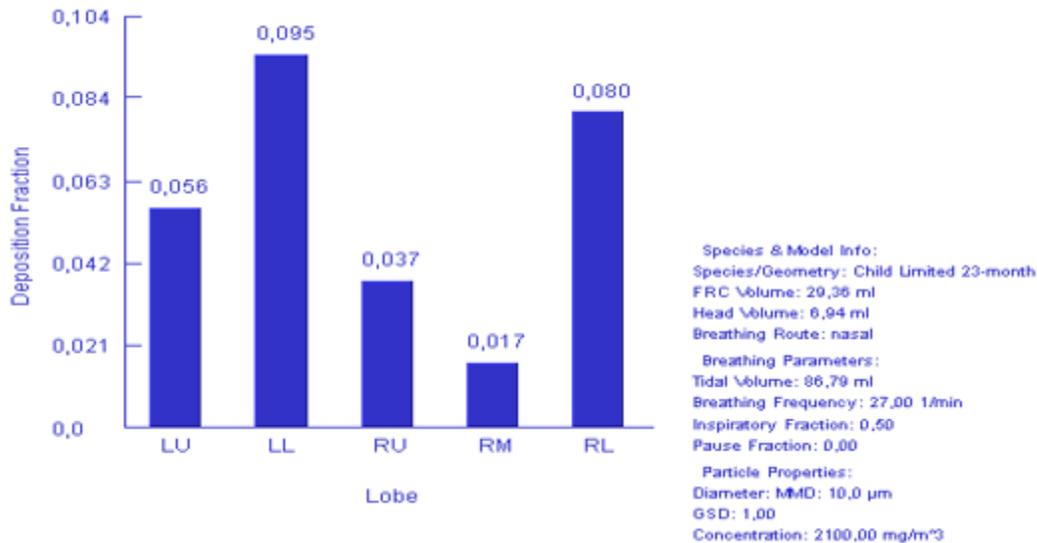


Figura 0.29. Fração de deposição de partículas grossas nos lóbulos para partículas de 10 µm com uma concentração de 2.100 mg/m³.

Na **Figura 31** apresenta-se a distribuição de deposição de material particulado de 5 µm de diâmetro aerodinâmico para uma concentração de 2.100 mg/m³, a fração de deposição por lóbulo apresenta uma variação em relação ao tamanho da particulado (de 10 µm). Neste caso 0,216 é a fração nos lóbulos esquerdos e 0,184 nos lóbulos direitos a fração no lado esquerdo apresenta uma maior deposição ao diminuir o tamanho da partícula.

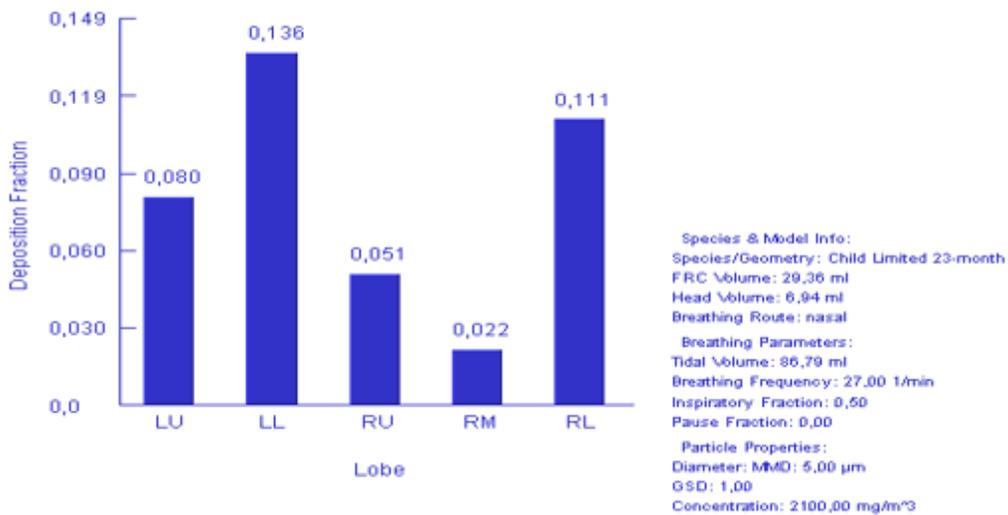


Figura 0.30. Distribuição de deposição de material particulado de 5 µm de diâmetro aerodinâmico para uma concentração de 2.100 mg/m³.

b) Fração de deposição no pulmão

Na **Figura 32** observa-se a fração de deposição de partículas de 5 µm com uma concentração de 2.100 mg/m³ para a região pulmonar que abarca as seguintes regiões: cabeça do pulmão, região traqueo-bronquial, região pulmonar e o total (soma das partes). De acordo com a figura verifica-se que na região da cabeça do pulmão tem uma fração de deposição de 0,345 sendo a região com maior fração de deposição, 0,155 na região traqueo-bronquial região com menor nível de deposição e finalmente de 0,256 no pulmão região com fração intermédia de deposição.

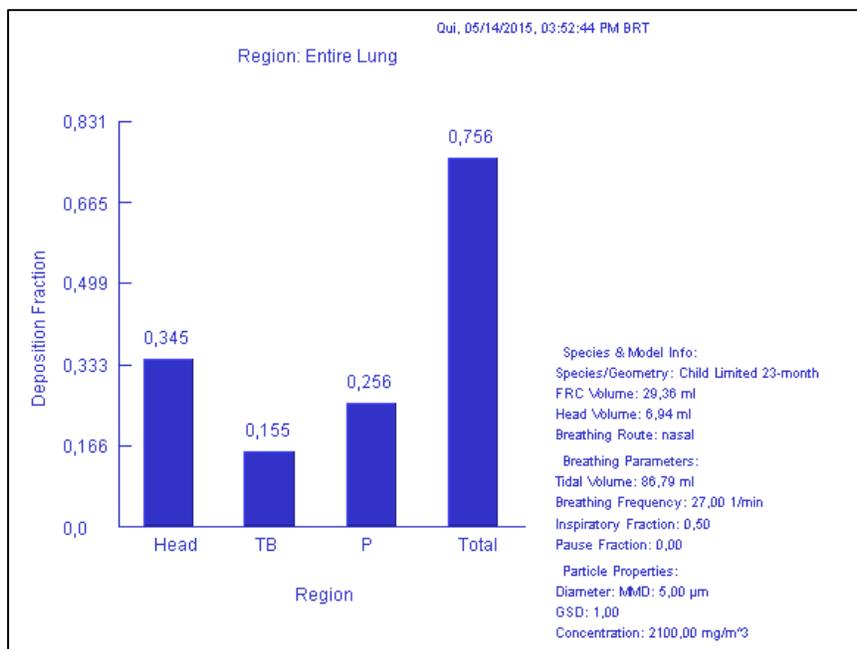


Figura 0.31. Deposição de partículas de 5 µm com uma concentração de 2.100 mg/m³ para a região pulmonar.

Na **Figura 33** observa-se a fração de deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 2.100 mg/m³. De acordo com a figura verifica-se que na região da cabeça do pulmão tem uma fração de deposição de 0,587 sendo a região com maior fração de deposição, 0,281 na região traqueo-bronquial região com fração intermédia de deposição e finalmente de 0,035 no pulmão região com menor nível de deposição.

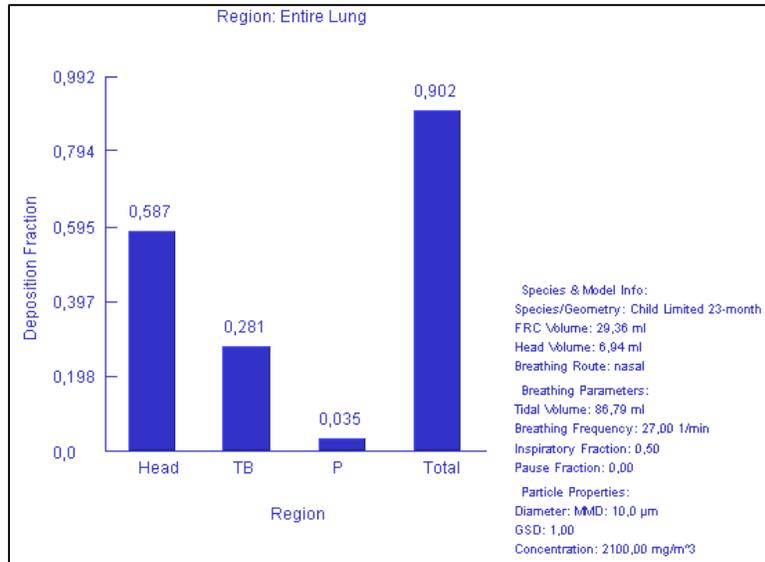


Figura 0.32. Deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 2.100 mg/m³ para a região pulmonar.

Na **Figura 34** observa-se a fração de deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 4.400 mg/m³. De acordo com a figura verifica-se que na região da cabeça do pulmão tem uma fração de deposição de 0,587 sendo a região com maior fração de deposição, 0,281 na região traqueo-bronquial região com fração intermédia de deposição e finalmente de 0,035 no pulmão região com menor nível de deposição.

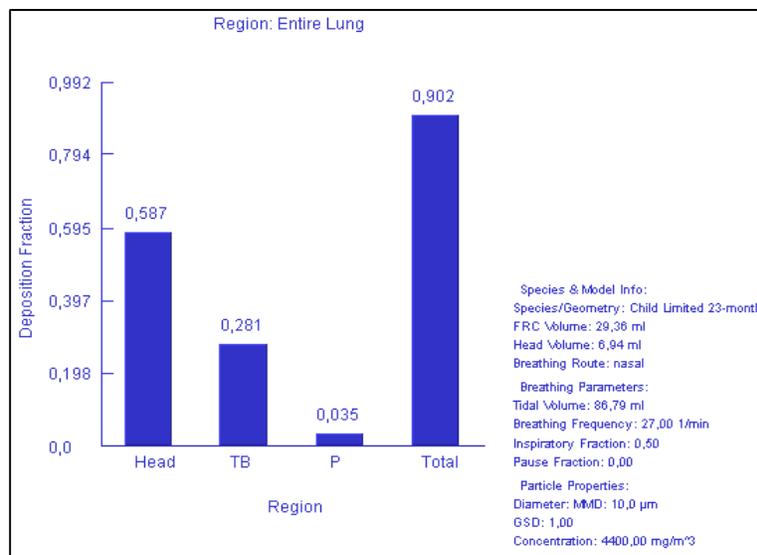


Figura 0.33. Deposição de partículas de 10 µm com uma concentração de 4.400 mg/m³ para a região pulmonar.

Comparando as duas últimas figuras, com o mesmo diâmetro mas com a metade da concentração, não foi observado uma variação na fração de deposição do material particulado mantendo as mesmas condições de respiração da criança.

Na simulação variando na metade o diâmetro da partícula observamos que para um diâmetro de 10 μm , o nível de deposição na cabeça do pulmão aumenta em mais de 70% indicando que uma maior quantidade de partículas grossas as quais podem ficar na parte superior do pulmão em relação às de diâmetro de 5 μm .

Para a região traque- bronquial observamos que também para o diâmetro de 10 μm a fração é 80% maior do que as partículas de 5 μm e finalmente para a região mais profunda do pulmão a fração de deposição fica muito menor para a partícula de 10 μm com 86% menos que para as partículas de 5 μm o que era de esperar (Pierse et al., 2006), mas q na criança isto fica ainda mais evidente.

As frações depositadas para crianças até 23 meses de idade segundo Winter (2002) foram as maiores que 0,8 considerando uma concentração de 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no pulmão inteiro, 0,28 na região superior e quase 0,6 na região traqueo-bronquial.

3.1.8 Dose total depositada no trato respiratório

Observa-se a **Figura 35** mostra a dose total depositada no trato respiratório para crianças menores de 2 anos e para partículas de 10 μm ; 5,6; 3,2; 1,8; 1; 0,56; 0,32; 0,18; 0,1 e 0,06 μm de diâmetro (ver seção 2.2.2.c). Considerando a máxima concentração observamos que o diâmetro de maior deposição e para o diâmetro de 3,2 μm com quase 1,8 $\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$, seguido do diâmetro de 5,6 μm com uma dose de quase 1,38 $\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$. Os diâmetros de 10 e 1,8 apresentam uma dose de 0,7 $\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$ após disso os demais diâmetros 0,32; 0,18 e 0,1 apresentam as mesmas

doses de deposição na distribuição é finalmente o diâmetro com menor dose depositada é a de 0,06 μm .

As partículas com diâmetro de 1 e 0,56 μm apresentam quase a mesma dose 0,4 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$, indicando assim uma diminuição na deposição de partículas no trato respiratório quando os diâmetros vão ficando menor.

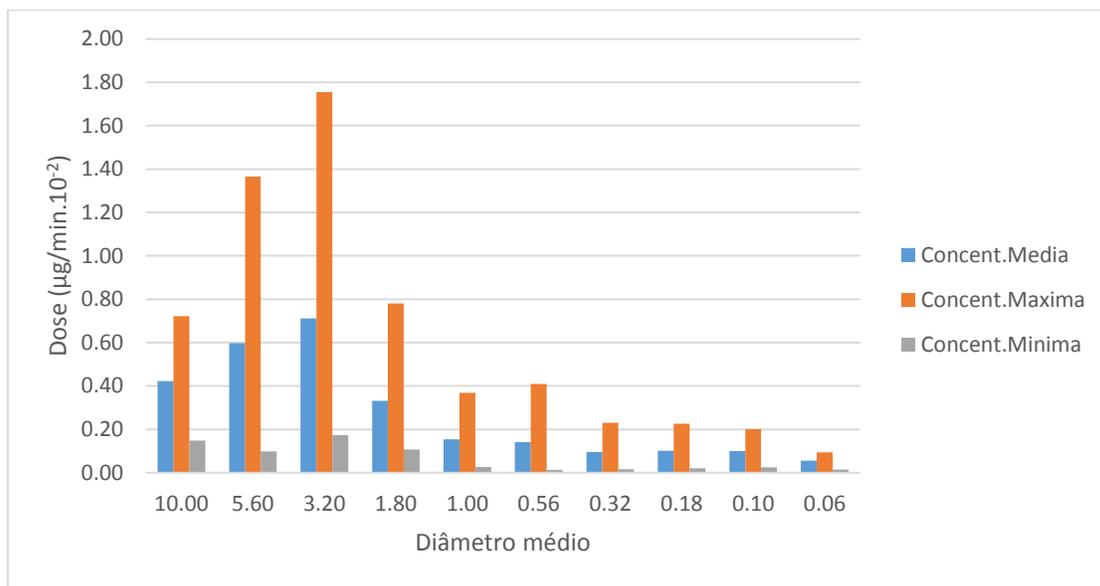


Figura 0.34. Dose Total depositada no trato respiratório para partículas para crianças menores de 2 anos.

Segalin et al.(2016) encontrou para a RMSP que a dose de deposição de partículas para adultos maiores em função a atividade física que eles faziam, homens fazendo exercícios leve apresentaram uma RDD (razão de dose depositada) de 30 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$, mulheres na mesma condição valores um pouco menor a 30 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$, uma diferença importante entre o trabalho de Segalin et al. (2016) e a presente teses são as condições do tamanho do pulmão e a frequência de respiração já que a tese orienta o estudo a criança menores de 2 anos e a forma de amostragem dos dados a partir do impactador em cascada.

Para comparar na **Figura 36** apresenta-se a dose total depositada para adultos feito nesta tese considerando as condições de frequência de respiração e volume tida do adulto, as maiores doses observadas são para o diâmetro de 0,56 μm , 3,2 μm e 0,32 μm com valores acima de $6 \mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$ com valores 5 vezes menos que de Segalin et al. (2016).

As doses depositadas em relação as concentrações mínimas apresentam a mesma forma da máxima concentração. Os diâmetros de 3,2 μm , 10 e 5,6 são os diâmetros com maior dose, a variabilidade em relação a concentração máximo é menor

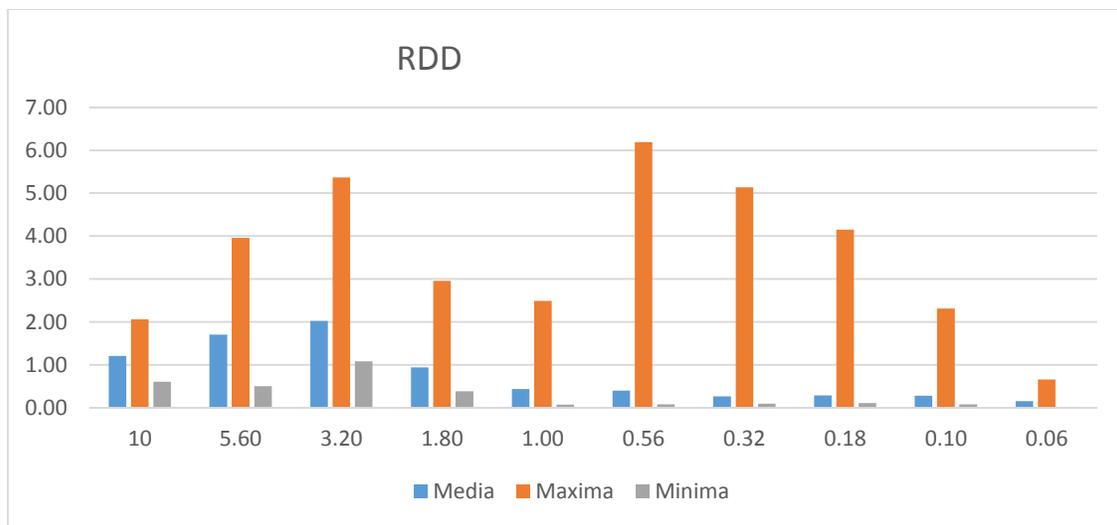


Figura 0.35. Dose total depositada no trato respiratório para partículas para adultos.

3.2 Estudos de casos de chiado

Nesta seção são apresentados os estudos de casos, as condições de qualidade do ar para esses períodos e as condições sinóticas e meteorológicas. Os estudos de caso são para as data onde as casas estudadas apresentaram mais casos de chiado no período do projeto (ver os perfis térmicos destas casas na seção 3.2).

Foram escolhidos quatro casos (27 de maio de 2004, 21 de outubro de 2004, 14 de abril de 2005 e 28 de novembro de 2005) de estudo onde as crianças moradoras destas casas apresentaram a maior quantidade de eventos de chiado, totalizando 14 casos de chiado nesses quatro dias de estudo representando o 5% do total de chiado.

Em relação à quantidade de casos por tipos de casa temos que 347 casos são os observados nas casas tipo 2, 7, 9 e 11 (maior que 71% do total de casos para todas as casas). Onde 49 casos são para a casa tipo 2, 107 casos são para a casa tipo 7, 106 casos para a casa tipo 11 e 85 casos para a casa tipo 9. Sendo a casa tipo 3 que apresenta a maior probabilidade de ocorrência de chiados em concordância a tabela 8.

Lembrando que os estudos de casos não foram só baseados nos tipos construtivos e sim na quantidade de eventos isolados.

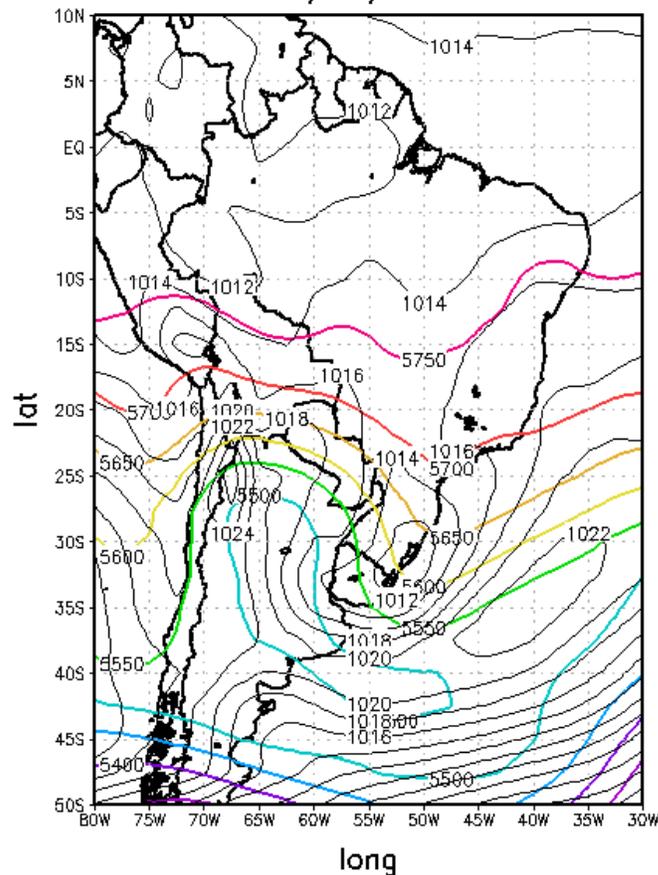
3.2.1 Primeiro caso de 27/05/2004.

O primeiro caso foi o dia 27 de maio de 2004 data onde foram registrados 4 casos de chiado para as casas tipos 7 (2 casos) e 11 (2 casos). A seguir são apresentadas as condições sinóticas para este caso, condições de qualidade do ar (dia do chiado e 14 dias antes como *lag*), condições de temperatura do ar interna e condições meteorológicas externas das casas com dados meteorológicos do IAG USP e por fim, doses de deposição de partículas no sistema respiratório.

a) Condições sinóticas

Na carta da superfície de 27 de Maio de 2004 (**Figura 37**), um sistema de baixa pressão está bem definido no Atlântico Sul. Uma frente fria entra 2 dia antes no continente ao longo do leste do Brasil. Em São Paulo, há condição de céu nublado com ventos predominantes do setor sul, a temperatura máxima de 18 °C e uma mínima de 9 °C na Estação do IAG.

Pressão sup (hPa) e espesura 1000–500 (m)
25/05/2004



GrADS: COLA/IGES

2017-08-17-19:54

Figura 0.36. Carta da superfície de 27 de Maio de 2004. Fonte: NCEP-NCAR

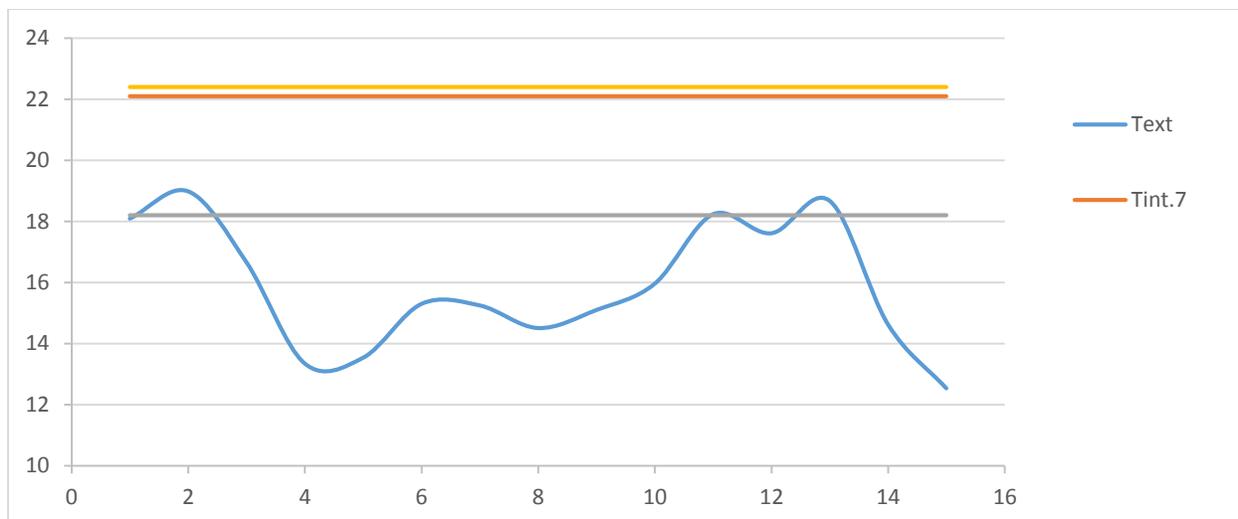


Figura 0.37. Temperatura interna, externa e média entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.

Na **Figura 38** observa-se a evolução da temperatura externa do ar (cor azul) (dados do IAG USP), temperatura média interna das casas 7 (cor marrom) e 11 (cor laranja) para o mês de maio de 2004 (Temperatura gerada com ajuda do Termicus) e a temperatura média externa para maio 2004 (cor cinza) para o período do primeiro estudo de caso.

A variabilidade observada na temperatura do ar externo não apresenta uma amplitude de 6 °C no período de 15 dias, para a data do chiado. Observa-se que a mais baixada temperatura média registrada na estação do IAG USP foi de 12,5°C coincidindo com a atuação da frente fria na RMSP.

Comparando a variabilidade da temperatura do ar em relação aos valores médios tanto para as casas 7 e 11 observa-se que são maiores aos valores registrados na estação meteorológica. Notar que no dia do evento, a diferença entre ambas as casas e o ambiente externo chegou a 6 ou 7°C, dependendo da casa.

A casa tipo 11 apresenta um valor médio superior a casa tipo 7 de apenas 1,3°C, indicando assim que em média as condições das casa em relação ao ambiente externo e de calor gerando porem situações de mudanças na

temperatura do corpo e facilitando situações para o desenvolvimento do chiado devido ao desconforto térmico entre os ambientes.

b) Condições de qualidade do ar

Na **Figura 40** observa-se a variação diária do ozônio troposférico, apresenta um valor quase constante entre os dias 13 e 15 de maio, a partir do dia 15 até o dia 16 observa-se um aumento significativo (de 5 até mais de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) da concentração de O_3 , seguido de uma diminuição marcada entre os dias 16 até o dia 19 para depois se manter quase constante até o dia 23. Depois se observa uma diminuição significativa no dia 24, tendendo-se assim a um mínimo de concentração no período considerada.

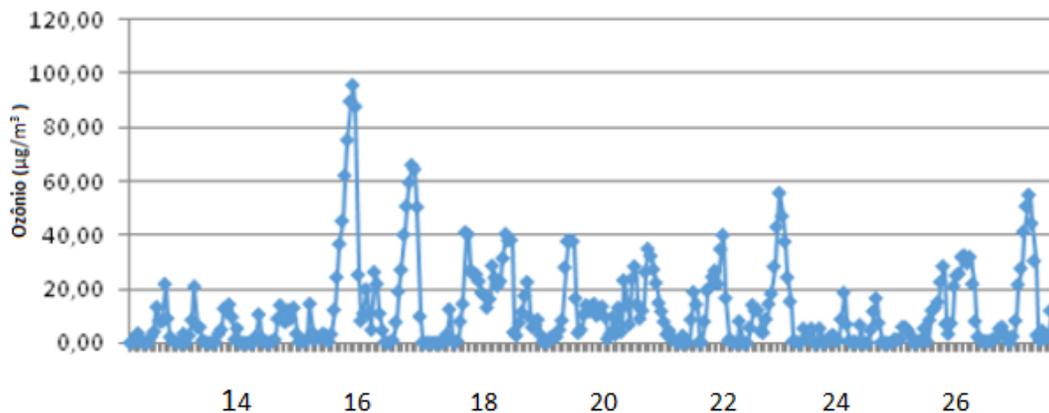


Figura 0.38. Variação horária no ozônio troposférico entre o dia 13 e 27 de maio de 2004. Fonte: CESTESB

Outro poluente considerado foi o NO_2 na **Figura 41**, observa-se a variação horária deste poluente no período. A concentração máxima registrada foi de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o máximo valor permitido segundo os padrões da CONAMA 1990 é de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em uma

hora. No período de estudo este valor mencionado foi observado em dois dias, abaixo do valor máximo limite.

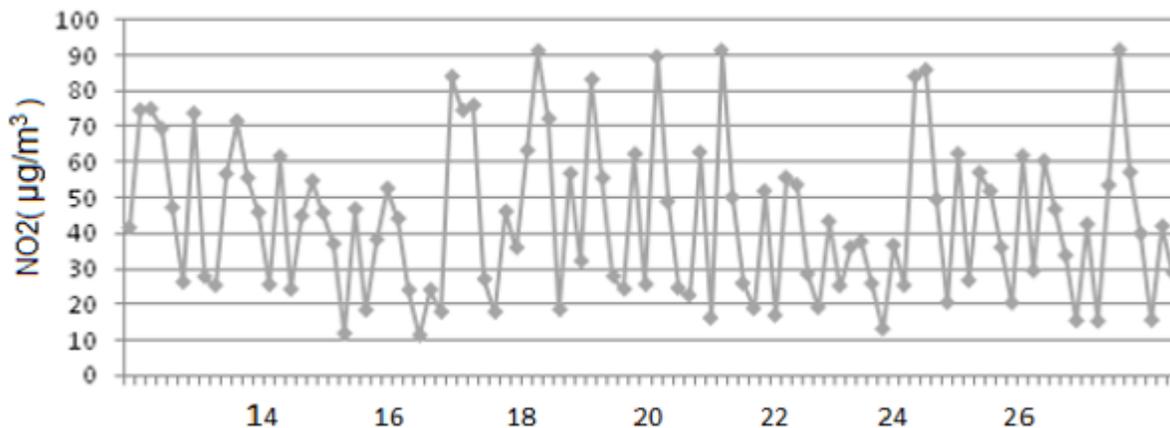


Figura 0.39. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.

Na **Figura 42** observa-se a variação diária do dióxido de enxofre para o período, a concentração apresenta um valor relativamente alto de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mas abaixo do padrão Estadual (de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), no dia 16 de maio.

Após este pico, observa-se uma queda na concentração o dia 17 e ficando quase constante até o dia 19. Depois deste dia, a concentração do poluente apresenta um aumento entre os dias 20 e 22 de maio tendo logo uma queda significativa até o dia 25 de maio para finalmente aumentar novamente a concentração.

Em comparação com a média aritmética para a estação Ibirapuera que foi de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ temos que vários dias são ultrapassados esse valor chegando até $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 21 de maio. O padrão de qualidade do ar estabelecido na época de acordo com os Padrões observando-se que nenhum dia deste período fica acima da norma.

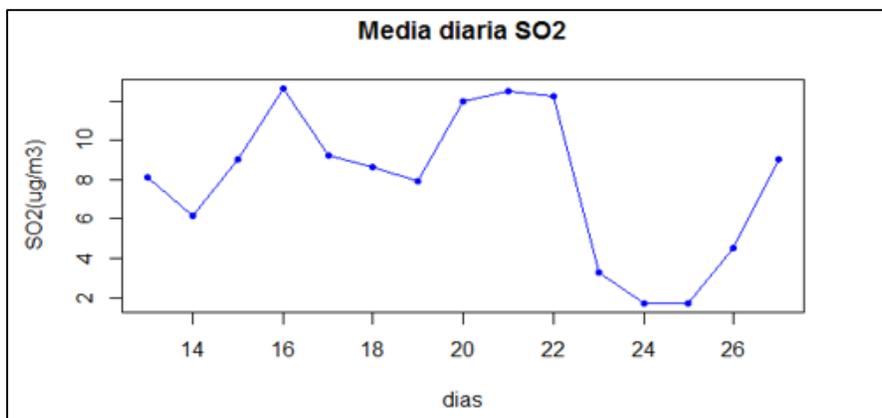


Figura 0.40. Variação diária do dióxido de enxofre entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.

Na **Figura 43** observa-se a variação diária do material particulado MP10. Esta variação é cíclica da concentração de MP10 desse o dia 14 até o dia 15 de maio de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ até 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No dia 15 a concentração aumenta até o dia 18 chegando a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e logo uma queda até o dia 21 chegando ao mesmo valor de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Um novo aumento foi observado com valor máximo concentração no dia 24 de maio e seguido finalmente de uma diminuição da concentração até o mínimo valor o dia 26 de maio e a partir desse momento aumenta novamente da concentração para o dia do chiado. A média aritmética diária para o MP10 foi de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tendo assim 4 dias que ficaram acima desse valor médio (dias 13, 17, 18 e 24 de maio).

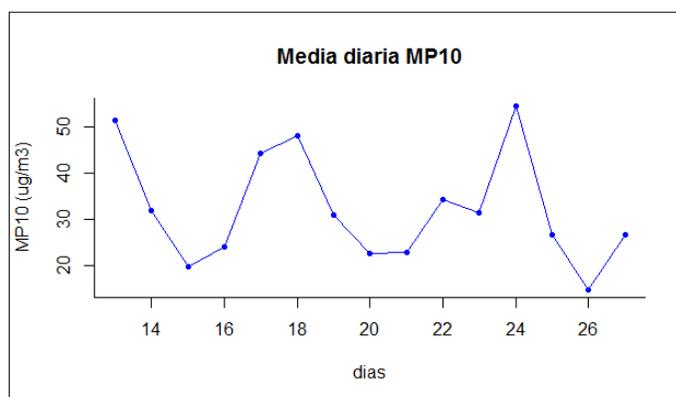


Figura 0.43. Variação diária do material particulado MP10 entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.

Na **Figura 44** observa-se a variação horária do monóxido de carbono, a concentração do monóxido apresenta uma variação entre 0,3 e 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no período. Entretanto 3 dias antes do chiado observa-se o máximo valor atingido neste caso chegando até 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como maior valor que comparando com o padrão de qualidade do ar fica muito abaixo do padrão que recomenda até 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

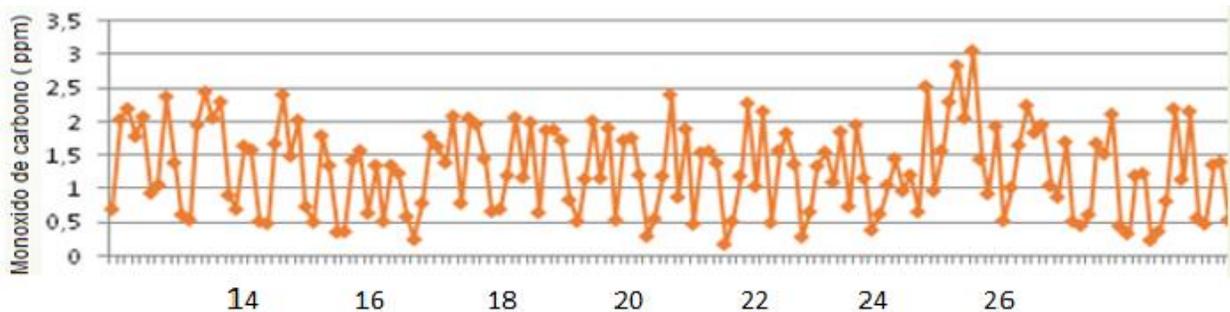


Figura 0.44. Variação diária do monóxido de carbono entre o dia 13 e 27 de maio de 2004.

c) Dose total depositada no trato respiratório

As dose depositadas no trato respiratório são apresentadas para as concentrações de MP10 e MP2,5 (geradas a partir de uma interpolação dos dados da Estação Ibirapuera) e para crianças ate e anos de idade e adultos até 21 anos de idade, devido ao fato que para o período do projeto chiado a rede da Cetesb não tem estações automáticas e só manuais.

Na **Tabela 16** é apresentada a dose depositada no trato respiratório para o primeiro estudo de caso. As doses foram calculadas para material particulado de 10 μm e 2,5 μm cujas concentrações são conhecidas para a data do chiado. A dose total de depositada no trato respiratório para crianças foi maior para o material particulado grosso (10 μm) com uma dose de 11,09 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$ e de 2,86 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$ para caso do material particulado de 2,5 μm , segundo a tabela 18 o material particulado grosso

apresenta quase 75% mais deposição que o fino. Considerando a deposição em adultos, observa-se que a dose foi 38% maior que nas crianças. O fato de ter maior dose depositada em adultos em relação às crianças pode estar associado ao valor do volume obtido, já que em adultos, o volume pulmonar é 81% maior que as crianças. E ainda, a frequência das crianças é maior do que dos adultos em 48%, segundo Motersen et al. (1984). Pulmão menor da criança maior impacto e frequência maior .

Comparando com Segalin et al. (2016) para partículas de 10µm cujo diâmetro médio e de 5 µm temos que homens e mulheres fazendo exercícios leves apresentaram uma dose de deposição de partículas RDD da mesma ordem de grandeza como mostra a tabela 18 obtidos para adultos.

Kumar et al (2017) encontrou que a dose de deposição de partículas RDD para crianças em idade escolar apresentam valores 8 µg/min.10⁻² para partículas grossas e 3 µg/min.10⁻² para partículas finas dando valores da mesma ordem de grandeza que os obtidas na RMSP na presente tese. Além disso, Rivas et al 2017 encontrou na Londres valores de exposição RDD entorno a 5,8 µg/min.10⁻² para cenários de máxima concentração de material particulado sobre uma estrada. Todos, portanto, da mesma ordem de grandeza. Contudo, apesar da mesma ordem de grandeza, observa-se que para o PM10 o RDD é mais elevado que os obtidos na literatura.

Tabela 14. Dose depositada no trato respiratório para o primeiro caso de chiado considerando crianças até 2 anos de idade e adultos.

Diâmetro médio (µm) Particulado fino (2,5) e grosso (10)	RDD para crianças (µg/min.10 ⁻²)	RDD para adultos (µg/min.10 ⁻²)	RDD (µg/min.10 ⁻²) Kumar et al 2017 para crianças em idade escolar	RDD (µg/min.10 ⁻²) Rivas et al 2017.	RDD (µg/min.10 ⁻²) Segalin et al 2016 para adultos maiores.
1,125	2,86	8,16	3	5,8	> 5
5	11,09	31,63	8		

d) Conforto térmico

No primeiro estudo de caso as casas tipo 7 e 11 são as que apresentaram eventos de chiado, de acordo a figura 24 (do item 3.2) observamos que em data 27 de maio de 2004 a casa tipo 7 apresenta 37,5% de frequência de sensação de frio observados das 23 horas até as 7 da manhã do dia seguinte, as demais horas do dia e observado um 62,5% de sensação de confortável. Neste mês a sensação de calor não e observada.

Em relação à casa tipo 11 observamos que de acordo a figura 28 (do item 3.2), na data do chiado, apresenta 25% de frequência de sensação de frio observados das 1 horas até as 6 da manhã, as demais horas do dia e observado um 75% de sensação de confortável. Neste mês a sensação de calor não e observada.

Para o primeiro estudo de caso temos a atuação de uma frente fria na RMSP, a frente fria produz uma descida na temperatura do ar externo ao domicilio. Além disso, de acordo com a época da ocorrência deste estudo e considerando as casas que apresentaram os casos de chiado (7 e 11), em termos de conforto térmico são verificados situações de frio no mês principalmente no horário da noite, a casa tipo 7 apresenta uma maior porcentagem de sensação de frio que a casa tipo 11, ou seja, os intercâmbios térmicos entre o ambiente exterior e o interior são melhores na casa tipo 7 que além disso apresenta uma construção com matérias de menor qualidade em relação a casa 11. No entanto, ambas tiveram chiados neste evento, o que indica, fatores meteorológicos e de poluição do ar, como dominantes.

Deste ponto de vista da poluição do ar observamos que somente o dióxido de nitrogênio ficou acima do normal de qualidade do ar e os demais poluentes com concentrações menores que os valores recomendados. Observar que o dióxido de nitrogênio foi a única variável ambiental na segundo a matriz de correlação (tabela 7) apresentou uma correlação muito baixa de 0,1 mas com valor significativo. Em relação às doses depositadas no trato respiratório, as partículas grossas (diâmetro médio de 5µm) são as de maior quantidade depositadas em relação às partículas finas.

Concluindo-se no primeiro estudo de caso verifica-se que as principais variáveis com associação ao chiado podem a presença do dióxido de nitrogênio que apresentou a maior concentração entre as variáveis de qualidade do ar, além disso, à atuação da frente fria na RMSP no período também poderia favorecer ao desenvolvimento do chiado na região. Adicionalmente são observados que as doses depositada no sistema respiratório é máxima 2 dias antes do chiado coincidindo com as máximas concentrações do material particulado indicando assim períodos de máxima deposição para as crianças no sistema e porem aumentando os níveis de fechamento no sistema respiratório e dificultando a respiração.

3.2.2 Segundo caso 21 de outubro de 2004

O segundo caso foi o dia 21 de outubro de 2004 data onde foram registrados três casos de chiado na casa tipo 7. A seguir são apresentadas as condições sinóticas para essa data, condições meteorológicas externas das casas com dados meteorológicos do IAG USP, condições de qualidade do ar (dia do chiado e 14 dias antes como *lag*), doses de deposição de partículas no sistema respiratório e condições de conforto térmico.

a) Condições sinóticas

Na carta da superfície de 21 de outubro de 2004 (**Figura 46**), um sistema de alta pressão é observado no Atlântico Sul bem definido, de modo que uma condição de tempo bom prevalece sobre o sul do Brasil. Uma massa de ar frio e estável domina São Paulo.

ambiente externo e de calor gerando situações de mudanças na temperatura bruscas do ambiente e facilitando situações para o desenvolvimento do chiado devido ao desconforto térmico.



Figura 0.47. Evolução da temperatura externa do ar para os dias 1 a 15 de outubro de 2004.

a) Condições de qualidade do ar

Na **Figura 48** observa-se a variação horária do dióxido de nitrogênio para este caso, a concentração máxima registrada foi de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o máximo valor permitido segundo os Padrões da CESTESB e de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em uma hora ficando a concentração abaixo do limite.

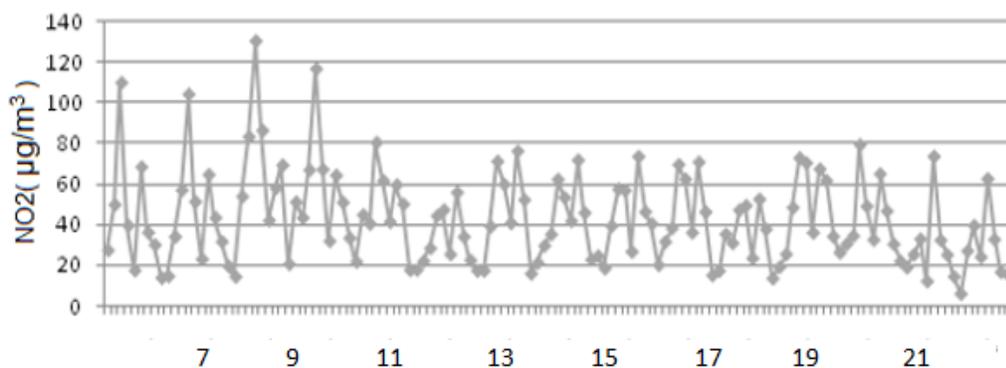


Figura 0.48. Variabilidade diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.

A **Figura 49** indica a concentração diária de dióxido de enxofre, desde o dia 7 de até o dia 10 observa-se um aumento da concentração até $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir do dia 10 até o dia 14 diminui até $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre os dias 14 e 16 de outubro a concentração não apresenta uma forte variação ficando entre 2 e $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Depois é observado um aumento até o 18 de outubro atingindo $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e seguido de uma forte diminuição chegando a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 19, entre o dia 19 e 20 de outubro a concentração não apresenta uma variação para finalmente aumentar até o dia 21, onde houve o dia do chiado.

Neste caso a máxima concentração ficou abaixo da média aritmética de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para esse ano e estação no período e coincidindo com a data dos chiados. De acordo com a Resolução do CONAMA para o dióxido de enxofre no período não apresenta dias com valores acima da norma.

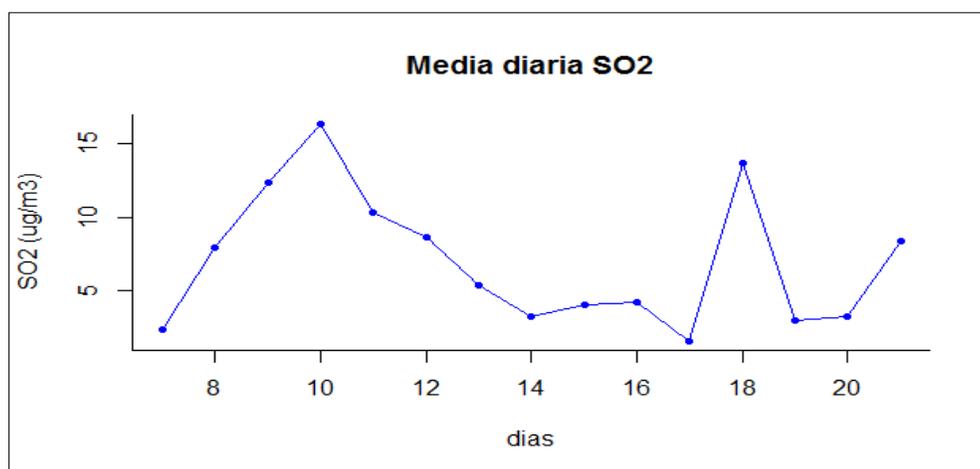


Figura 0.49. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.

A concentração de ozônio examinada na **Figura 50**, apresenta um aumento no início, desse o dia 7 de outubro até o dia 12, a partir de onde observa-se uma queda na concentração até o dia 15 do mesmo mês. A partir deste dia 15 a concentração aumenta até o dia 16 ficando quase constante a concentração até o dia do chiado (21 de outubro) que tive 3 casos.

Já o ozônio representa um poluente secundário devido a sua interação com os precursores e a radiação solar, os períodos de baixa concentração podem estar associados a dia com alta cobertura de nuvens devido à atuação de um sistema frontal na região.

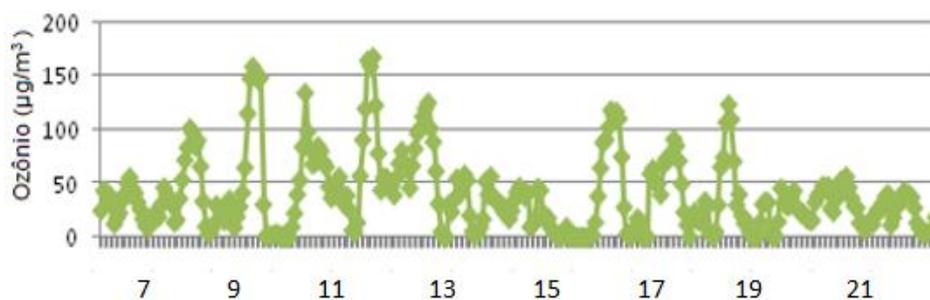


Figura 0.50. Variação horária do ozônio entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.

A concentração média diária de MP10 é observada na **Figura 51**, observa-se um aumento a partir do dia 7 de outubro até o dia 10 de outubro, a concentração diminui até o dia 11 e depois aumentar até dia 12.

A partir desse dia até o dia 14 o comportamento do MP10 apresenta uma diminuição para finalmente apresentar um comportamento quase constante até o dia 21 de outubro. A média aritmética para a estação para o MP10 foi de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tendo assim quatro dias que ficaram acima desse valor médio.

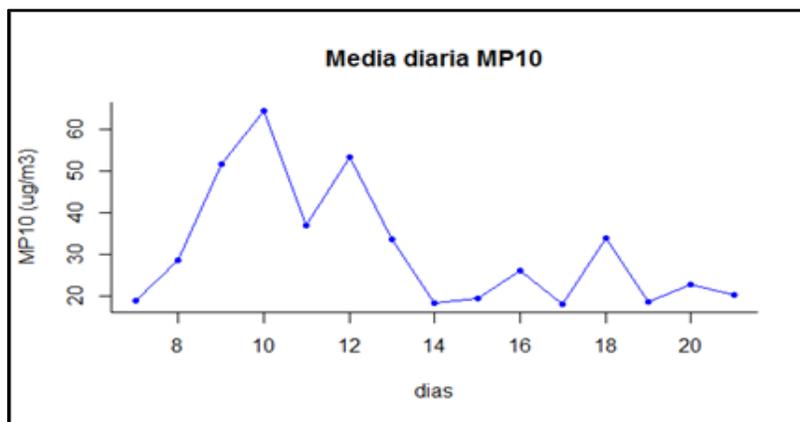


Figura 0.51. Variação diária do material particulado MP10 entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.

Na **Figura 52** observa-se a variação horária do monóxido de carbono, a concentração do monóxido apresenta uma variação no período. Contudo 3 dias antes do chiado observa-se o máximo valor atingido neste caso chegando até $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e ficando com uma concentração abaixo do padrão de qualidade do ar que recomenda até $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

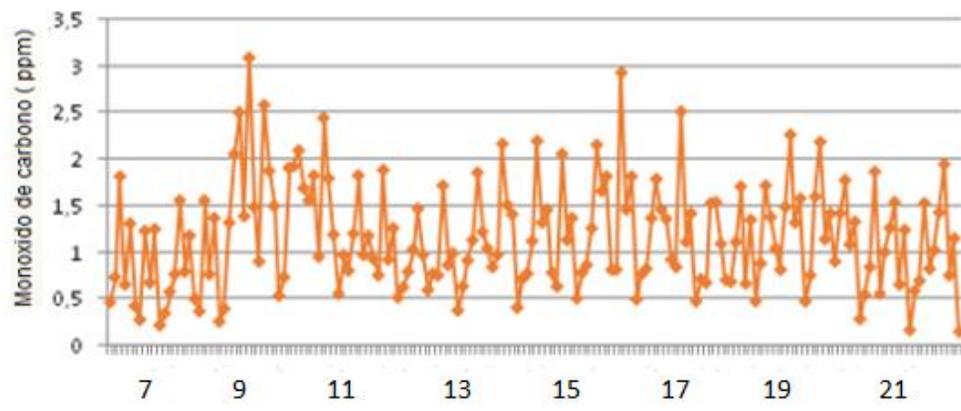


Figura 0.52. Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 7 e 21 de outubro de 2004.

e) Dose total depositada no trato respiratório

Na **Tabela 17** é apresentada a dose depositada no trato respiratório para o segundo estudo de caso. As doses foram calculadas para material particulado de $10\ \mu\text{m}$ e $2,5\ \mu\text{m}$ cujas concentrações são conhecidas para a data do chiado.

A dose total de depositada no trato respiratório para crianças é maior para o material particulado grosso ($10\ \mu\text{m}$) com uma dose de $15,53\ \mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$ e de $4,12\ \mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$ e observada 11 dias antes do chiado, para caso do material particulado de $2,5\ \mu\text{m}$, segundo a tabela 19 o material particulado grosso apresenta quase 73% mais deposição que o fino.

Considerando a deposição em adultos observamos que em adultos a dose é 38% maior que nas crianças (tanto fino como grossos). O fato de ter maior dose depositada em adultos em relação as crianças pode estar associado ao valor do volume tidal já que em adultos dito valor é 81% maior que as crianças e ainda tendo a frequência das crianças maior do que dos adultos por 48% Motersen (1984). Pulmão menor da criança maior impacto y frequência maior.

Comparando com Segalin et al. (2016) apresentam a mesma ordem de grandeza que obtidos para adultos, no entanto os valores para a dose com 10 μm são maiores que a literatura em 56% (Kumar et al 2017, Rivas et al 2017 e Segalin et al 2016) e acima do caso anterior em 28% para partículas grossas e 30% maior para partículas finas.

Tabela 15. Dose depositada no trato respiratório para diferentes concentrações do MP.

Diâmetro médio (μm)	RDD para as crianças ($\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$)	RDD para os adultos ($\mu\text{g}/\text{min} \cdot 10^{-2}$)
1.125	4,12	11,75
5	15,53	44,28

d) Conforto térmico

No segundo estudo de caso a casa tipo 7 foi a que apresentou o evento de chiado, de acordo a figura 24 (do item 3.2) observamos que em data 21 de outubro de 2004 a casa tipo 7 apresenta 12,5% de frequência de sensação de frio observados das 2 da manhã até as 5 horas da manhã, as demais horas do dia e observado um 87.5% de sensação de confortável. Neste mês a sensação de calor não e observada neste tipo de casa.

Para este segundo estudo de caso, não temos do ponto de vista sinóptico a atuação de uma frente fria na RMSP, e observa-se um sistema de alta pressão com tempo bom e vento em calmaria. Ademais, de acordo com a época da ocorrência deste estudo de caso e considerando a casa que apresentou casos de chiado foi somente a 7. As condições de conforto térmico interno da casa e no mês de outubro a casa tipo 7 apresenta só 3 horas (das 24 do dia) com sensação de frio e os restante sensação de confortável, os dados meteorológicas não mostram uma variação na série para o período do segundo estudo de caso, como citado no caso anterior.

Em relação aos parâmetros de qualidade do ar temos que tanto o material particulado grosso PM_{10} $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11 dias antes do chiado), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 dias antes) ficaram acima do padrão ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). O óxido de nitrogênio ficou com uma concentração igual ao padrão de qualidade do ar de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ segundo os Padrões da CESTESB e os demais poluentes apresentam valores abaixo do padrão.

Em relação às doses depositadas no trato respiratório, as partículas grossas são as que maior quantidade foi depositada em relação às partículas finas tanto para as concentrações mínimas como máximas concordando com os padrões ultrapassados para o material particulado grosso para este estudo de caso, adicionalmente são observados que as doses depositada no sistema respiratório é máxima 11 dias antes do chiado coincidindo com as máximas concentrações do material particulado indicando assim períodos de máxima deposição para as crianças no sistema respiratório. Os valores obtidos para RDD condizem com o aumento os níveis de fechamento no sistema respiratório e dificultando a respiração.

Neste estudo de caso observamos as variáveis como maior possibilidade de influenciar no desenvolvimento de chiado está associada ao material particulado grosso e oxido de nitrogênio por ter apresentado valores acima dos padrões nacionais.

3.2.3 Terceiro caso 14 de abril de 2005.

O terceiro caso foi o dia 14 de abril de 2005 data onde foram registrados 4 casos de chiado para as casas tipos 7 (3 casas) e 9 (1 casa). A seguir são apresentadas as condições sinóticas para essa data, condições meteorológicas externas das casas com dados meteorológicos do IAG USP, condições de qualidade do ar (dia do chiado e 14 dias antes como *lag*), doses de deposição de partículas no sistema respiratório e condições de conforto térmico.

Condições sinóticas

Na **Figura 55** observa-se a carta de superfície correspondente ao dia 14 de abril do ano 2005. As linhas pretas representam a pressão ao nível do mar, a espessura entre a camada de 1000 e 500 hPa. Observa-se uma alta pressão no Oceano Atlântico em 35S e 40W com centro de 1024 hPa, e uma baixa pressão sobre a região nordeste da Argentina, Uruguai e sul do Brasil com centro de 1012 hPa. A alta pressão produz uma circulação de ventos no sentido anti-horária, e pode se esperar ventos do setor leste para a cidade de São Paulo, pela posição da mesma.

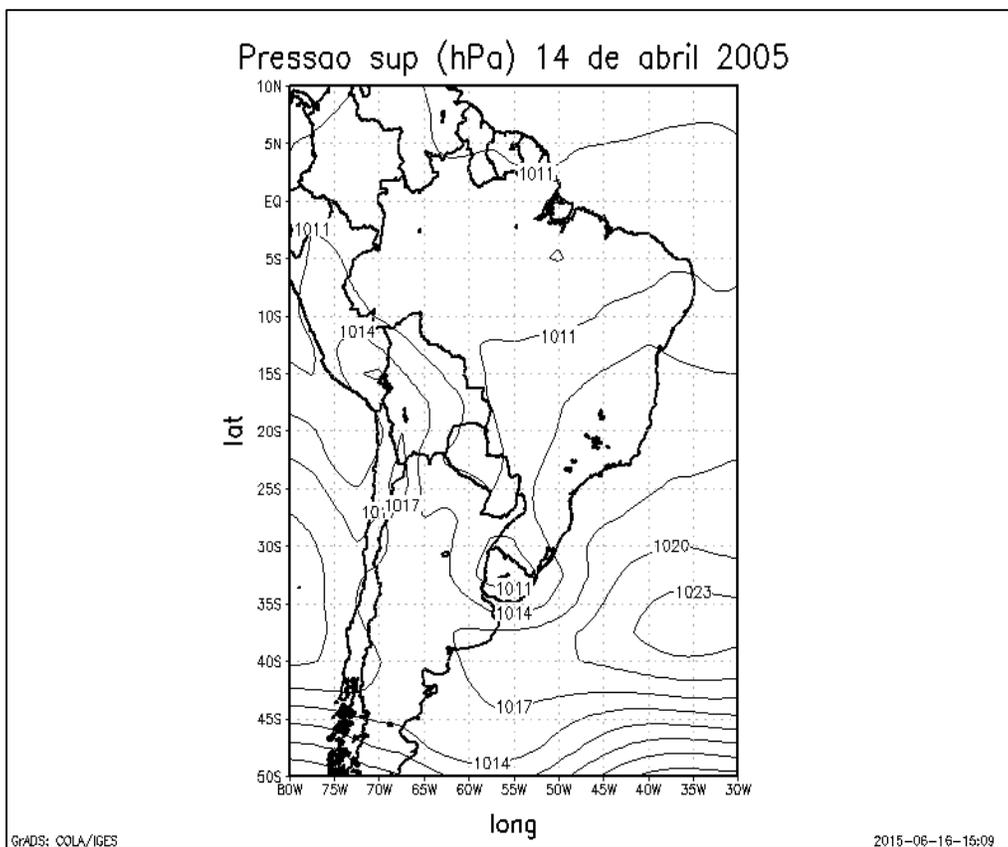


Figura 0.42. Carta da superfície de 14 de abril de 2005.

Na **Figura 56** observa-se a evolução da temperatura externa do ar (cor azul) (dados do IAG USP), temperatura média interna das casas 9 (cor laranja) e 7 (cor cinza) para o mês de abril de 2005 (Temperatura gerada com ajuda do termicus) e a temperatura média externa para abril 2005 (cor vermelho) para o período do terceiro estudo de caso, a variabilidade observada na temperatura do ar não apresenta uma amplitude maior aos 8 °C no período de 15 dias, 9 dias antes do chiado es registrado a mínima temperatura media diária do período com valor de 20 °C . Comparando a variabilidade da temperatura do ar em relação aos valores médios tanto para as casas 7 e 9 observa-se que neste estudo caso existem dias onde a temperatura do ar foi superior aos valores médios para os dois tipos de casa, este fato do ponto de vista térmico é importante por que nesses períodos a temperatura exterior e igual à da casa

não sendo observado variação de temperatura. Além disso, são observados dias onde os valores da temperatura do ar supera o valor médio (para os dois tipos de casa) para valores acima e baixo da media, indicando para essas datas períodos onde as pessoas tinham sensação de frio (quando a temperatura da casa fosse menor) e calor (a temperatura da casa fosse maior) ao ambiente. Entre as duas casas a diferença do valor médio e de apenas 0,7 °C a casa tipo 11 tem maior média em relação a casa tipo 7).

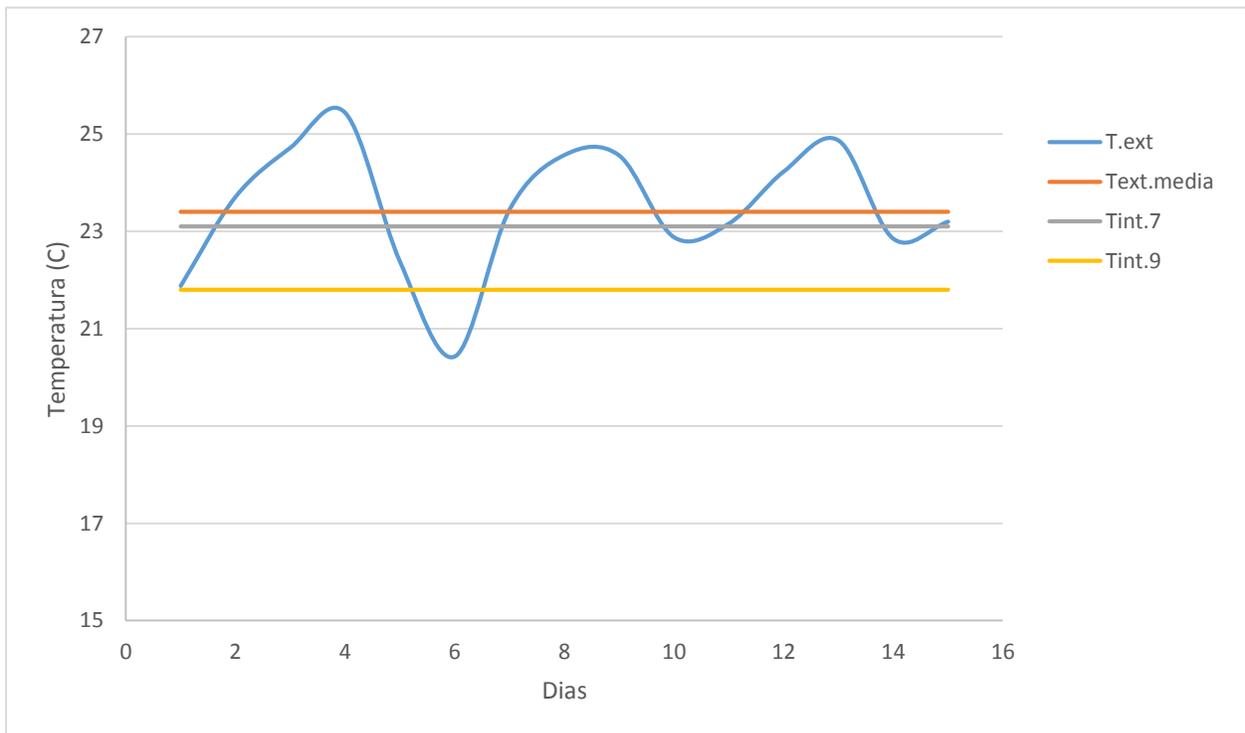


Figura 0.436. Evolução da temperatura externa, interna das casas 7 e 9 do ar para 1 a 15 de abril de 2005. Fonte: IAG USP.

a) Condições de qualidade do ar

Em relação à qualidade do ar para o terceiro período na **Figura 57** observa-se a variação temporal do dióxido de enxofre desde o dia primeiro de abril até o dia 15 do mesmo mês sabendo que o dia 14 teve o evento de chiado. Entre os dias primeiro e seis de abril, a concentração do poluente não apresenta um aumento considerável de seu valor. A partir dessa data observa-se um aumento considerável da concentração até o 9 de abril, tendo uma queda até o dia 10 para depois ter outro aumento na concentração até o dia 13 de abril sendo o dia de máxima concentração no período com $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O padrão de qualidade do ar estabelecido na época de acordo com Resolução Conama 3/90 foi de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o padrão secundário e $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o padrão primário observando-se que nenhum dia deste período fica acima da norma.

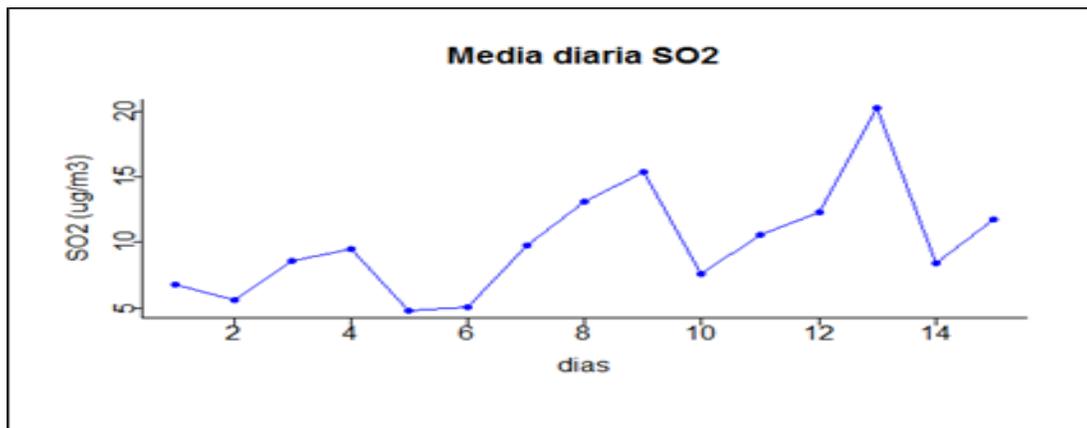


Figura 0.57. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.

Em relação ao ozônio na **Figura 58** apresenta-se a variação temporal do poluente. Segundo a figura os primeiros dias de abril de 2005 observa-se uma concentração quase constante de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ após o terceiro dia a concentração do ozônio apresenta um aumento chegando até uma concentração de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ficando com um valor igual aos padrões tanto primários como secundários em relação os Padrões da CESTESB.

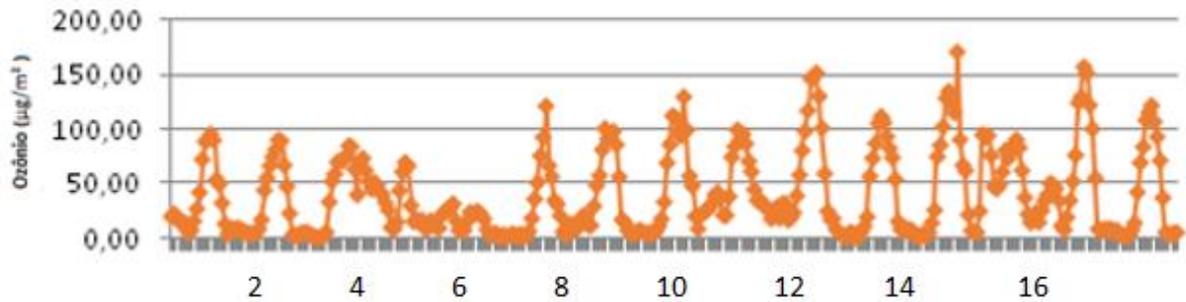


Figura 0.58. Variação horária de ozônio entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.

A concentração do material particulado grosso (PM10) é apresentado na **Figura 59** de acordo a figura a máxima concentração e registrada no dia 4 de abril com 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir dessa data a concentração apresenta uma queda no dia 6 com 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ logo e observada um aumento na concentração até o final do período (15 de abril) mas com uma concentração que fica abaixo do valor máximo registrado no dia 4 de abril.

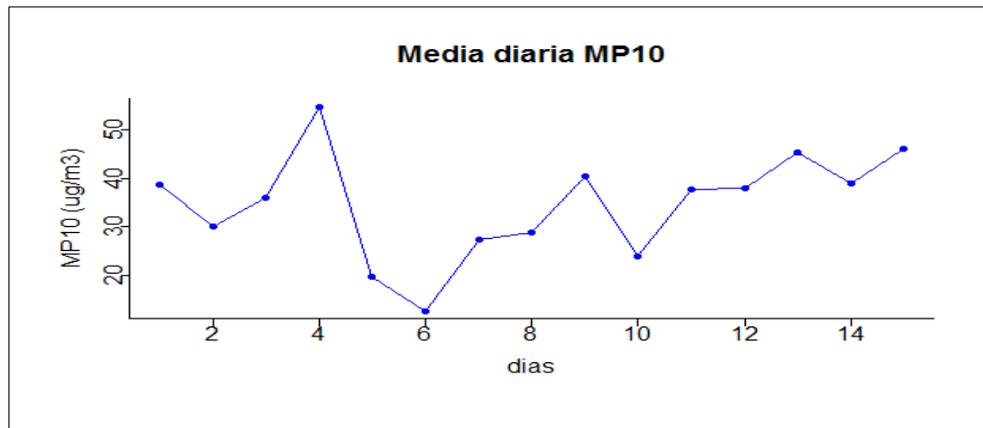


Figura 0.59. Variação diária de material particulado MP10 entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.

Na **Figura 60** observa-se a variação horária do monóxido de carbono, a concentração do monóxido não atinge os valores máximos segundo os Padrões de qualidade do ar de 35 ppm tanto para o padrão primário como o secundário respectivamente. O máximo valor registrado e o último dia com uma concentração de 3,1 ppm, bastante abaixo do limite do padrão.

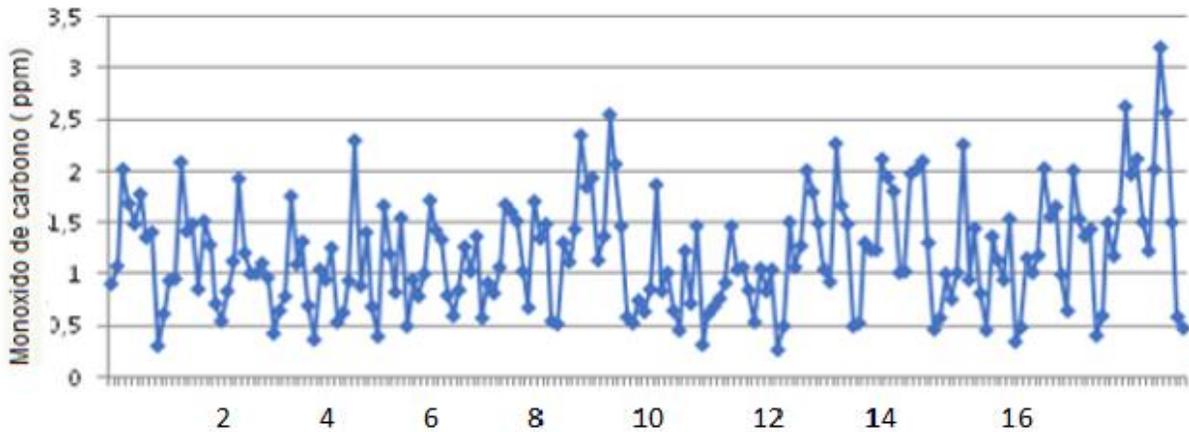


Figura 0.60. Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 1 e 15 de abril de 2005.

Em relação ao dióxido de nitrogênio a **Figura 61** mostra sua variação no período de estudo, a concentração do poluente apresenta uma variabilidade média de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por dia, são observados valores máximos relativos em várias datas antes dos chiados, mas o máximo valor de concentração observa-se o dia 24 de maio com $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Comparando os máximos observados no período com a média em 24h temos que o valor máximo diário de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fica assim longe do norma.

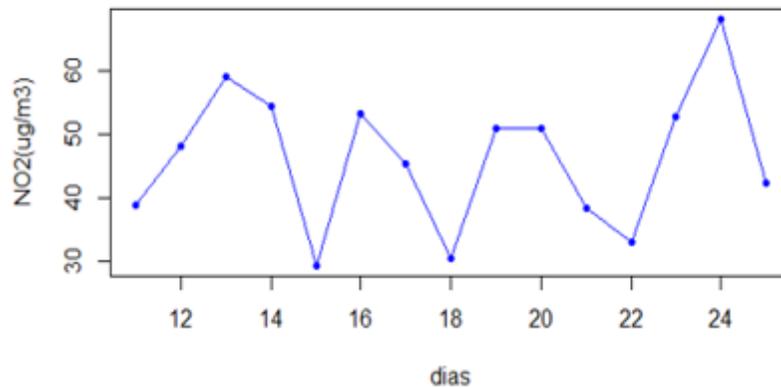


Figura 0.61. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 11 e 25 de maio de 2005.

e) Dose total depositada no trato respiratório

Na **Tabela 20** é apresentada a dose depositada no trato respiratório para o terceiro estudo de caso, as doses foram calculadas para material particulado de 10 μm e 2,5 μm cujas concentrações são conhecidas para a data do chiado. Neste caso a dose total de depositada no trato respiratório é maior para o material particulado grosso (10 μm) com uma dose de 11,09 $\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$ e de 3,66 $\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$ no caso que seja considerada o material particulado de 2,5 μm , segundo a tabela 20 o material particulado grosso apresenta quase 66% mais deposição que o fino. Valores são muito mais elevados que os casos anteriores e na literatura, o que é um indicador de problemas respiratórios

Tabela 16. Dose depositada no trato respiratório para o terceiro caso de chiado.

Diâmetro médio	RDD para as crianças ($\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$)	RDD para as adultos ($\mu\text{g}/\text{min}\cdot 10^{-2}$)
1.125	3,66	10,44
5	11,09	31,63

a) Conforto térmico

No terceiro estudo de caso as casas tipo 7 e 9 são as que apresentaram eventos de chiado, de acordo a figura 24 (do item 3.2) observamos que em data 14 de abril de 2005 a casa tipo 7 apresenta no dia uma frequência de 21% de sensação de frio (das 1 até 5 da manhã) as demais horas do dia a sensação observada es de confortável representando um 79% do dia.

Em relação a casa tipo 9 observamos que de acordo a figura 28 (do item 3.2) na data do chiado um 100% do horário do dia a sensação de confortável e não apresentado período de frio nem calor.

Para o terceiro estudo de caso, não temos do ponto de vista sinótico a atuação de uma frente fria na RMSP, mas devido as condições sinópticos um sistema de alta pressão caracterizados por ventos em calmaria e tempo bom. De acordo com a época da ocorrência deste estudo de caso e considerando as casas que apresentaram casos de chiado (7 e 9), as condições de conforto térmico interno das casas no mês de maio a casa tipo 7 apresenta só 6 horas (das 24 h do dia) com sensação de frio e os restante sensação de confortável para a casa tipo 9 temos que frequência de ocorrência da sensação de frio foi de 6 horas (das 24 hs do dia). Portanto as condições sinóticas não são as mais agravantes.

Em relação aos parâmetros de qualidade do ar temos que o óxido de nitrogênio ficou com uma concentração acima do padrão de qualidade do ar de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ segundo os Padrões da CESTESB e os demais poluentes apresentam valores abaixo do padrão.

Em relação as doses depositadas no trato respiratório (RDD) as partículas grossas foram as que tiveram maior dose depositada em relação às partículas finas tanto para crianças como adultos, as doses calculadas apresentam valores da mesma ordem que os demais casos.

Para o terceiro caso a única variável que fica acima do padrão foi o oxido de nitrogênio, no assim as demais variáveis de qualidade do ar nem a atuação de uma frente fria na RMSP, concluindo que esta variável seja o possível responsável ambiental pelo chiado. Assim como o segundo estudo de caso, o oxido de nitrogênio foi a variável que fico acima do padrão no período dos chiados. A doses depositada não apresentaria um fator importante neste caso devido ao fato de que a concentração de material particulado não apresentou valores acima do padrão.

3.2.4 Quarto caso 28 de novembro de 2005.

O quarto caso foi o dia 28 de novembro de 2005 data onde foram registrados 3 casos de chiado para as casas tipos 7 (2 casos) e 11 (1 caso). A seguir são apresentadas as condições sinóticas para essa data, condições meteorológicas externas das casas com dados meteorológicos do IAG USP, condições de qualidade do ar (dia do chiado e 14 dias antes como *lag*), doses de deposição de partículas no sistema respiratório e condições de conforto térmico.

a) Condições sinóticas

Na carta de superfície para o dia 28 de Novembro de 2005 na **Figura 64**, a Alta do Atlântico Sul predomina sobre grande parte da América do Sul central, e sudeste do Brasil influenciando principalmente a RMSP. Em São Paulo, o tempo permanece parcialmente nublado e prevalecendo ventos de sul.

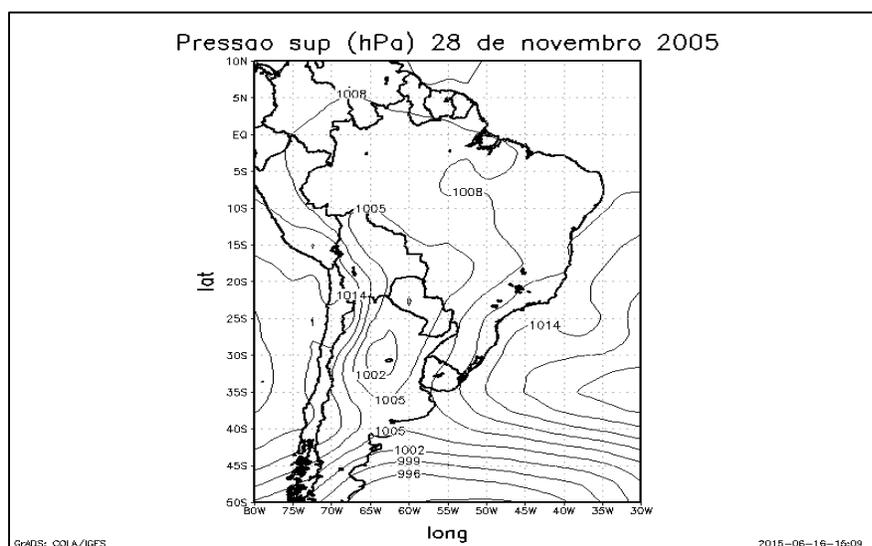


Figura 0.44. Carta de superfície do dia 28 de Novembro de 2005.

Na **Figura 65** observa-se a evolução da temperatura externa do ar (cor azul) (dados do IAG USP), temperatura média interna das casas 7 (cor laranja) e 11 (cor lilá) para o mês de novembro 2005 (Temperatura gerada com ajuda do termicus) e a temperatura média externa para novembro 2005 (cor amarelo) para o período do quarto estudo de caso, a variabilidade observada na temperatura do ar não apresenta uma amplitude maior aos 8 °C para o período de 15 dias, a mínima temperatura é observada 3 dias antes do chiado com valor igual a 16 °C.

Comparando a variabilidade da temperatura do ar em relação aos valores médios tanto para as casas 7 e 11 observasse que os valores da temperatura do ar apresentam dias que superam a temperatura média da casa tipo 11 gerando porem dias com sensação de frio (da casa em referência ao ambiente), para a casa tipo 7 o media da temperatura fica acima do máximo valor da temperatura do ar indicando porem situações com sensação de calor (ambiente em relação a casa).

A casa tipo 11 apresenta um valor médio superior a casa tipo 7 por 3°C, indicando assim que em média as condições das casa em relação ao ambiente externo e de calor gerando porem situações de mudanças na temperatura do corpo e facilitando situações para o desenvolvimento do chiado devido ao desconforto térmico entre os ambientes.

Em relação aos casos anteriores a variabilidade da temperatura externa apresenta uma maior variação no período de 15 dias, além disso os valores das temperaturas internas das casas são maiores aos demais casos devido ao fato de que o quarto estudo de caso aconteceu no mês de novembro quando a temperatura do ar apresenta maiores valores ao mês de abril, maio e outubro (demais casos).

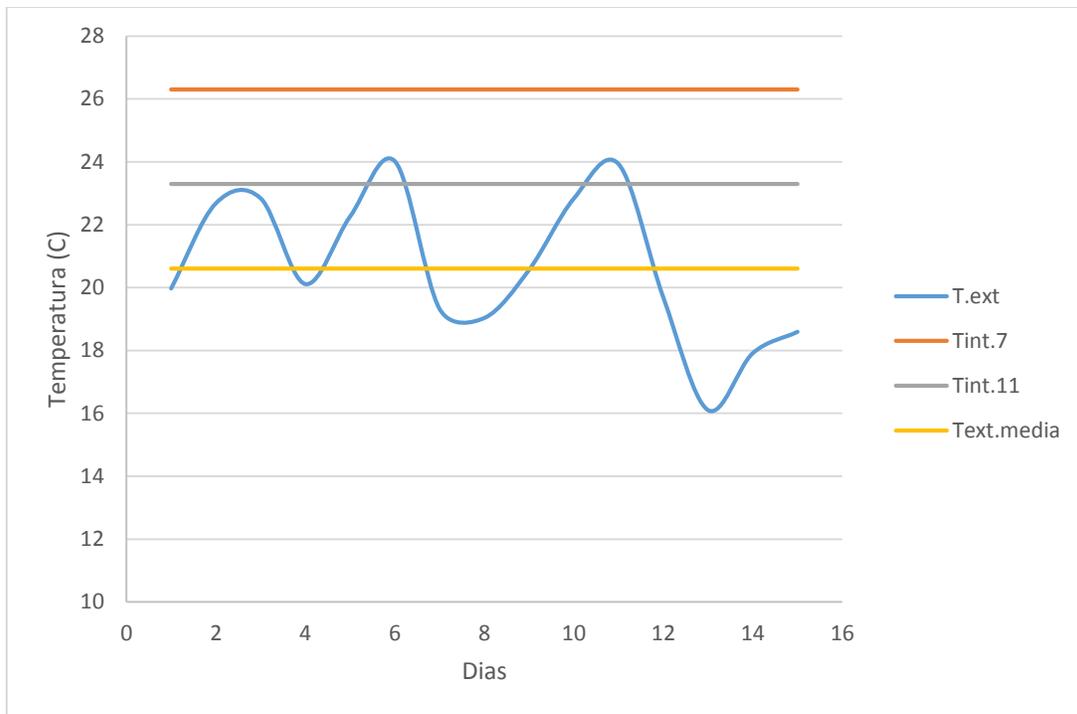


Figura 0.65. Evolução da temperatura do ar para o quarto estudo de caso.do dia 13 até 29 de novembro de 2005

b) Condições de qualidade do ar

Na **Figura 66** observa-se a variação diária do dióxido de nitrogênio para este caso, a concentração máxima registrada foi de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o máximo valor permitido segundo os Padrões da CESTESB 03/90 e de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24h para o padrão primário e $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o padrão secundário. De acordo com esta figura não foi registrado nenhum caso com concentrações acima da norma.

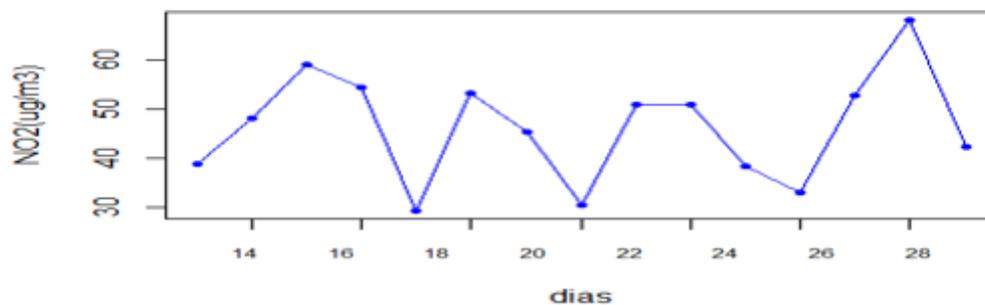


Figura 0.66. Variação diária do dióxido de nitrogênio entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.

Já na **Figura 67** é apresentada a variação do dióxido de enxofre para o quarto caso de estudo. Semelhante ao dióxido de nitrogênio, este poluente também apresenta uma forma cíclica no período de estudo, os primeiros dias a concentração apresenta valores máximos, mas o dia 27 é observada a máxima concentração no período de estudo. Os mínimos valores são observados os dias 21 e 24 de novembro. A concentração média anual desse poluente segundo a CETESB 2005 e de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ficando o dia 27 de novembro o único dia com a mesma concentração.

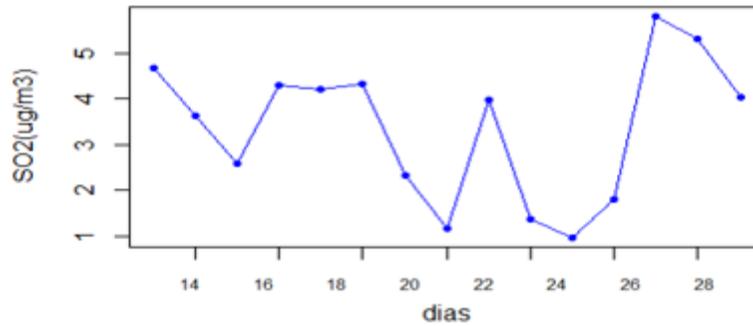


Figura 0.457. Variação diária de dióxido de enxofre entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.

Na **Figura 68** observa-se a concentração diária de ozônio troposférico, o dia 14 apresenta um valor mínimo de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que vai aumentar até o dia 19 de novembro e depois, apresentar uma queda na concentração até o dia 20. A partir deste dia, pode-se verificar um aumento na concentração até o dia 21 (que representa a máxima concentração no período, mas ficando abaixo do padrão da Conama de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para ter uma queda e apresentar os mínimos valores entre os dias 22 e 24 de novembro, nota-se um aumento novamente até o dia 25 e finalmente uma queda na concentração do poluente até o dia do chiado.

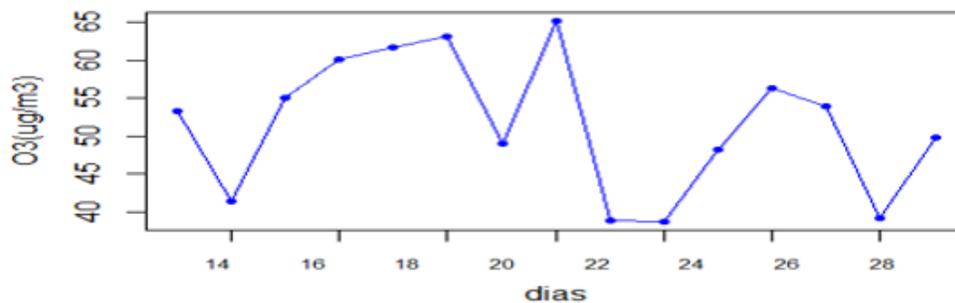


Figura 0.68. Variabilidade horária do ozônio troposférico entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.

A variação do material particulado grosso para o quarto caso de estudo é apresentado na **Figura 69**, observa-se que neste caso a concentração do poluente não apresentado com grandes variações entre os máximos e mínimos, os máximos valores (0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

são observados para os dias 15, 24 e o mesmo dia dos episódios de chiado. Destaca-se que entre os dias 18 e 21 de novembro a concentração do poluente ficou entre os mínimos valores no período e que o dia 15 é observado o máximo valor em relação à data do chiado. As concentrações registradas neste caso estão muito abaixo da média anual deste poluente que foi de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

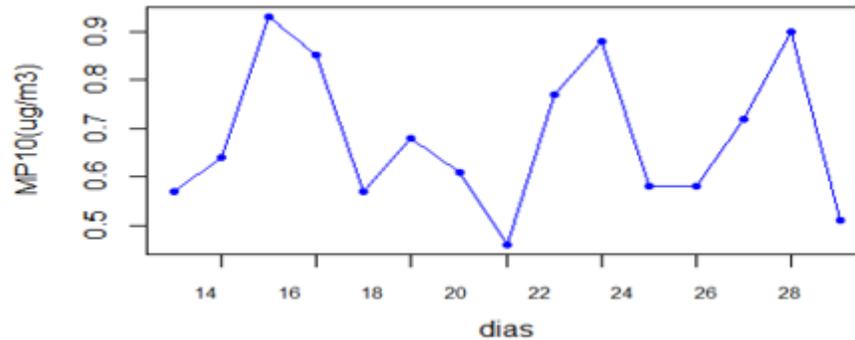


Figura 0.69. Variação diária de material particulado MP10 entre o dia 13 e 29 de novembro de 2005.

Finalmente, a variação do monóxido de carbono é apresentada na **Figura 70**, segundo esta figura, o máximo valor atingindo no período e de 3 ppm sendo que o máximo valor permitido segundo os padrões é de 35 ppm. A concentração mínima observada no período foi de 0,2 ppm ficando os valores muito abaixo dos valores Padrões da CESTESB.

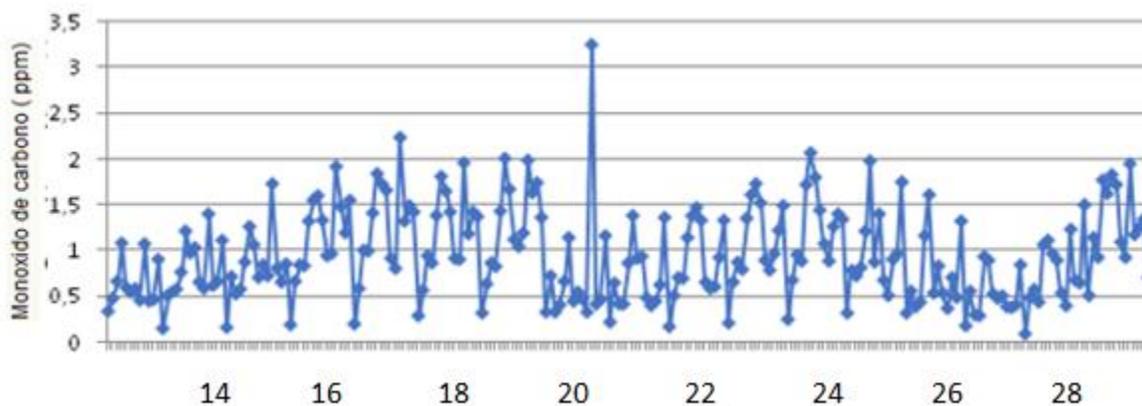


Figura 0.70. Variabilidade diária do monóxido de carbono entre o dia 14 e 28 de novembro de 2005.

c) Dose total depositada no trato respiratório

As dose depositadas no trato respiratório são apresentadas para as concentrações de MP_{10} e $MP_{2.5}$. Na Tabela 18 é apresentada a dose depositada no trato respiratório para o quarto estudo de caso, as doses foram calculadas para material particulado de 10 μm e 2,5 μm cujas concentrações são conhecidas para a data do chiado.

Neste caso a dose total de depositada no trato respiratório é maior para o material particulado fino (2,5 μm) com uma dose de $0,22 \mu g/min.10^{-2}$ e de $2,52 \mu g/min.10^{-2}$ no caso que seja considerada o material particulado de 2,5 μm , segundo a **Tabela 21** o material particulado grosso apresenta quase 91% mais deposição que o fino. Portanto, neste caso, o impacto é bastante pequeno, com valores abaixo dos demais casos e da literatura.

Tabela 21. Dose depositada no trato respiratório para o quarto caso de chiado.

Diâmetro médio	RDD para as crianças ($\mu g/min.10^{-2}$)	RDD para as adultos ($\mu g/min.10^{-2}$)
1.125	2,52	7,18
5	0,22	0,63

d) Conforto térmico

No quarto estudo de caso as casas tipo 7 e 11 são as que apresentaram eventos de chiado, de acordo a figura 24 (do item 3.2) observamos que em data 28 de novembro de 2005 a casa tipo 7 apresenta um 100% do horário do dia a sensação de confortável e não apresentando assim período frios nem quentes.

Em relação à casa tipo 11 observamos que de acordo a figura 28 (do item 3.2) na data do chiado apresenta um 100% do horário do dia a sensação de confortável e não apresentando assim período frios nem quentes.

Para o quarto estudo de caso temos a atuação de uma frente fria na RMSP, sistema que gera uma baixa na temperatura do ar externo e ventos do setor sul, do ponto de vista da poluição do ar neste quarto caso todas as variáveis de qualidade do ar não ficaram acima dos valores limites recomendados pelos Padrões da CESTESB.

Em relação às doses depositadas no sistema respiratório as partículas finas apresentaram maior doses que as partículas grossas que nos casos anteriores tiveram maior doses. O efeito no sistema respiratório devido as partículas finas e maior devido ao fato de ter maior possibilidade de penetração no sistema respiratório.

Neste quarto caso a frente fria na RMSP é a principal responsável pelos casos de chiado considerando que as demais variáveis ficaram abaixo do padrão.

Resumo geral

De maneira geral, foi observado que entre os quatro estudos de casos foram observados 14 eventos de chiado como a seguir: a casa tipo 7(10 eventos), 9 (1 evento) e 11 (3 eventos).

Concernente à situação sinótica, houve atuação de frentes frias na RMSP durante os períodos destes estudos, caracterizados pela diminuição da temperatura em dois casos (no primeiro e no quarto estudo).

Em relação ao parâmetros de qualidade do ar, no primeiro estudo de caso o dióxido de nitrogênio apresentou concentrações acima dos padrões nacionais. Para o segundo estudo caso, o material particulado MP10 apresentou também valores acima do padrão.

Em relação as doses depositadas no sistema respiratório concluímos que material partícula fino (PM_{2.5}) apresentou uma maior capacidade de deposição no sistema tanto para cenários de alta poluição do ar como atmosféricas com baixas concentrações. Respeito a deposição de material particulado no sistema respiratório observamos que tanto para período de alta concentração como baixa são observadas uma massa depositada no pulmão principalmente por as partículas finas (PM_{2.5}) em relação ao material particulado grosso (PM₁₀), além disso foi observado que a maior fração de partículas é depositada na cabeça do pulmão seguido do pulmão e uma menor fração na região traque-bronquial.

Capítulo 4

Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do presente trabalho.

- Foram observadas crianças que apresentaram até 14 eventos de chiado no período 2003- 2006. (De acordo com objetivo 1).
- Os maiores níveis de chiados foram observados entre os meses de maio e outubro (61%) do total de eventos. (De acordo com objetivo 1).
- Em termos de tipos de casas, as construídas com materiais do tipo 7, 11 e 9 são as que apresentaram maior frequência de ocorrência de chiado no período de 2003 – 2006. (De acordo com objetivo 1).
- Estes diferentes tipos de casas apresentaram uma dependência significativa aos casos de chiado. (De acordo com objetivo 1).
- A concentração dos poluentes atmosféricos no período de 2003 – 2006 apresentaram uma variabilidade sazonal, sendo o verão o período com menores valores de concentração e inverno o período com maior concentração dos poluentes no ar, enfatizando o que a literatura já apresentou. (De acordo com objetivo 4).
- As casas tipos 1, 2, 3 e 10 apresentam os maiores possibilidades ao desenvolvimento de chiado, as casas 12, 11 apresentam os menores potenciais para o chiado. Neste caso o tipo construtivo em geral com maior inércia

apresenta menos casos no total que os tipos construtivos de pior qualidade. (De acordo com objetivo 1).

- Em relação ao conforto térmico interno das casas, a casa do tipo construtivo 2 foi a que apresentou a maior frequência de sensação de frio e de calor, como na assertiva acima. (De acordo com objetivos 1 e 3).
- A casa tipo 7 apresentou períodos tanto de frio, como de calor e a casa tipo 9 apresentou só períodos com sensação de confortável e frio. Finalmente a casa tipo 11 apresenta também períodos de frio e confortável mas não períodos com sensação de calor. (De acordo com objetivos 1 e 3).
- Entre as casas com maiores eventos de chiado, e reforçando o acima exposto, as casas de melhor tipo construtivo (9 e 11) apresentam menos extremos de desconforto (frio mais calor) como as casas 2 e 7. (De acordo com objetivos 1 e 3).
- Com respeito à deposição de partículas na região do pulmão e a região traque-bronquial, esta apresenta maior deposição para as partículas grossas que as finas para crianças até dois anos de idade de acordo com o MPPD. (De acordo com objetivos 4 e 5).
- Em relação geral a dose depositada (RDD) no sistema respiratório a moda que apresentou a maior dose foi a de partículas grossas coincidindo com a literatura (Rivas et al 2017; Segalin, et al., 2016). Em alguns casos a dose depositada foi de três vezes maiores (para adultos) dos valores obtidos para crianças, para crianças foi 27% mais que os obtidos por com Kumar et al 2017. (De acordo com objetivos 4 e 5).

- Em relação aos estudos de caso, observa-se que os casos de chiado registrados estão associados com a atuação de uma frente fria com uma queda de temperatura do ar significativa, a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar principalmente para o dióxido de nitrogênio e o material particulado grosso, e por fim, está também associado a quantidade de dose depositada no sistema respiratório (RDD) com valores superior aos normais. (De acordo com objetivos 2, 4 e 5).

- Mesmo que as casa tipo 7, 9 e 11 não apresentassem o maior potencial ,pela média de chiado por tipo de casa porque não possuem os piores materiais de construção, são as casas com maior frequência de chiado registrado. (De acordo com objetivo 1).

- Esta é uma indicação que o chiado não estaria associado principalmente às condições internas das casas mas sim, às condições ambientais externas. (De acordo com objetivos 2,3 4).

Em suma, observa-se que os casos de chiado registrados nas datas dos estudos de casos estão associados com a atuação de uma frente fria com uma queda de temperatura do ar, ultrapassagem do padrão de qualidade do ar (principalmente para o dióxido de nitrogênio) e o material particulado grosso. Além destes fatores dos 4 estudos, três estiveram associados a quantidade de dose depositada no sistema respiratório (RDD) com valores superior aos normais. Por outro lado, as casa tipo 7, 9 e 11 que apresentaram maior potencial ao chiado não estão vinculadas aos piores materiais de construção (qualidade intermedia para o tipo 7 , boa para o tipo 9 e quase a melhor para o tipo 11), indicando que o chiado não estaria associado principalmente às condições internas das casas mas sim, às condições externas (atuação de frentes frias, condições de qualidade do ar fora do padrão e níveis de deposição de partículas altos). No entanto, as condições internas das casas *per si* estão associados aos câmbios térmicos (entre ambiente externo e a casa) que geram situações de

desconforto térmico, o qual a casa tipo 7 é um dos principais tipos construtivos com desconforto para frio e calor. O mesmo vale para as casas tipo 1 e 2, que, por sua vez, possuem maiores possibilidades de chiado ainda que não houvesse um acúmulo de números de eventos de chiados em um único dia.

CAPITULO 5

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, D. S. De, Martins, J. A., Vidotto, L. H. B., & Martins, L. D. (2015). Study of Potential Health Damage Caused by Ultrafine Particles in Megacities Using a Pulmonary Deposition Model, (August), 67–71.
- Arbex, M. A., Santos, U. de P., Martins, L. C., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A., & Braga, A. L. F. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol*, 38(5), 643–655. <http://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>
- ASHRAE. (1985). Handbook- Fundamental. American Society of heating, refrigerating and air conditioning Engineer. Atlanta, GA, USA.
- Azarmi, F., & Kumar, P. (2016). Ambient exposure to coarse and fine particle emissions from building demolition. *Atmospheric Environment*, 137, 62–79. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.04.029>
- Braga, A. L. F., Jasinski, R., & Pereira, L. A. A. (2011). Air pollution and pediatric hospital admissions due to respiratory diseases in Cubatão, São Paulo State, Brazil, from 1997 to 2004. *Cadernos de Saúde Pública*, Cardoso, M R. (2007). Micro Clima dos domicílios e doenças sibilantes em crianças da Cidade de São Paulo.. Tese de livre Docencia. Faculdade de Saude Publica.
- CETESB. 2003. Relatório da qualidade do ar do Estado de São Paulo.
- Climanálise; (2004). Vol 19, nro 4, junho, julho e agosto 27(11), 2242–52. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22124501>
- CETESB. (2005). Relatório da qualidade do ar o Estado de São Paulo. Cetesb.
- Cheng, K. H., Cheng, Y. S., Yeh, H. C., Guilmette, R. A., Simpson, S. Q., Yang, Y. H., & Swift, D. L. (1996). In vivo measurements of nasal airway dimensions and ultrafine aerosol deposition in the human nasal and oral airways. *Journal of Aerosol*

Science, 27(5), 785–801. [http://doi.org/10.1016/0021-8502\(96\)00029-8](http://doi.org/10.1016/0021-8502(96)00029-8)

Cheng, Y. S., Yamada, Y., Yeh, H. C., & Swift, D. L. (1988). Diffusional deposition of ultrafine aerosols in a human nasal cast. *Journal of Aerosol Science*, 19(6), 741–751. [http://doi.org/10.1016/0021-8502\(88\)90009-2](http://doi.org/10.1016/0021-8502(88)90009-2)

Coelho-Zanotti, M. de S. S. (2007). Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internação por doenças respiratórias em função das condições meteorológicas na cidade de São Paulo. Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-20022008-224808/pt-br.php>

Environmental Protection Agency US. (2009). *A Guide to Air Quality and Your Health*, (August), 12.

Spengler J, Neas L, Nakai S, Dockery D. Respiratory symptoms and housing characteristic. *Indoor air* 1994; 4:72-82

Freitas, E. D. (2003). Circulações Locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes, 157.

Gonçalves, F. L. T., Carvalho, L. M. V, Conde, F. C., Latorre, M. R. D. O., Saldiva, P. H. N., & Braga, A. L. F. (2005). The effects of air pollution and meteorological parameters on respiratory morbidity during the summer in São Paulo City. *Environment International*, 31(3), 343–349. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.004>

Hwang, B. F., & Lee, Y. L. (2010). Air pollution and prevalence of bronchitic symptoms among children in Taiwan. *Chest*, 138(4), 956–964. <http://doi.org/10.1378/chest.09-2600>

Koblinger, L., & Hofmann, W. (1990). Monte Carlo modeling of aerosol deposition in human lungs. Part I: Simulation of particle transport in a stochastic lung structure. *Journal of Aerosol Science*, 21(5), 661–674. [http://doi.org/10.1016/0021-8502\(90\)90121-D](http://doi.org/10.1016/0021-8502(90)90121-D)

Koren, H. S., Devlin, R. B., Graham, D. E., Mann, R., McGee, M. P., Horstman, D. H., ... McDonnell, W. F. (1989). Ozone-induced inflammation in the lower airways of human subjects. *The American Review of Respiratory Disease*, 139(2), 407–415. <http://doi.org/10.1164/ajrccm/139.2.407>

Kumar, P., Rivas, I., & Sachdeva, L. (2017). Exposure of in-pram babies to airborne particles during morning drop-in and afternoon pick-up of school children *. *Environmental Pollution*. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.021>.

MAIA, J. A.(2002). Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo. São Paulo SP. 134p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas de São Paulo,

Mackenzie, L.D, Masten, S. (2004). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Mexico. McGraw-Hill Interamericana.

McGregor, G. R. (2005). Winter North Atlantic Oscillation, temperature and ischaemic heart disease mortality in three English counties. *International journal of biometeorology*, 49(3), 197-204. doi:10.1007/s00484-004-0221-7.

Missenard FA (1973) Temperature moyenne de la peau humaine en fonction de l'activite et de l'ambiance. *CR Acad Sci Paris* 277:1557-1559

Mortensen J, et al. (1983). A study of age specific human respiratory morphometric. Tech. Rep TR 01525-010. University of Utah Research Institute.

Mortensen J, et al. (1988). Age related morphometric analysis of human lung casts, extrapolation of Dosimetric relationships for inhaled particles and Gases, San Diego CA. Aca Press. 59-68

- Nastos, P. T., & Matzarakis, A. (2006). Weather impacts on respiratory infections in Athens, Greece. *International Journal of Biometeorology*, 50(6), 358–369. <http://doi.org/10.1007/s00484-006-0031-1>
- Nastos, P. T., & Matzarakis, A. (2012). The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(3-4), 591–599. <http://doi.org/10.1007/s00704-011-0555-0>
- Nedel, A. 2008. Condições Meteorológicas Favoráveis a Ocorrência de Doenças Respiratórias em crianças na Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas de São Paulo.
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Organización Mundial de La Salud, 25. Retrieved from http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/
- Pavios A Kassomenos, Alexandros Gryparis, Klea Katsouyanni. 2007. On the association between daily mortality and air mass types in Athens, Greece during winter and summer.. *Int J Biometeo* 51; 315-322.
- Petersdorf, R. G. (1991). Control of body temperature. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 12th ed. New York, NY: McGraw-Hill International Book Co Inc, 2194-2200.
- Pattenden, S., Hoek, G., Braun-Fahrländer, C., Forastiere, F., Kosheleva, a, Neuberger, M., & Fletcher, T. (2006). NO₂ and children's respiratory symptoms in the PATY study. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(12), 828–35. <http://doi.org/10.1136/oem.2006.025213>
- Pierse, N., Rushton, L., Harris, R. S., Kuehni, C. E., Silverman, M., & Grigg, J. (2006). Locally generated particulate pollution and respiratory symptoms in young children. *Thorax*, 61(3), 216–220. <http://doi.org/10.1136/thx.2004.036418>

Rivas, I., Kumar, P., & Hagen-zanker, A. (2017). Exposure to air pollutants during commuting in London: Are there inequalities among different socio-economic groups? *Environment International*, 101, 143–157. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.019>

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9), 1132-1141.

Viamont, J.C.A. (1996). Environmental issues in the spontaneous settlement in Cochamba Bolivia. Instituto de Investigaciones de Arquitectura. San Simon University, Bolivia.

Saldiva, P., Lichtenfels, A., Paiva, P., Barone, I., Martins, M., Massad, E., ... Böhm, G. (1994). Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brasil: a preliminary report. *Environmental Research*.

Segalin, B., Kumar, P., Micadei, K., & Fornaro, A. (2016). Size e segregated particulate matter inside residences of elderly ~ o Paulo , Brazil in the Metropolitan Area of S a. *Atmospheric Environment*. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.10.004>

Sundell, J .Bornehag, C.-G. and Sigsgaard, T. (2004), Dampness in buildings and health (DBH): Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden. *Indoor Air*, 14: 59–66. doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00274.x

Tromp, S.W. *Biometeorology*. (1980). The impact of the weather and climate on humans and their environment (animal and plants). London: Heiden.. 400 págs.

Swift, D. L., Montassier, N., Hopke, P. K., Karpen-Hayes, K., Cheng, Y. S., Yin Fong Su, ... Strong. (1992). Inspiratory deposition of ultrafine particles in human nasal replicate cast. *Journal of Aerosol Science*, 23(1), 65–72.

[http://doi.org/10.1016/0021-8502\(92\)90318-P](http://doi.org/10.1016/0021-8502(92)90318-P).

Yamamoto LG, Iwamoto LM, Yamamoto KS, Worthley RG. Effect of environmental conditions on emergency department use by wheezing children. *Ann Emerg Med* 1993; 22(3):523-529.

Wark Kenneth. 2005. *Contaminación del Aire, Origen y Control*. ISBN: 968-1954-3. Limusa, Mexico.

Wong, C. M., Atkinson, R. W., Anderson, H. R., Hedley, A. J., Ma, S., Chau, P. Y. K., & Lam, T. H. (2002). A tale of two cities: effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared. *Environmental health perspectives*, 110(1), 67.