

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

***“Morbimortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares
atribuível à fumaça na Amazônia Legal”***

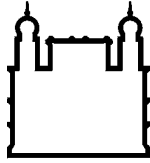
por

Rodrigo Chávez Penha

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em
Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente.*

*Orientadora: Prof.ª Dr.ª Sandra de Souza Hacon
Assistente da orientadora: Prof.ª Beatriz Fátima Alves de Oliveira*

Rio de Janeiro, fevereiro de 2014.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



Esta dissertação, intitulada

***“Morbimortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares
atribuível à fumaça na Amazônia Legal”***

apresentada por

Rodrigo Chávez Penha

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Dr.^a Ludmilla da Silva Viana Jacobson

Prof.^a Dr.^a Gina Torres Rego Monteiro

Prof.^a Dr.^a Sandra de Souza Hacon – Orientadora

Dissertação defendida e aprovada em 27 de fevereiro de 2014.

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

P399 Penha, Rodrigo Chávez
Morbimortalidade de doenças respiratórias e
cardiovasculares atribuível à fumaça na Amazônia Legal. /
Rodrigo Chávez Penha. -- 2014.
110 f. : il. ; tab. ; graf. ; mapas
Orientador: Hacon, Sandra de Souza
Oliveira, Beatriz Fátima Alves
Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde
Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2014.
1. Poluição do Ar. 2. Biomassa. 3. Incêndios Florestais.
4. Impactos na Saúde. 5. Doenças Cardiovasculares.
6. Doenças Respiratórias. 7. Morbidade. 8. Mortalidade.
9. Ecossistema Amazônico. I. Título.

CDD - 22.ed. – 363.7392

DEDICATÓRIA

À minha família, com carinho especial à minha esposa que sempre me incentivou e apoiou em face à diversidade e meus filhos, que sempre me fizeram repensar minha vida. Aos esforços combinados de todos próximos que não me deixaram desistir frente à adversidade e que juntos ajudaram a construir este trabalho. A vocês, família de sangue e coração, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha família que viu muitas mudanças nesse período e foi a base forte que pude contar na transitoriedade de todas as outras. O porto seguro da minha casa, com minha esposa Rosa, meu filho Joaquim e nosso vindouro segundo filho, que resistiu às tempestades e adversidades múltiplas durante este mestrado. Ao abrigo sempre aberto da casa de minha mãe, seu colo e suporte nos tempos no Rio de Janeiro e o carinho dos meus pai e irmãos que insistiram no meu crescimento. Ao carinho dos meus sogros, Antônio Cláudio e Guaracira, que possibilitou o trabalho necessário e por vezes proveu a subsistência mental e emocional para seguir adiante. Sem dúvida este trabalho não seria possível se não fosse por vocês.

Agradeço os queridos amigos de turma, cujo suporte e carinho persiste até hoje. As piadas, conselhos, suporte e ensinamentos a sobreviver foram indispensáveis. Em especial a Anna de Falco, Gustavo Souza, Maíra Cardoso, pelas atividades extraclasse e o carinho sempre presente e a Juliana Freitas, Vanessa Mignone, Cristiane Barata e Cleber Cremonese pela boa companhia em qualquer tempo de aula e as boas risadas fora delas.

Aos amigos e colegas da Escola Nacional de Saúde Pública, Polianny Rodrigues, Dennys Mourão, Cláudio Kleber de Souza, Gabriela Protázio e Karen Gonçalves, meus agradecimentos pelas aulas, atalhos e conselhos nessa caminhada. As risadas e boa companhia foram essenciais para ensinar a encarar os desafios da pesquisa desde as bibliotecas ao campo. Suas ações persistentes são inspiração para acreditar no presente e futuro da ciência.

Aos professores durante o curso de mestrado, meus agradecimentos pelas correções, paciência e disponibilidade sempre que requeridos. Levo tantos ensinamentos quanto conhecimentos e a certeza da nobreza da escolha de ser professor e pesquisador. Aos coordenadores Sérgio Koifman e Gina Torres, cujas

orientações, intervenção e impulso foram essenciais à conclusão deste trabalho, meu agradecimento em especial.

À Prof^a Dr^a Sandra Hacon e Beatriz Oliveira, minhas orientadoras, o agradecimento pela paciência, compreensão e suporte nas horas difíceis. As oportunidades e conselhos oferecidos serão pontos de reflexão por um tempo maior que deste trabalho. Será sempre inspirador lembrar da superação que vi em vocês e suas perseveranças em orientar este uma vez perdido estudante.

E aos muitos mais que mesmo não citados aqui estão presentes na memória e nos registros deste trabalho, meu muito obrigado. A contribuição de tantos passa por caminhos tão tortuosos que fica difícil de explicar sua contribuição. Ainda assim, não são menores e, por isso, minha gratidão.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi realizado de modo a explorar os potenciais efeitos da exposição ao material particulado com tamanho até 2,5 micrômetros ($PM_{2,5}$, do inglês *Particulate Matter*) nas populações das capitais da Amazônia Legal. Para tanto, foram usados como indicadores as taxas de mortalidade e de internações em residentes na região e estimadas as frações atribuíveis à exposição.

O referencial teórico é composto por três partes, sendo a primeira caracterizando a região da Amazônia Legal, com destaque para o desmatamento e queima de biomassa. A segunda parte refere-se ao cálculo do risco e seu uso como indicador, com revisão da leitura sobre sua construção e críticas ao seu uso atual. Ainda nesta parte, há a apresentação da fração atribuível populacional e sua incorporação ao indicador de referência em saúde ambiental da Organização Mundial de Saúde (OMS), a Carga Ambiental de Doença. A terceira parte deste referencial apresenta uma revisão dos estudos levantados referentes a exposição ao material particulado na atmosfera, advindo da queima de biomassa, e o adoecimento de populações.

A terceira seção deste trabalho trata da descrição da metodologia aplicada para a realização deste estudo. Primeiramente o desenho e os desfechos de interesse são apresentados, seguidos por uma descrição da área e a população de estudo. As fontes de dados, os indicadores e cálculos aplicados são demonstrados ao final desta seção.

Após a descrição da metodologia, é feita a descrição dos resultados obtidos. A discussão que segue a apresentação dos resultados é iniciada por uma análise das incertezas presentes nos resultados deste trabalho.

A última parte é dedicada à apresentação das conclusões finais deste trabalho e às referências bibliográficas nas quais se baseia.

RESUMO

Os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana são historicamente conhecidos (Firket, 1936; *English Ministry of Health*, 1954; Brunekreef & Holgate, 2002; Nemery *et al*, 2001). O material particulado fino ($PM_{2,5}$) é reconhecido como um dos mais tóxicos componentes desta poluição com efeitos sobre a mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares (Pope *et al*, 2002, 2004, 2006). A morbidade por causas respiratórias é outro efeito conhecido extensamente estudado nos centros urbanos, incluindo algumas cidades da Amazônia Legal (Carmo *et al*, 2010; Silva *et al*, 2010; Ignotti *et al*, 2008, 2010; da Silva, 2012). Este trabalho teve por objetivo calcular a fração atribuível a esta exposição na mortalidade por todas as causas e, especificamente, por causas cardiovasculares na população maior de 30 anos. Analogamente, foi calculado seu efeito nas internações de crianças menores de 5 e idosos com 65 ou mais anos de idade residentes em 7 capitais da Amazônia Legal (Belém –PA, Cuiabá –MT, Manaus –AM, Palmas –TO, Porto Velho –RO, Rio Branco –AC, e São Luís –MA). Para isso foram utilizadas as equações aplicadas nos estudos de avaliação do impacto de exposições ambientais (Pope, 2002; Prüss-Ustun, 2003; Ostro, 2004) e os coeficientes encontrados por Pope (2002, 2004) e Ignotti (2010). Os dados da exposição foram obtidos por avaliação remota do sistema CCATT-BRAMS (*Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) por meio do SISAM (Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental). Os dados sobre os desfechos foram obtidos da base de dados do DATASUS. Os resultados confirmam que nos locais e anos com maior exposição ao material particulado no ar apresentaram os piores resultados sobre a saúde da população. Os anos de 2006, 2007 e 2010 apresentaram elevadas concentrações de exposição e frações atribuíveis maiores dos desfechos. Entre as capitais, Porto Velho e Rio Branco destacam-se como áreas de maior exposição e frações atribuíveis, enquanto observamos São Luís com as

menores frações. À observação destes resultados podemos concluir que a sazonalidade marcante da região no período de seca nas capitais acarreta um incremento das queimadas e conseqüentemente maior emissão de $PM_{2,5}$ na atmosfera, as frações atribuíveis de internações e óbitos aumentam. A incerteza destes resultados, devido à utilização de coeficientes de risco de outras populações e à ausência da inclusão de outros fatores de risco para o desfecho, impossibilita sua interpretação como transcrição direta da realidade local. Ainda assim, os valores encontrados indicam a influência da exposição ao material particulado na saúde da população da Amazônia Legal. Estes resultados sugerem a necessidade de seu monitoramento e pesquisa mais aprofundada sobre os impactos das exposições ambientais na saúde da região.

Palavras-chaves: poluição do ar, queima de biomassa, $PM_{2,5}$, impactos na saúde, fração atribuível, Amazônia Legal.

PENHA, Rodrigo Chávez. **Morbimortalidade de Doenças respiratórias e cardiovasculares atribuível à fumaça da queima de biomassa na Amazônia Legal**. 2014. Dissertação [Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente] – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

ABSTRACT

The health effects of the exposition to outdoor air pollution are acknowledged historically (Firket, 1936; *Ministry of Health*, 1954; Brunekreef & Holgate, 2002; Nemery *et al*, 2001). Fine particulate matter (PM_{2,5}) is recognized to be one of the most toxic components of this kind of pollution and its effects are known on all-cause and cardiovascular mortality (Pope *et al*, 2002, 2004, 2006). Hospital admissions due to respiratory causes are another well-known effect of this exposure and largely studied in urban areas, some Brazilian Amazon cities included (Carmo *et al*, 2010; Silva *et al*, 2010; Ignotti *et al*, 2008, 2010; da Silva, 2012). This dissertation aimed to calculate the attributable fraction of all-cause and, more specifically, of cardiovascular mortality on adults of 30 or more years old related to this exposure. Likewise, the population attributable fraction of hospital admissions due to respiratory causes was calculated for children younger than 5 years old and elderly people of 65 or more years old. The area of this study included the resident population of 7 capital cities of the states that compose the Brazilian Amazon (Belém –PA, Cuiabá –MT, Manaus –AM, Palmas –TO, Porto Velho –RO, Rio Branco –AC, e São Luís –MA). In order to calculate the attributable fractions, the equations presented on previous studies were used (Pope, 2002; Prüss-Ustun, 2003; Ostro, 2004) and so were the coefficients published by Pope (2002, 2004) and Ignotti (2010). Remote evaluation of exposure data for PM_{2,5} were obtained from CCATT-BRAMS (*Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) available through SISAM (from the Portuguese for Environmental Information System Integrated to Environmental Health) website. Health outcome data were acquired from DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) database available on the internet. Results confirmed that locations and time periods with exposition to higher values of PM_{2,5} displayed worse population health effects. In 2006, 2007 and 2010, higher exposition to fine particulate matter was observed and so the worse effects on population health. Among the cities, Porto Velho and Rio Branco displayed higher exposure levels while São Luís was the city with the lowest levels

of exposure. These results indicate that the notorious seasonality with drought periods are related with an increase in forest burnings and consequently with higher PM_{2,5} emission and attributable fractions of mortality and hospital admissions. Uncertainty present in these results go over than just the confidence intervals, largely due to the use of coefficients obtained from studies realized in other populations and the lack of other risk factors related to the outcomes in these calculations. Among other, these uncertainties and limitations prevent its use as an actual transcription of local reality. Nevertheless, these results indicate important influence of the air pollution on the health of the population of Brazilian Amazon. These findings point out the need for monitoring and deeper research about the environmental health impacts in this region.

Keywords: air pollution, biomass burning, health impact, population attributable fraction, Brazilian Amazon.

PENHA, Rodrigo Chávez. **Morbidity and Mortality from respiratory and cardiovascular diseases attributable to smoke from burnings in Brazilian Amazon**. 2014. Dissertation [Masters in Public Health and Environment] – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
RESUMO	9
SUMÁRIO	13
Lista de ilustrações e gráficos	15
Lista de Tabelas	16
Lista de Equações	21
Lista de abreviaturas e siglas	22
1. Introdução	24
2. Referencial teórico.....	27
2.1. Queimadas na Amazônia Legal	27
2.2. O Material Particulado no Ar de Queima de Biomassa e Doenças.....	31
3. Objetivos	40
3.1. Objetivo geral.....	40
3.2. Objetivos específicos	40
4. Material e Métodos	41
4.1. Desenho de Estudo e Desfechos de Interesse.....	41
4.2. Área e população de estudo	43
4.3. Fontes de Dados.....	45
4.4. Indicadores em Estudo	46
4.5. Estimação da fração atribuível	48
5. Resultados	51
5.1. Análise descritiva dos dados ambientais.....	51

5.2. Análise descritiva dos dados de saúde	53
5.3. Fração Atribuível	64
6. Discussão	75
7. Conclusão	80
8. Referências	82
Anexo: Tabela sobre efeitos na saúde decorrentes da exposição ao Material Particulado	103

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS

Figura 1: Mapa da Amazônia Legal (IBGE, 2007)	27
Figura 2: Taxa de desmatamento 1988 a 2012	30
Figura 3: Focos de queimada da Amazônia de 2000 a 2012	31
Figura 4: modelo da ICRP de Deposição total e regional de esferas de 1 unidade de densidade	35
Figura 5: Equações e fórmulas para cada etapa do cálculo da fração atribuível ..	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desfechos e coeficientes concentração-resposta obtidos na literatura para estimação do impacto da exposição ao $PM_{2,5}$	48
Tabela 2: Procedimentos para o cálculo da fração atribuível por desfecho	50
Tabela 3: Média anual de concentração do $PM_{2,5}$ no ar das capitais dos estados da Amazônia Legal em $\mu g/m^3$, consideradas no estudo devido ao ciclo sazonal da região.	51
Tabela 4: Análise descritiva dos dados do $PM_{2,5}$ para todo o período, para as capitais consideradas no estudo devido ao ciclo sazonal da região.....	51
Tabela 5: Equações e Coeficientes de determinação (R^2) para a tendência das médias anuais do $PM_{2,5}$ por capital, consideradas no estudo devido ao ciclo sazonal da região.	52
Tabela 6: Média da concentração do $PM_{2,5}$ durante a estação seca no ar das capitais selecionadas dos estados da Amazônia Legal em mg/m^3	52
Tabela 7: Taxa de internações por causas respiratórias de crianças menores de 5 anos, por 1000 habitantes, no período de seca.	53
Tabela 8: Taxa de internações por causas respiratórias de idosos com 65 ou mais anos, por 1000 habitantes, no período de seca.....	54
Tabela 9: Mortalidade padronizada por idade para todas as causas de óbito por 100.000 hab.....	54

Tabela 10: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo da CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Belém (PA), de 2005 a 2011..... 55

Tabela 11: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo da CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Belém (PA), de 2005 a 2011..... 55

Tabela 12: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e por todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Belém 56

Tabela 13: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Cuiabá (MT), de 2005 a 2011. 56

Tabela 14: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Cuiabá (MT), de 2005 a 2011. 57

Tabela 15: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Cuiabá 57

Tabela 16: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Manaus (AM), de 2005 a 2011. 58

Tabela 17: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Manaus (AM), de 2005 a 2011. 58

Tabela 18: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Manaus 58

Tabela 19: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Palmas (TO), de 2005 a 2011..... 59

Tabela 20: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Palmas (TO), de 2005 a 2011..... 59

Tabela 21: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Palmas..... 60

Tabela 22: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Porto Velho (RO), de 2005 a 2011. 60

Tabela 23: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Porto Velho (RO), de 2005 a 2011. 61

Tabela 24: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Porto velho..... 61

Tabela 25: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em Rio Branco (AC), de 2005 a 2011. 62

Tabela 26: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em Rio Branco (AC), de 2005 a 2011..... 62

Tabela 27: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em Rio Branco..... 62

Tabela 28: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em crianças com menos de 5 anos de idade, em São Luís (MA), de 2005 a 2011.	63
Tabela 29: Morbidade hospitalar proporcional dos 4 maiores grupos de causas segundo capítulo do CID-10 em idosos com 65 anos de idade ou mais em São Luís (MA), de 2005 a 2011.	63
Tabela 30: Mortalidade por 100.000 habitantes por causas cardiovasculares e todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos em São Luís	64
Tabela 31: Risco Relativo das Internações Respiratórias em crianças menores de 5 anos ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca	66
Tabela 32: Fração Atribuível das Internações Respiratórias em crianças menores de 5 anos ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca.....	66
Tabela 33: Internações Respiratórias em Menores de 5 anos Atribuíveis ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca.....	67
Tabela 34: Risco Relativo das Internações Respiratórias em idosos com 65 ou mais anos ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca.....	68
Tabela 35: Fração Atribuível das Internações Respiratórias em idosos com 65 ou mais anos ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca.....	68
Tabela 36: Internações Respiratórias em idosos com 65 ou mais anos atribuíveis ao PM _{2,5} na atmosfera na estação seca.....	69
Tabela 37: Risco Relativo da mortalidade por todas as causas relacionado com a exposição ao PM _{2,5} em adultos com 30 ou mais anos	72

Tabela 38: Fração Atribuível dos óbitos por todas as causas em adultos com 30 ou mais anos por ano 72

Tabela 39: Óbitos por todas as causas atribuível à exposição ao $PM_{2,5}$ em adultos com 30 anos ou mais, nas capitais dos estados da Amazônia Legal..... 73

Tabela 40: Risco Relativo da mortalidade anual por causas cardiovasculares relacionado com a exposição ao $PM_{2,5}$ em adultos com 30 ou mais anos..... 73

Tabela 41: Fração Atribuível da mortalidade anual por causas cardiovasculares à exposição ao $PM_{2,5}$ em adultos com 30 ou mais anos 74

Tabela 42: Óbitos por causas cardiovasculares atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$ em adultos com 30 anos ou mais, nas capitais dos estados da Amazônia Legal..... 74

Tabela 43: Publicações dos últimos 10 anos com os descritores saúde e material particulado com dados originais para os efeitos descritos..... 103

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Taxa anual de internações de menores de 5 anos na estação seca .	46
Equação 2: Taxa anual de internações de idosos com 65 ou mais anos na estação seca.....	47
Equação 3: Taxa Anual de Mortalidade Específica por causas cardiovasculares em pessoas com 30 ou mais anos.....	47
Equação 4: Taxa anual de mortalidade por todas as causas de pessoas com 30 ou mais anos	47
Equação 5: Mortalidade padronizada pelo método direto.....	47
Equação 6: Média anual do PM2,5 na atmosfera nas capitais	47
Equação 7: média do PM2,5 para os meses de seca por ano.....	48
Equação 8: Cálculo do Risco Relativo a partir do coeficiente de concentração-resposta para menores de 5 e adultos com 30 ou mais anos	49
Equação 9: cálculo do risco relativo para a partir do coeficiente de concentração-resposta para idosos com 65 ou mais anos	49
Equação 10: Cálculo da fração atribuível	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC: estado do Acre

AM: estado do Amazonas

AP: estado do Amapá

CCATT-BRAMS: *Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*

CID-10: 10ª versão da Classificação Internacional de Doenças

CO: monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DALY: *Disability Adjusted Life Years*

DATASUS: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA: *United States' Environmental Protection Agency*

FA: Fração Atribuível

FIOCRUZ: Fundação Instituto Oswaldo Cruz

IARC: *International Agency for Research on Cancer*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC: Intervalo de Confiança

ICRP: *International Commission on Radiological Protection*

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MA: estado do Maranhão

MCT: Ministério de Ciência e Tecnologia

MT: estado do Mato Grosso

NO₂: dióxido de nitrogênio

O₃: Ozônio

OMS ou WHO: Organização Mundial de Saúde ou *World Health Organization*

PA: estado do Pará

PAH: *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*, ou Hidrocarboneto Aromático Policíclico

PIB: Produto Interno Bruto

PM: *Particulate Matter* ou Material Particulado

PM₁₀: Material particulado até 10µm de diâmetro

PM_{2,5}: Material particulado até 2,5µm de diâmetro

PRODES: Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia, atualmente Projeto de Monitoramento da Amazônia Brasileira por Satélites

REDD: *Reduce Emissions from Deforestation and Degradation* ou Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação, conceito adotado pela Comissão de Clima da Organização das Nações Unidas, logo depois este foi expandido, com o nome de REDD+, e passou a incluir na sua definição também atividades de conservação, manejo sustentável das florestas e aumento de seus estoques em países em desenvolvimento

RO: estado de Rondônia

RR: estado de Roraima

RR: Risco Relativo

SIH: Sistema de Informações Hospitalares do SUS

SIM: Sistema de Informações sobre Mortalidade do SUS

SISAM: Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental

SUS: Sistema Único de Saúde

TO: estado do Tocantins

1. INTRODUÇÃO

Entre os diversos aspectos relacionados ao adoecimento de populações, podemos destacar que os fatores de risco ambiental apresentam crescente importância. Historicamente, dois casos apresentam relevância por contribuírem na compreensão da influência da poluição atmosférica na mortalidade: Londres (Inglaterra) em 1952 e Meuse Valley (Bélgica) em 1930 (Brunekreef & Holgate, 2002; Nemery *et al*, 2001). Esses dois casos em que a poluição atmosférica acumulou-se junto à superfície, ressaltaram aos pesquisadores e gestores em saúde da época a interferência da poluição na saúde das populações. As publicações científicas e regulações posteriores a estes eventos advertiram sobre a associação do aumento no número de óbitos e de pessoas adoecidas com a exposição à nuvem de poluentes. Nessa época, as principais fontes de emissão foram identificadas como as fábricas, cuja poluição atmosférica, por efeito também de fenômenos meteorológicos, como a inversão térmica acarretou a concentração de poluentes sem dispersão, aumentando o efeito da exposição.

Em ambos os casos, com uso do cálculo da fração atribuível da mortalidade, foi demonstrado o acréscimo significativo na mortalidade após a concentração de fumaça próxima à superfície, devido às elevadas concentrações de poluentes derivados da queima de combustíveis fósseis associadas ao fenômeno da inversão térmica (André *et al*, 2000). Com base em dados de 2008, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que aproximadamente 1,3 milhões de óbitos no mundo são atribuíveis à exposição a poluentes atmosféricos (*outdoor air pollution*; disponível no site: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.156>). Diversos efeitos e riscos da exposição à poluição atmosférica já foram documentados, tais como o aumento do número total de óbitos, óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias (Schwartz, 1993; Dockery *et al*, 1993; Ostro *et al*, 1999; Samet *et al*, 2000; Pope *et al*, 2002, 2006; Lepeule *et al*,

2012; Heinrich *et al*, 2013). Recentemente a agência internacional de pesquisa sobre câncer da OMS (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) classificou a poluição atmosférica como cancerígena (Straif *et al*, 2013), com destaque para as neoplasias no sistema respiratório.

Apesar da crescente produção na área, as publicações científicas sobre a estimativa da influência dos fatores de risco ambientais na saúde humana fornecem informações por vezes difíceis de serem traduzidas em políticas públicas (Mahapatra, 2002). Um caminho buscado com frequência é a pesquisa por dados ou informações que possam aferir indiretamente o estado de saúde de uma população por meio da identificação e mensuração de riscos à saúde que está exposta. Ou seja, trata-se da busca por indicadores capazes de traduzir em dados quantificáveis e analisáveis o estado de saúde de uma população, com vistas ao aprimoramento das ações em saúde pública (Kligerman *et al*, 2007).

Uma das maneiras de avaliar os impactos da degradação ou da contaminação ambiental no perfil sanitário de populações é o cálculo da Fração Atribuível Populacional (FAP ou simplesmente FA). O cálculo da FA resulta em uma estimativa da proporção de óbitos que podem ser relacionados a uma exposição (Silva, 1999). Desde que assumidos alguns pressupostos, limitações e incertezas, torna-se possível a estimativa do número de mortes que poderiam ser evitadas com a mitigação ou eliminação da exposição. Tais informações podem contribuir para melhor planejamento de medidas preventivas ou de atenuação dos efeitos da exposição à poluição.

Apesar de muitas pesquisas voltarem seu foco à situação de exposição à poluição em ambientes urbanos de grandes metrópoles, locais como a Amazônia Legal apresentaram cenários críticos em algumas regiões de intensa exposição a poluentes atmosféricos no período de 2005 a 2010. A queima de biomassa na região,

seja por fenômenos naturais ou para expansão da fronteira agrícola, expõe a população residente em algumas áreas urbanas a elevados níveis de material particulado fino (de até 2,5µm de diâmetro). Conforme será apresentado mais adiante, este tipo de exposição reduz a qualidade da saúde da população e está relacionada ao aumento no número de internações e óbitos.

Neste trabalho, o destaque é para o impacto da exposição ao material particulado fino presente na atmosfera no período entre 2005 e 2011 em indicadores de saúde das capitais dos estados que compõem a Amazônia Legal. Este tipo de material está presente na poluição atmosférica produzida em maior quantidade como resultado de atividades antrópicas, como a queima de biomassa para agricultura e pecuária, além do aumento do uso de combustíveis fósseis. Entre os resultados conhecidos da exposição ao material particulado está o aumento da morbimortalidade por causas cardiovasculares e respiratórias em diversas áreas da região, sobretudo em populações de maior vulnerabilidade socioambiental (Marcarenhas *et al*, 2008; Silva *et al*, 2009; Castro *et al*, 2009; Carmo *et al*, 2010; Silva *et al*, 2010; Ignotti *et al*, 2008, 2010; da Silva, 2012).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL

Amazônia Legal é a área do território nacional que compreende os estados do Acre (AC), Amazonas (AM), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Amapá, e parte dos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão.com uma área total de aproximadamente 5,2 milhões de km² (Brasil, Lei 5173/66 e art. 45º da Lei Complementar 31/77; figura 1). Ali reside uma população estimada em aproximadamente 26 milhões de pessoas em 2012, correspondente a 13,5% da população brasileira nesse ano (IBGE, 2013). Esta área é caracterizada como um

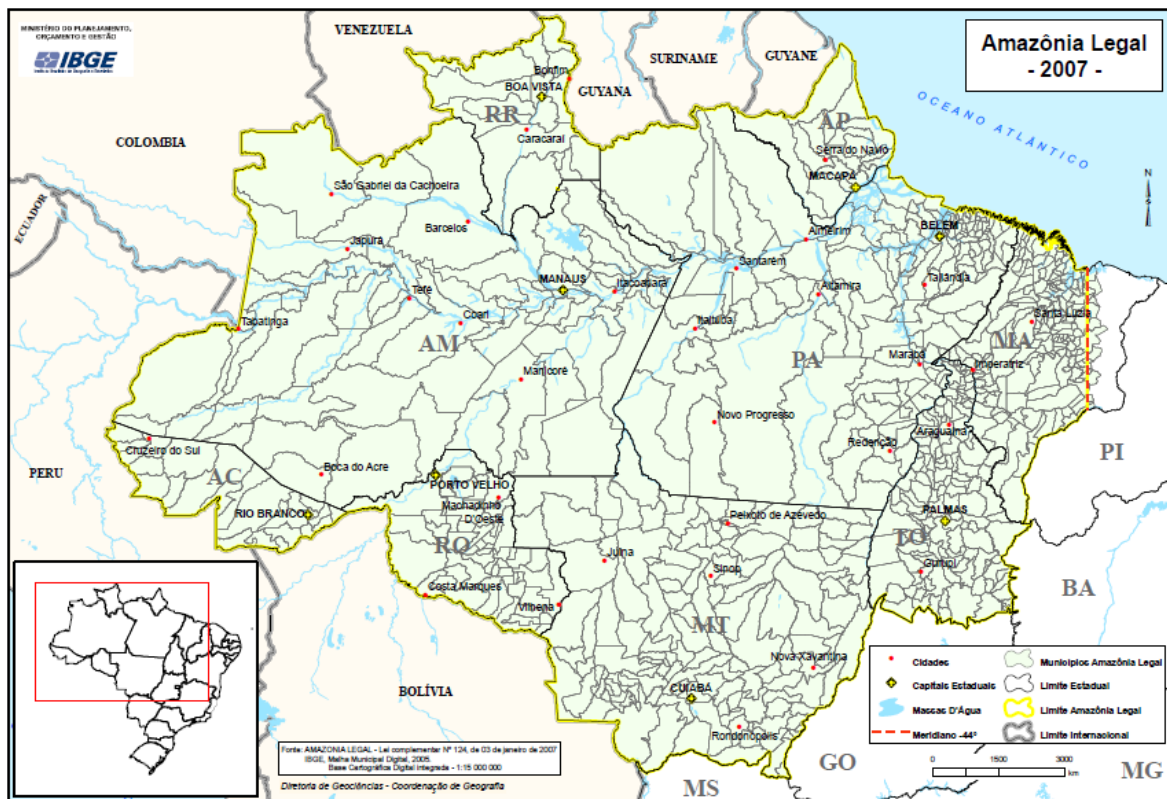


FIGURA 1: MAPA DA AMAZÔNIA LEGAL (IBGE, 2007)

território essencialmente de baixa densidade demográfica, cujas principais atividades econômicas são agricultura e pecuária (IBGE, 2013). Tais atividades contribuíram historicamente para o aumento do desmatamento na região (Fearnside 2005, 2006, 2007; Diniz *et al*, 2009; Oliveira Jr. *et al*, 2010).

Atualmente, o desflorestamento não é o determinante para a queima de biomassa. De maneira paradoxal, apesar da conhecida associação entre o desmatamento e as queimadas (Sorrensen, 2000, 2004; Bowman *et al*, 2008), estudos recentes mostram que a redução do desmatamento não é acompanhada por uma redução das queimadas e que a prática do *slash and burn* (cortar e queimar) possivelmente ainda é utilizada para ampliação ou manutenção de áreas de cultivo ou pecuária (Shimabukuro *et al*, 2010; Lima *et al*, 2012; Leitold *et al*, 2013).

Essa interação entre queima e desmatamento, devido às práticas na região, possui forças motrizes dentre as quais Geist (2002) destaca os fatores econômicos como maiores forças subjacentes. Historicamente, sabe-se que as queimadas ocorrem na Amazônia mesmo antes da chegada dos colonizadores europeus, com a fixação de tribos indígenas (Smith, 1980). Contudo, enquanto os índios prosseguiam sua apropriação sem qualquer apoio governamental, o apoderamento por povos não indígenas cresceu progressivamente e de maneira mais marcante após os estímulos criados para a ocupação da Amazônia na década de 1960, com uma mudança sem precedentes no uso do solo (Andersen 1996; 2002).

À parte a discussão sobre o desmatamento de vegetação primária e secundária, o ritmo avançou aproximadamente a uma escala de 10.000km² por ano impulsionado por políticas de infraestrutura e assentamentos até a década de 1980, a partir da qual se observa uma ação mais direta das forças do mercado, notadamente a valorização do território ocupado e a maximização dos resultados das atividades madeireira e principalmente da pecuária (Diniz, 2009). Fearnside (2006) associa o

retorno do crescimento do desmatamento a partir de 1991, e o pico deste ciclo em 2005, com os efeitos das políticas econômicas como o plano Real (1994) e os incentivos para o desenvolvimento agrícola.

Para o período entre 2000 e 2004, Oliveira Júnior e outros (2010) demonstraram a relação entre o desmatamento e indicadores do desenvolvimento local, observando que, dentro dos grupos de características semelhantes de extração florestal e economia (áreas de convergência), o total de rebanho bovino, o PIB *per capita* e as culturas temporárias e permanentes eram os principais fatores que explicavam o desflorestamento, especialmente onde este era mais intenso (Oliveira Jr. *et al*, 2010). Entre 2005 e 2007, há uma acentuada queda na devastação da floresta que foi atribuída às taxas de câmbio desfavoráveis às exportações e à “operação Curupira” (Fearnside, 2006; Galford *et al*, 2013). Esta última com um efeito mais duradouro na consequente readequação da fiscalização e emissão de permissões para o desmatamento. Nos anos seguintes o desflorestamento se manteve baixo, assim como as queimadas, o que também é parcialmente explicado pelo resultado de políticas de preservação, como a redução da expansão da fronteira agrícola (com o cultivo mais intensivo na pecuária, por exemplo) e aconselhamento técnico pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Outras razões para essa redução foram à execução de novas diretrizes econômicas, como o financiamento de práticas com menor emissão de carbono e a preferência de alguns mercados por produtos certificados ecologicamente e que sigam recomendações mundiais de técnicas e tecnologias menos destrutivas ao meio ambiente, como as propostas pelo conceito de Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação (em inglês, *Reduce Emissions from Deforestation and Degradation* – REDD) adotadas pela Comissão sobre o Clima da Organização das Nações Unidas (Galford, 2013).

Destacadas essas informações, não é surpreendente que a Amazônia Legal seja caracterizada como área crítica em emissões de fumaça por queima de biomassa

segundo monitoramento do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O monitoramento do desflorestamento é feito desde 1997 pelo PRODES: Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia, atualmente Projeto de Monitoramento da Amazônia Brasileira por Satélites, com relatórios digitais a partir de 2002 (disponíveis em www.obt.inpe.br/prodes/). Os resultados desse monitoramento enfatizam uma redução importante na taxa de desmatamento anual entre os anos de 2004 e 2012 (de 27.000 km² por ano para pouco menos de 5.000 km²). Outro sistema deste mesmo instituto é utilizado para os focos de queimadas com o nome SIG Queimadas (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>). Os dados do monitoramento mostram a redução dos focos entre 2004 e 2008, seguido por variações entre 50 mil e algo além de 150 mil focos entre 2009 e 2012 (figuras 2 e 3).

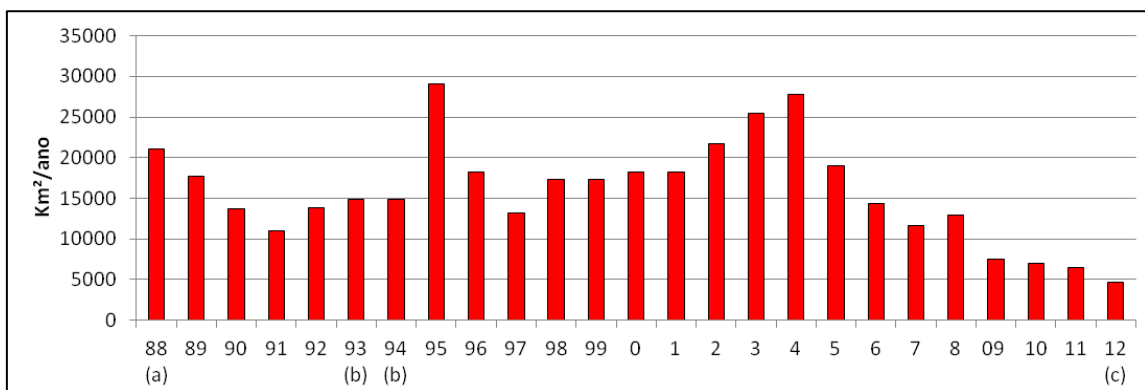


FIGURA 2: TAXA DE DESMATAMENTO 1988 A 2012.

Taxas Anuais Consolidadas. (a) Média entre 1977 e 1988. (b) Média entre 1993 e 1994. (c) Taxa Estimada.

Fonte: PRODES, CPTEC/INPE, 2013.

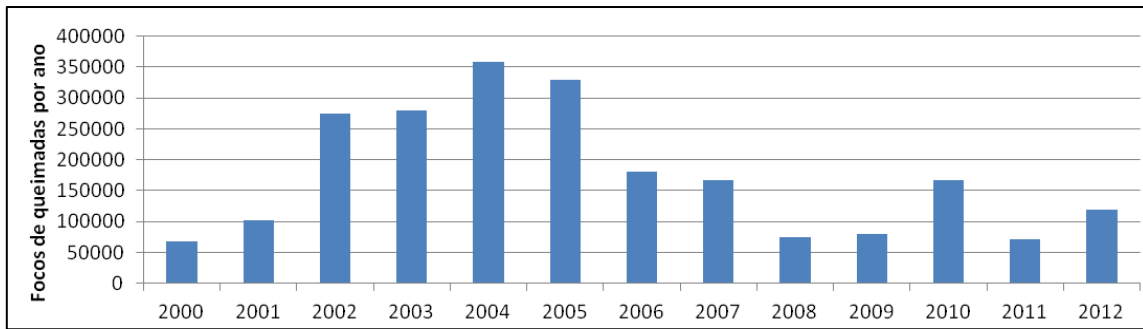


FIGURA 3: FOCOS DE QUEIMADA DA AMAZÔNIA DE 2000 A 2012

Fonte: *Sigqueimadas – CPTEC/INPE, 2013.*

Ao analisar esses resultados, devemos considerar que, diferentemente do observado em ambientes urbanos em que a poluição atmosférica é caracterizada por uma exposição contínua e crônica com poucas variações, as queimadas na Amazônia produzem uma exposição a níveis elevados no período de seca e com maior número de queimadas, ou seja, exposições agudas a elevadas concentrações de poluentes (Graham *et al*, 2003; Martin *et al*, 2010).

2.2. O MATERIAL PARTICULADO NO AR DE QUEIMA DE BIOMASSA E DOENÇAS

A queima da biomassa se dá pela combustão, reação intensa deste material com o oxigênio disponível no ar resultando, entre outros elementos, em luz e calor. Entre os elementos produzidos na combustão (tabela 1), há o destaque àqueles associados com efeitos na saúde humana, em especial àqueles eliminados em aerossóis.

Aerossóis são definidos como os produtos sólidos ou líquidos em suspensão nos gases. São caracterizados como primários se lançados diretamente após sua produção e como secundários se formados pela interação entre gases e a partícula emitida (Hinds, 1999). Essa definição engloba as substâncias com essas características produzidas durante a combustão e emitidas na atmosfera, dentre elas o material particulado. Os aerossóis, e em especial o material particulado, estão entre os

componentes mais estudados da poluição atmosférica, por agruparem as mais diversas substâncias nocivas à saúde.

O material particulado é classificado pelo seu diâmetro em: (i) grosso, com dimensões maiores do que 2,5 até 10,0µm de diâmetro (PM₁₀); (ii) fino, com dimensões maiores do que 0,1 até 2,5µm de diâmetro (PM_{2.5}) e; (iii) ultrafino, com diâmetro igual ou menor do que 0,1µm (Donaldson *et al*, 2001). Em relação à sua origem, o material particulado grosso é suspenso do solo ou provem de material orgânico, enquanto que o material particulado fino se forma de processos de combustão incompleta, seja por processos antropogênicos ou pela queima natural de biomassa. Esta queima gera partículas tanto na fase de chamas como na de brasas e o tamanho do material emitido parece ser resultante da fase em que foi eliminada (Freitas *et al*, 2005).

QUADRO 1: POLUENTES CAUSADORES DE DANOS À SAÚDE ADVINDOS DA COMBUSTÃO DE BIOMASSA

Composição	Exemplos ^a	Fonte	Observações	Modo de toxicidade
Gases inorgânicos	<i>Monóxido de Carbono (CO)</i>	Combustão incompleta	Transportado por longas distâncias	Asfíxiante
	<i>Ozônio (O₃)</i>	Reação secundária, produto do dióxido de nitrogênio com hidrocarbonetos	Somente presente com o fogo a favor do vento, transportado por longas distâncias	Irritante
	<i>Dióxido de Nitrogênio (NO₂)</i>	Oxidação do nitrogênio à alta temperatura, alguma contribuição do nitrogênio combustível	Reativo	Irritante
Hidrocarbonetos		Combustão incompleta	Alguns transportam e reagem para formar aerossóis orgânicos. Produtos variarão conforme condições da biomassa e combustão	
	Insaturado: 40+, ex: <i>1,3-butadieno</i>			Irritante, carcinogênico, mutagênico
	Saturado: 25+, ex: <i>n-hexano</i>			Irritante, neurotóxico
	Aromáticos Policíclicos (PAHs): 20+, ex: <i>benzo(a)pireno</i>			Mutagênico, carcinogênico
	Monoaromáticos: 28+, ex: <i>benzeno, estireno</i>			Carcinogênico, mutagênico
Compostos Orgânicos Oxigenados		Combustão incompleta	Alguns transportam e reagem para formar aerossóis orgânicos. Produtos variarão conforme condições da biomassa e combustão	

Composição	Exemplos ^a	Fonte	Observações	Modo de toxicidade
	Aldeídos: 20+, ex: <i>acroleína, formaldeído</i>			Irritante, carcinogênico, mutagênico
	Álcoois e ácidos orgânicos: 25+, ex: <i>metanol, ácido acético</i>			Irritante, teratogênico
	Fenóis: 33+, ex: <i>catecol, cresol (metilfenóis)</i>			Irritante, carcinogênico, mutagênico, teratogênico
	Quinonas: <i>hidroquinona, fluorenona, antraquinona</i>			Irritante, alergênico, redox-ativo, estresse oxidativo e inflamatório, possivelmente carcinogênico
Compostos Orgânicos Clorinados	<i>Cloreto de Metileno (Diclorometano), cloreto de metila, dioxina</i>	Requer cloro na biomassa		Depressores do sistema nervoso central (cloreto de metileno), possivelmente carcinogênicos
Radicais livres	Radicais tipo semiquinonas	Sua formação ainda é pouco conhecida		Redox-ativo, estresse oxidativo e resposta inflamatória, possivelmente carcinogênicos
Material Particulado	<i>Partículas Inaláveis (PM₁₀)</i>	Condensação de gases da combustão; combustão incompleta; arrastamento da vegetação e fragmentos de cinzas	Partículas grossas ^b e finas. Partículas grossas não são transportadas para longe e contém principalmente terra e cinzas	Inflamação e estresse oxidativo, podem ser alergênicas
	Partículas respiráveis	Condensação de gases da combustão; combustão incompleta	Devido fumaça por biomassa, aproximadamente igual às partículas finas	
	<i>Partículas finas (PM_{2,5})</i>	Condensação de gases da combustão; combustão incompleta	Transportadas por longas distâncias; produção primária e secundária	
^a Compostos em itálico são critérios para poluição atmosférica ou estão incluídos na lista de poluentes do ar perigosos especificados na Seção 112 do Clean Air Act dos Estados Unidos. Pelo menos 26 poluentes do ar perigosos são conhecidos por estarem presentes na fumaça por combustão da madeira.				
^b Partículas Grossas são definidas como aquelas com tamanho entre 2,5 e 10µm.				
^c As partículas são criadas diretamente durante o processo de combustão e também formadas depois da emissão de gases por condensação e reações químicas na atmosfera				
Adaptado de Naeher et al, 2007.				

A Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere níveis máximos de exposição a poluentes atmosféricos em sua recomendação publicada em 2006 (WHO, 2013). Esta organização publicou que aproximadamente 2 milhões de mortes no ano de 2008 no mundo foram atribuíveis aos efeitos da poluição atmosférica (*outdoor*) e que mais

da metade dos expostos residia em países em desenvolvimento (WHO, 2011). Outra organização de referência é a agência norte-americana de proteção ambiental (*United States Environmental Protection Agency- EPA*), que emitiu novos padrões para o material particulado em suspensão no ar em dezembro de 2012 (disponíveis no site: <http://www.epa.gov/>) No Brasil, os valores foram determinados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em 1990 (comparativo na tabela 2).

QUADRO 2: PADRÕES DE QUALIDADE DO AR PARA O MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO.

		CONAMA, 1990	WHO, 2006	EPA, 2013
Material Particulado	PM ₁₀	240 µg/m ³ (média para 24h)	50 µg/m ³ (média para 24h)	150 µg/m ³ (média para 24h)
	PM ₁₀	80 µg/m ³ (média anual)	20 µg/m ³ (média anual)	Sem referência ¹
	PM _{2.5}	150 µg/m ³ (média para 24h)	25 µg/m ³ (média para 24h)	35 µg/m ³ (média para 24h) ²
	PM _{2.5}	50 µg/m ³ (média anual)	10 µg/m ³ (média anual)	12 µg/m ³ (média anual) ³ 15 µg/m ³ (média anual) ⁴
¹ A EPA não apresenta até o momento valores de referência anuais para o PM ₁₀ . ² Valor para emissão de fontes primárias e secundárias, 98º percentil da média de 3 anos. ³ Valor para emissão de fontes primárias, média de 3 anos. ⁴ Valor para emissão de fontes secundárias, média de 3 anos.				

Adaptado de CONAMA (1990), WHO (2006) e EPA (2013).

É importante ressaltar que os efeitos associados à poluição atmosférica não são determinados apenas por exposições agudas, mas também, pelo tempo de exposição à poluição (Smith *et al*, 1999). Os efeitos são analisados em relação à duração da exposição, que pode ser caracterizada como aguda ou crônica. Exposição aguda é a exposição a elevados níveis de poluentes que ocorre em um curto período de tempo, de horas a alguns dias, enquanto que a exposição crônica ocorre repetidamente durante um longo período de tempo, como por vários anos.

Os efeitos do material particulado oriundo da atmosfera dependem de sua absorção pelos tecidos humanos. Apesar de conhecida a entrada no organismo por tecidos como pele, olhos e mucosas, o trato respiratório é admitido como a principal via de absorção do material particulado suspenso no ar. A deposição na árvore

respiratória depende tanto de propriedades da partícula, como tamanho e composição, como por parâmetros ventilatórios da pessoa exposta, como fluxo e volume corrente respiratório. Partículas inaladas menores que $0,1\mu\text{m}$ são depositadas basicamente por difusão, processo que tem seu melhor funcionamento quanto menor for a partícula e menor for a frequência respiratória, ou seja, quanto menor for o volume corrente. Assim, o efeito da difusão diminui continuamente com o aumento do tamanho das partículas até $1\mu\text{m}$, quando fatores gravitacionais apresentam maior influência na sedimentação destas. Partículas maiores tem sua dispersão induzida também por inércia e sua deposição por impacto nos tecidos. Este mecanismo de impacto terá maior relevância nas vias aéreas superiores e extratorácicas, onde o ar passa em alta velocidade. A sedimentação será o mecanismo principal de deposição nas partes mais inferiores da arquitetura pulmonar (Heyder, 2004).

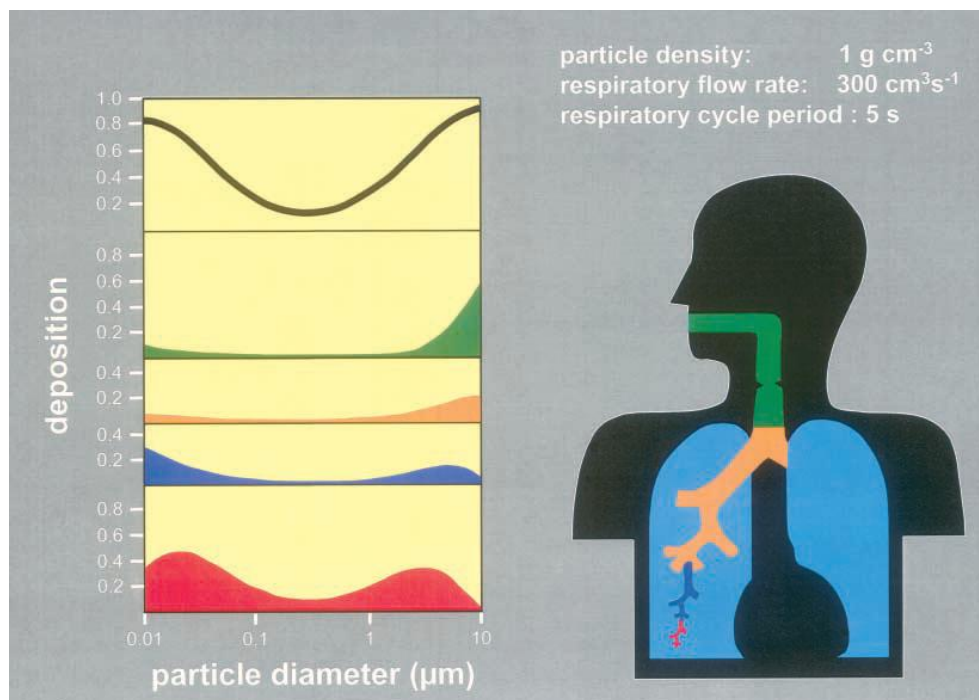


FIGURA 4: MODELO DA ICRP DE DEPOSIÇÃO TOTAL E REGIONAL DE ESFERAS DE 1 UNIDADE DE DENSIDADE

Heyder, 2004

A *International Commission on Radiologic Protection (ICRP)* criou um modelo a partir de dados de experimentos com inalação e deposição de partículas. O sistema

respiratório foi dividido em 4 regiões: extratorácica, brônquios superiores, brônquios inferiores e alveolar. O modelo matemático foi proposto para partículas de qualquer densidade, período do ciclo e fluxos respiratórios. O resultado reproduzido por Heydel (2004) encontra-se na figura 4.

Se não são retiradas imediatamente pelos sistemas naturais de defesas como espirros e tosse, as partículas aspiradas interagem, por meio de reações biológicas, físicas e químicas, com as células adjacentes e são absorvidas para a corrente sanguínea. As reações dependerão de onde as partículas se depositarem, o tempo que levará para a sua remoção e a composição das partículas (Arbex *et al*, 2004; Cançado *et al*, 2006; Godleski, 2000; EPA, 2013).

A OMS periodicamente emite relatórios com a apresentação da Carga Ambiental Global de Doenças, demonstrando a associação entre fatores de risco e morbimortalidade nos países, com os anos de vida ajustados por deficiência (*Disability Adjusted Life Years - DALY*) como indicador. Isso se baseia em diversas evidências e mensurações regulares ao redor do mundo apresentando as estimativas de mortalidade causada por exposição à poluição atmosférica. A OMS apresenta um mapa de mortes atribuíveis à poluição atmosférica, (ano base 2008), que indica a ocorrência de mais de 2,5 milhões de DALY em crianças com menos de 5 anos no mundo associadas com essa exposição (http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/oap_mbd/atlas.html). A Carga Ambiental de Doenças atribuível à exposição ao PM_{2,5} em áreas com mais de 100 mil habitantes ou capitais nacionais do mundo todo chega a 6,4 milhões de anos de vida perdidos (Cohen, 2005).

Uma revisão das publicações com dados sobre os efeitos na saúde vinculados à exposição ao PM_{2,5} e PM₁₀ nas bases de dados do Pubmed e Scielo com os descritores: *Health/ Saúde e particulate matter/ material particulado*, foi feita e é

apresentada adiante. Foram incluídos estudos dos últimos 10 anos publicados nos idiomas português, inglês e espanhol e que estimassem o risco relativo ou impacto dos efeitos do PM_{2,5} ou do PM₁₀ em humanos. Encontraram-se 864 artigos no Pubmed e 10 no Scielo apenas com os descritores propostos, limites de tempo e idioma. Foram excluídas publicações que não fossem pesquisas originais e que usassem dados de outros estudos em suas estimativas, o que reduziu a lista aos 51 artigos que são apresentados no Anexo 1.

Entre os principais efeitos descritos estão o aumento na mortalidade por causas cardiovasculares, principalmente em maiores de 30 anos, e a mortalidade por todas as causas. Alguns estudos usam mais de um resultado em suas investigações, dado que uma considerável proporção desses desfechos já foi atribuída a esta exposição por outros estudos (Schwartz, 1993; Dockery *et al*, 1993; Ostro *et al*, 1999; Samet *et al*, 2000; Pope *et al*, 2002). Ainda que evidências científicas sejam produzidas mais recentemente, a OMS recomenda o coeficiente concentração resposta calculado por Pope e colaboradores (2002, 2004) como referência nos cálculos do impacto da exposição ao material particulado no ar na mortalidade geral e por causas cardiovasculares (Ostro, 2004). Seu uso pode ser observado em uma recente publicação com a análise das perspectivas sobre a carga ambiental de doenças na Europa (Hänninen & Knoll, 2011).

Na avaliação dos efeitos da poluição atmosférica não apenas óbitos são considerados, mas em muitos estudos são avaliadas as internações. A pirâmide de efeitos da OMS aponta este desfecho como superior em número de eventos em relação aos óbitos (WHO, 1999), ainda que menos graves. Muitos estudos que avaliam este tipo de desfecho escolhem as faixas etárias de crianças e idosos por causa da maior gravidade inferida dos efeitos da exposição ao material particulado atmosférico. Nas crianças isto parece decorrer do metabolismo mais acelerado e consequente necessidade de maior volume de oxigênio para o processo de

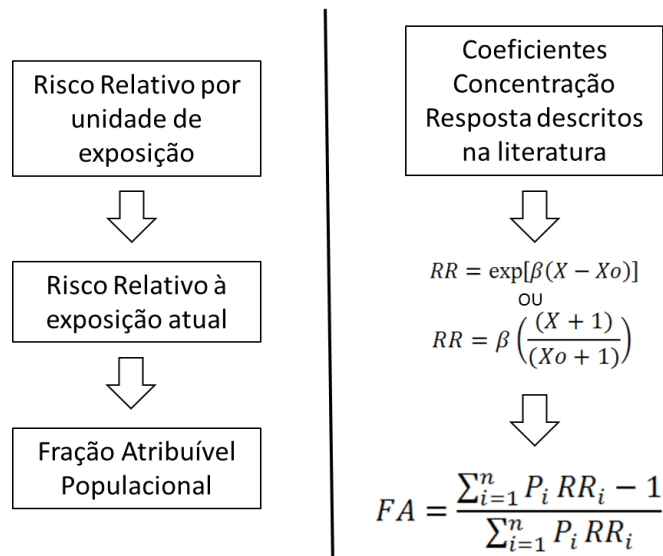
crescimento, o que exige maior aspiração do material presente na atmosfera. Em idosos, a imunidade reduzida associada à diminuição da mobilidade ciliar na árvore respiratória contribui para a limitada capacidade de eliminação ou filtração do material particulado aspirado, o que incorre em maior risco de adoecimento (Gonçalves *et al*, 2012).

As internações em crianças e idosos constituem um grupo de desfechos bastante investigado e com diversas publicações encontradas durante a revisão feita (Bakonyi *et al*, 2004; Gouveia *et al*, 2006; Linares & Díaz, 2009; Ignotti *et al*, 2010; Carmo *et al*, 2010; Silva *et al*, 2010; Iskandar *et al*, 2012). Diferentemente dos estudos realizados com a mortalidade em adultos, investigações sobre as internações por causas respiratórias nessa faixa etária são encontradas com resultado do trabalho de pesquisadores brasileiros na área da Amazônia Legal. Esta proximidade regional faz com que os coeficientes encontrados por Ignotti e colaboradores (2010) estejam mais próximos da realidade que desejamos estudar.

Com a finalidade de encontrar as proporções de óbitos e internações associadas à exposição ao material particulado é calculada a Fração Atribuível Populacional, ou apenas fração atribuível (FA). O cálculo da fração atribuível tem auxiliado em muito o dimensionamento do impacto da exposição a poluentes como o material particulado. Este cálculo estima a proporção de casos de um desfecho (óbitos ou internações, por exemplo) atribuíveis a uma exposição específica. Desde que estabelecida uma relação causal entre o fator e desfecho selecionado, a fração atribuível pode calcular a proporção do número total de casos que seriam potencialmente reduzidos se a exposição ao fator de risco fosse eliminada (Kelsey *et al*, 1996).

Seu cálculo pode ser realizado de várias maneiras, dependendo do cenário, tipo de exposição ou desfecho estudado. Para este trabalho, são aplicadas as fórmulas apresentadas na publicação de Bart Ostro para a OMS em 2004:

Figura 5: Equações e fórmulas para cada etapa do cálculo da fração atribuível



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Estimar a fração atribuível ao impacto da exposição ao $PM_{2,5}$ proveniente da queima de biomassa nas internações por causas respiratórias e no número total de óbitos e por doenças cardiovasculares na população das capitais dos seguintes estados da Amazônia Legal: Belém -PA, Cuiabá - MT, Manaus - AM, Palmas - TO, Porto Velho - RO, Rio Branco - AC e São Luís - MA.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a Fração Atribuível, para a população com 30 ou mais anos residente na região entre 2005 e 2012, dos:
 - Óbitos totais; e
 - Óbitos por causas cardiovasculares.
- Estimar a Fração Atribuível das internações por causas respiratórias:
 - Em crianças menores de 5 anos; e
 - Em idosos com mais de 64 anos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESENHO DE ESTUDO E DESFECHOS DE INTERESSE

Trata-se de um estudo ecológico para a estimação do número total de óbitos, óbitos por doenças cardiovasculares e internações por doenças respiratórias que podem ser atribuídos à exposição ao material particulado fino. A estimação foi realizada com base nos resultados de Pope e colaboradores (2002, 2004) e Ignotti e colaboradores (2010b).

C. Arden Pope III e colaboradores publicaram em 2002 o resultado de sua pesquisa sobre a influência dos poluentes atmosféricos na morbimortalidade dos indivíduos resultante de uma coorte de prevenção de câncer (*Cancer Prevention Study II*, encerrado em 2006). Os desfechos originalmente descritos foram agrupados em óbitos por causas cardiorrespiratórias, óbitos por câncer de pulmão, óbitos por causas não incluídas entre estas duas e mortalidade por todas as causas. A robustez de sua evidência é reconhecida por vários autores e seus achados são referência para a OMS na estimação de óbitos atribuíveis à exposição à poluição atmosférica (WHO, 2005). Em 2004, este mesmo autor publicou outro estudo em que investigava a etiologia patofisiológica dos acometimentos cardiopulmonares, a partir de dados da mesma coorte. Para tanto, separou as causas de óbito cardiovasculares das respiratórias e as associou à exposição com o material particulado fino, hipotetizando associações mais específicas de óbito com causas respiratórias ou causas mais detalhadas de morbimortalidade cardiovascular. Para este estudo serão aplicados os coeficientes da função concentração-resposta relativos à mortalidade total e cardiovascular geral (Pope *et al*, 2002, 2004).

Ignotti e colaboradores publicaram em 2010 o resultado de sua investigação sobre o comportamento das internações hospitalares em idosos e crianças durante a

estação seca em Tangará da Serra, município do estado de Mato Grosso localizado no chamado Arco do Desmatamento da Amazônia. Esta pesquisa, por meio de uma série temporal, produziu estimativas sobre a variação das internações e da função concentração resposta para o aumento na concentração de material particulado no ar da região. Este resultado é relevante pela falta de estudos de coorte com foco em exposições ambientais no Brasil. Neste estudo, foram aplicados seus achados sobre o risco de internação por causas respiratórias em crianças menores de 5 e idosos maiores de 64 anos.

A função concentração-resposta é calculada de maneira semelhante à função dose-resposta. Entretanto, na avaliação de risco ambiental não é possível saber a exata quantidade administrada a uma pessoa (a dose), apenas ao quanto esta foi exposta. Nesta função é usado o coeficiente concentração-resposta, que também é semelhante ao da função dose-resposta, sendo obtido a partir da formulação de uma função capaz de estimar com erro aceitável o número de desfechos encontrados em relação à variação da concentração do material de exposição. O coeficiente β da função concentração-resposta encontrada é o que chamamos coeficiente concentração-resposta.

Tais coeficientes concentração-resposta podem ser resultantes de investigações longitudinais, como o estudo de coortes de Pope e colaboradores (2002, 2004) que calcularam o coeficiente concentração-resposta para a variação no número total de óbitos e por doenças cardiovasculares à elevação de cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$. Outra maneira de obtê-los é a partir do estudo de séries temporais, como foi feito por Ignotti e colaboradores (2010) para verificar a variação das internações em crianças e idosos na estação seca em Tangará da Serra à elevação de cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ no ar externo. Estes coeficientes possibilitam a criação de modelos para a previsão de efeitos em populações expostas ao material particulado, como é feito neste estudo

para a estimação da fração atribuível dos desfechos citados (tabela 3) à exposição ao $PM_{2,5}$.

4.2. ÁREA E POPULAÇÃO DE ESTUDO

O estudo foi realizado com os dados da população residente no período de 2005 a 2011 em sete capitais de estados componentes da Amazônia Legal: Belém – PA, Cuiabá –MT, Manaus –AM, Palmas –TO, Porto Velho –RO, Rio Branco –AC, e São Luís –MA. O interesse por estas localidades é devido ao fato peculiar de que a exposição ao $PM_{2,5}$ advindo da exposição aos combustíveis fósseis é acrescida àquela produzida pela queima de biomassa.

As capitais dos estados de Roraima, Boa Vista, e do Amapá, Macapá, foram excluídas deste estudo por seguirem um regime diferente de chuvas. Assim, para manter a avaliação em um mesmo regime climático para a região, estas foram suprimidas deste estudo.

A maior parte da região apresenta dois períodos, de chuvas e seca, bem delimitados pela pluviometria e umidade relativa do ar mensais, síncronos. Para este estudo, foi considerada como a estação seca o período entre os meses de julho e outubro dos anos 2005 a 2011.

4.2.1. Belém

A capital do estado do Pará possui população residente estimada em 1.393.400 pessoas em 2012. Destas, 100.710 possuem menos de 5 anos, 677.947 têm 30 ou mais anos e 88.816 são idosos com 65 ou mais anos. Este município ocupa uma área de 1.059,406 km e possui um IDH (2010) de 0,746 (IBGE, 2013), considerado alto. Apesar da economia deste estado estar fortemente ligada a atividades extrativistas, como a mineração e coleta de produtos de floresta, suas principais atividades econômicas atualmente estão no setor de serviços.

4.2.2. Cuiabá

A capital do estado do Mato Grosso possui população residente estimada em 569.830 pessoas em 2012, sendo: 41.306 crianças menores de 5 anos; 269.645 adultos com 30 ou mais anos e; 29.090 idosos com 65 anos ou mais. Ocupa uma área de 3.4905,424 km² e seu IDH (2010) é de 0,746 (IBGE, 2013).

4.2.3. Manaus

A capital do estado do Amazonas possui população residente estimada, em 2012, em 1.982.177 pessoas, a maior população desta região. São 167.915 crianças menores de 5 anos, 776.646 adultos com mais de 30 anos e 72.353 idosos com 65 ou mais anos. Possui uma área extensa, de 11.401,092 km², sendo a segunda maior capital em extensão. Esta possui um IDH de 0,737 (IBGE, 2013). Seu PIB, calculado em aproximadamente R\$ 48,6 milhões para o ano de 2010, foi o maior entre as capitais da Amazônia Legal.

4.2.4. Palmas

A capital do estado de Tocantins possui população residente estimada em 257.904 pessoas em 2012. Destas, 21.506 são crianças menores de 5 anos, 96.193 adultos com 30 ou mais anos e 6.618 idosos com 65 ou mais anos. Ocupa uma área de 2.218,943 km² e seu IDH (2010) é de 0,752 (IBGE, 2013).

4.2.5. Porto Velho

A capital do estado de Rondônia possui população residente estimada em 484.992 pessoas em 2012. As crianças menores de cinco anos somam 36.530 à população, enquanto aqueles com 30 anos ou mais somam 188.022, e os com 65 anos ou mais 15.614 residentes na área. Ocupa uma área de 34.096,388 km², sendo a maior capital da região em extensão. Seu IDH (2010) é de 0,736 (IBGE, 2013). É o

local onde o maior número de focos de queimadas é detectado, com consequentes altos níveis de poluição atmosférica estimados no período estudado.

4.2.6. Rio Branco

A capital do estado de Acre possui população residente estimada em 357.194 pessoas em 2012, sendo 317.498 crianças menores de 5 anos, 141.264 adultos com 30 anos ou mais e 15.012 idosos com 65 ou mais anos. Sua extensão territorial é de 8.835,541 km². Possui um IDH (2010) de 0,727, o menor índice para as capitais da região, apesar do fato de todas estas apresentam valores muito próximos e caracterizados como altos (IBGE, 2013).

4.2.7. São Luís

A capital do estado de Maranhão possui população residente estimada em 1.053.922 pessoas em 2012. Dentre estas, 77.333 são crianças menores de 5 anos, 464.663 possuem 30 ou mais anos e 53.946 são idosos de 65 anos ou mais. Ocupa uma área de 834,785 km². Esta cidade possui o IDH (2010) de 0,768 (IBGE, 2013).

4.3. FONTES DE DADOS

Os dados dos óbitos e internações foram obtidos por meio do Sistema de Informações sobre Mortalidade do SUS (SIM) e do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH) disponíveis na página do Departamento de Informática do SUS (www.datasus.gov.br). Para seu processamento foi utilizado o programa Tabwin, versão 3.6b, disponível em www.datasus.gov.br/tabwin.

Os dados de distribuição do PM_{2,5} foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental (SISAM), disponível

pelo endereço eletrônico: <http://sisam.cptec.inpe.br/msaude/>. O CCATT-BRAMS (Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System) é um sistema para modelagem de dados sobre poluição atmosférica adaptado à região. Este usa informações obtidas de outros bancos de dados e geradas por outras fontes como a umidade ao nível do solo, composição química dos gases emitidos, condições meteorológicas, composição do ecossistema, locais de queima de biomassa e a consequente emissão e transporte de aerossóis, inclusive o material particulado, na região (Freitas, 2007; Longo *et al*, 2007). O número de focos de queima de biomassa e sua extensão influenciam de maneira significativa as estimativas. Assim, para locais onde estes eventos são mais frequentes, os resultados do cálculo do material particulado em suspensão serão significativamente maiores do que em lugares com um pequeno número de queimadas.

4.4. INDICADORES EM ESTUDO

Para avaliação do impacto do PM_{2,5} na poluição atmosférica na morbimortalidade das populações, foram calculados os seguintes indicadores:

- Taxa anual de internações na estação seca (julho, agosto, setembro e outubro) entre 2005 e 2011 por causas respiratórias em crianças menores de cinco anos (equação 1);

EQUAÇÃO 1: TAXA ANUAL DE INTERNAÇÕES DE MENORES DE 5 ANOS NA ESTAÇÃO SECA

$$\frac{\text{Número de internações de crianças menores de 5 anos nos meses de seca por ano}}{\text{população residente menor de 5 anos no meio do ano}}$$

- Taxa anual de internações na estação seca entre 2005 e 2011 por causas respiratórias em idosos com 65 ou mais anos (equação 2);

EQUAÇÃO 2: TAXA ANUAL DE INTERNAÇÕES DE IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS NA ESTAÇÃO SECA

$$\frac{\text{Número de internações de idosos com 65 ou mais anos nos meses de seca por ano}}{\text{população residente com 65 ou mais anos no meio do ano}}$$

- Taxa anual de mortalidade específica por causas cardiovasculares em pessoas com 30 ou mais anos entre 2005 e 2011 (equação 3); e

EQUAÇÃO 3: TAXA ANUAL DE MORTALIDADE ESPECÍFICA POR CAUSAS CARDIOVASCULARES EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS

$$\frac{\text{Número de óbitos de pessoas com 30 anos ou mais por ano}}{\text{população residente com 30 ou mais anos no meio do ano}}$$

- Taxa anual de mortalidade por todas as causas em pessoas com 30 ou mais anos (equação 4).

EQUAÇÃO 4: TAXA ANUAL DE MORTALIDADE POR TODAS AS CAUSAS DE PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS

$$\frac{\text{Número de óbitos de pessoas com 30 anos ou mais por ano}}{\text{população residente com 30 ou mais anos no meio do ano}}$$

- Mortalidade padronizada pela idade pelo método direto

EQUAÇÃO 5: MORTALIDADE PADRONIZADA PELO MÉTODO DIRETO

$$\text{Mortal. Padronizada}_{x-y} = \sum_{i=x}^y \left[\left(\frac{\text{óbitos}_i}{\text{pop}_i} \right) \times 100.000 \times \left(\frac{\text{pop padrão}_i}{\sum_{j=x}^y \text{pop padrão}_j} \right) \right]$$

Sendo: y : população total; x : anos em cada faixa etária; i : cada faixa etária determinada pelo intervalo x ; j : população padrão total

Sobre os dados ambientais, foram estimados os relacionados à exposição.

Foram calculadas as seguintes medidas para estimação da exposição ao $PM_{2,5}$:

- Média anual do $PM_{2,5}$ na atmosfera dessas capitais;

EQUAÇÃO 6: MÉDIA ANUAL DO $PM_{2,5}$ NA ATMOSFERA NAS CAPITAIS

$$\frac{\text{Concentração do } PM_{2,5} \text{ médio diário}}{\text{número de dias no ano}}$$

- Média do $PM_{2,5}$ na atmosfera dessas capitais durante a estação seca (julho, agosto, setembro e outubro).

EQUAÇÃO 7: MÉDIA DO $PM_{2,5}$ PARA OS MESES DE SECA POR ANO

$$\frac{\text{Concentração do } PM_{2,5} \text{ médio diário nos meses de seca}}{\text{número de dias dos meses de seca}}$$

Os valores ausentes foram substituídos pela média do $PM_{2,5}$ para o mês. Isto foi obtido com o cálculo da média do mesmo mês nos outros anos e a inclusão no valor ausente. Valores detectados como erros por saírem claramente do padrão de concentração do $PM_{2,5}$ (*outliers*) foram suprimidos e tratados como valores ausentes.

4.5. ESTIMAÇÃO DA FRAÇÃO ATRIBUÍVEL

O cálculo da fração atribuível é precedido pelo cálculo do risco relativo. Este foi estimado por meio da aplicação do coeficiente da função concentração-resposta (tabela 3) nas equações 8 e 9 (Ostro, 2004; Pope *et al*, 2002).

TABELA 1: DESFECHOS E COEFICIENTES CONCENTRAÇÃO-RESPOSTA OBTIDOS NA LITERATURA PARA ESTIMAÇÃO DO IMPACTO DA EXPOSIÇÃO AO $PM_{2,5}$

Desfechos em saúde	CID 10	Faixa Etária	Aumento do risco à elevação de cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$		β da função concentração resposta à elevação de cada $10\mu\text{g}/\text{m}^3$		Referência
Mortalidade geral	A00 - Y98	>30	1,06	[1,02–1,11]	0,006	[0,002-0,104]	Pope <i>et al</i> , 2002
Mortalidade cardiovascular	I00 - I99	>30	1,12	[1,08-1,15]	0,011	[0,008-0,014]	Pope <i>et al</i> , 2004
Internações hospitalares na estação seca	J00 - J99	<5	1,047	[1,006-1,091]	0,005	[0,0006-0,009]	Ignotti <i>et al</i> , 2010
Internações hospitalares na estação seca	J00 - J99	>64	1,055	[1,0056-1,106]	0,005	[0,0006-0,010]	Ignotti <i>et al</i> , 2010

EQUAÇÃO 8: CÁLCULO DO RISCO RELATIVO A PARTIR DO COEFICIENTE DE CONCENTRAÇÃO-RESPOSTA PARA MENORES DE 5 E ADULTOS COM 30 OU MAIS ANOS

$$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$$

Sendo: RR= risco relativo; β = coeficiente concentração-resposta; X=concentração atual do $PM_{2,5}$; X_0 =concentração mínima do $PM_{2,5}$

A equação 8 será usada para os cálculos de risco relativo para mortalidade nos adultos maiores de 30 anos e para as internações em crianças menores de 5 anos, seguindo a orientação do manual da OMS. Seguindo a mesma orientação, a equação 9 será usada para cálculo do risco relativo para a internação de idosos com 65 ou mais anos (Ostro, 2004).

EQUAÇÃO 9: CÁLCULO DO RISCO RELATIVO PARA A PARTIR DO COEFICIENTE DE CONCENTRAÇÃO-RESPOSTA PARA IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS

$$RR = \beta \left(\frac{(X + 1)}{(X_0 + 1)} \right)$$

Sendo: RR= risco relativo; β = coeficiente concentração-resposta; X=concentração atual do $PM_{2,5}$; X_0 =concentração mínima do $PM_{2,5}$.

Com o RR resultante das equações, pôde ser calculada a fração atribuível de cada indicador à poluição pelo $PM_{2,5}$ (Bonita, 1993; Prüss-Ustun, 2003; Hänninen, 2011), com auxílio do programa MS Excel®, com a aplicação da equação 10.

EQUAÇÃO 10: CÁLCULO DA FRAÇÃO ATRIBUÍVEL

$$FA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i RR_i - 1}{\sum_{i=1}^n P_i RR_i}$$

Sendo: P_i : proporção da população exposta ao fator i ao nível de interesse; RR_i : risco relativo à exposição i ; n : níveis de exposição.

Assim, esquematicamente, foram usadas as seguintes fórmulas para cada grupo etário e desfecho, conforme sugerido por na publicação da OMS de 2004 por Ostro (tabela 2):

TABELA 2: PROCEDIMENTOS PARA O CÁLCULO DA FRAÇÃO ATRIBUÍVEL POR DESFECHO

Desfechos em saúde	Faixa Etária	β da função concentração resposta à elevação de cada 10µg/m ³		Equação para o Risco Relativo	Fórmula para o cálculo da Fração Atribuível
Mortalidade geral	>30	0,006	[0,002-0,104]	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	$FA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i RR_i - 1}{\sum_{i=1}^n P_i RR_i}$
Mortalidade cardiovascular	>30	0,011	[0,008-0,014]	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	
Internações hospitalares na estação seca	<5	0,005	[0,0006-0,009]	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	
Internações hospitalares na estação seca	>64	0,005	[0,0006-0,010]	$RR = \beta \left(\frac{(X + 1)}{(X_0 + 1)} \right)$	

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS AMBIENTAIS

As médias anuais da concentração do $PM_{2,5}$ no ar das capitais selecionadas da Amazônia Legal são apresentadas na Tabela 3.

A observação das médias anuais já indica que há perfis diferentes de exposição. Com altos valores, podemos caracterizar Cuiabá, Porto Velho e Rio Branco como cidades de elevada exposição ao $PM_{2,5}$. Do lado oposto desta avaliação estariam de maneira mais consistente Belém e São Luís (tabelas 3 e 4).

TABELA 3: MÉDIA ANUAL DE CONCENTRAÇÃO DO $PM_{2,5}$ NO AR DAS CAPITAIS DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL EM $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CONSIDERADAS NO ESTUDO DEVIDO AO CICLO SAZONAL DA REGIÃO.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belém	11,00	10,32	26,85	10,07	10,16	10,58	5,72
Cuiabá	92,81	42,80	48,48	12,97	11,88	19,91	6,97
Manaus	22,86	16,56	11,26	10,26	10,83	12,06	7,89
Palmas	27,28	18,20	42,57	11,22	11,03	17,63	7,12
Porto Velho	314,06	231,13	197,69	15,99	13,28	42,90	7,02
Rio Branco	180,34	59,73	48,09	14,50	13,28	37,82	10,40
São Luís	10,42	10,17	15,62	10,32	10,05	10,11	6,97

TABELA 4: ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DO $PM_{2,5}$ PARA TODO O PERÍODO, PARA AS CAPITAIS CONSIDERADAS NO ESTUDO DEVIDO AO CICLO SAZONAL DA REGIÃO.

	Belém	Cuiabá	Manaus	Palmas	Porto Velho	Rio Branco	São Luís	
Média	12,46	33,95	13,34	19,52	118,76	52,32	10,80	
Desvio padrão	5,98	28,25	4,48	10,91	118,33	55,72	2,11	
Variância	35,79	798,27	20,03	119,03	14001,93	3104,52	4,46	
Mínimo	8,09	8,74	9,50	8,86	8,75	10,25	8,73	
Máximo	26,96	93,72	22,96	42,13	315,17	181,72	15,82	
Percentis	25	10,07	11,77	10,27	10,98	13,19	13,25	10,05
	50	10,33	20,28	11,20	17,90	42,96	38,43	10,17
	75	11,00	47,49	16,60	27,40	229,09	59,40	10,43

Há cidades nas quais é possível observar a redução do $PM_{2,5}$ atmosférico por meio da leitura das tabelas como no caso de Cuiabá, Manaus, Porto Velho e Rio

Branco. Tais reduções são acompanhadas por altos coeficientes de determinação, em todos os casos citados com valor igual ou maior que 80% (tabelas 3 e 5).

TABELA 5: EQUAÇÕES E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²) PARA A TENDÊNCIA DAS MÉDIAS ANUAIS DO PM_{2,5} POR CAPITAL CONSIDERADA NO ESTUDO DEVIDO AO CICLO SAZONAL DA REGIÃO.

Local	Média PM _{2,5} período	Equação	R ²	p-valor
Belém	10,32	$y = 4,455x^2 - 0,668x + 8,006$	0,24	0,58
Cuiabá	20,28	$y = -41,734\ln(x) + 84,789$	0,88	0,00*
Manaus	11,19	$y = -6,472\ln(x) + 21,223$	0,84	0,00*
Palmas	17,89	$y = 28,243e^{-0,133x}$	0,44	0,11
Porto Velho	42,95	$y = -174,064\ln(x) + 730,791$	0,87	0,00*
Rio Branco	38,43	$y = -78,594\ln(x) + 148,049$	0,80	0,00*
São Luís	10,17	$y = 6,501x^3 - 1,649x^2 + 0,114x + 4,950$	0,43	0,59

*o zero encontrado por aproximação de valores a 2 casas decimais.

Durante a estação seca, os altos níveis de exposição ao PM_{2,5} em Porto Velho, Cuiabá e Rio Branco destacam-se ainda mais pronunciadamente. Apesar de sua redução progressiva no período estudado, em alguns anos são muito maiores que os das demais cidades, o que parece estar associado ao grande número de queimadas na região da Amazônia Legal, além de outros fatores associados ao desenvolvimento econômico local. A tabela 6 demonstra tais valores, importantes na caracterização da poluição nesse período, quando é avaliada sua associação com as internações hospitalares por causas respiratórias.

TABELA 6: MÉDIA DA CONCENTRAÇÃO DO PM_{2,5} DURANTE A ESTAÇÃO SECA NO AR DAS CAPITAIS SELECIONADAS DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL EM mg/m³.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belém	10,12	10,19	11,58	10,11	9,88	10,32	5,18
Cuiabá	128,05	94,67	94,43	17,65	14,82	38,88	12,52
Manaus	24,47	27,59	11,57	10,37	11,93	14,93	9,91
Palmas	31,22	30,46	39,55	13,19	12,69	31,61	8,46
Porto Velho	456,22	666,71	540,09	27,61	21,43	105,81	15,99
Rio Branco	264,39	157,68	102,40	23,29	21,58	92,05	24,67
São Luís	9,99	10,03	10,54	10,00	9,96	9,93	6,40

Por outro lado, as cidades com níveis menores de PM_{2,5} durante o ano também apresentam níveis reduzidos de PM_{2,5} na sua atmosfera durante a estação seca.

Níveis muito baixos são observados em 2011 e estes ficam abaixo dos níveis *background* da Amazônia que variam de 5 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Isto é um artefato devido à presença de valores ausentes que foram completados com a média do período, cujos valores de detecção foram baixos.

5.2. ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE SAÚDE

Os dados sobre internações por doenças respiratórias em menores de 5 anos de idade são apresentados na tabela 7. É observada grande variabilidade entre as taxas de internação por causas respiratórias, com os maiores valores identificados em Belém.

TABELA 7: TAXA DE INTERNAÇÕES POR CAUSAS RESPIRATÓRIAS DE CRIANÇAS MENORES DE 5 ANOS, POR 1000 HABITANTES, NO PERÍODO DE SECA.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belém	43,84	42,46	58,83	61,77	71,92	67,22	64,94
Cuiabá	20,08	18,63	24,05	18,23	25,42	20,57	18,39
Manaus	44,64	44,77	52,70	23,04	35,33	40,45	42,01
Palmas	17,32	12,56	17,22	21,20	31,05	25,24	27,31
Porto Velho	25,68	25,20	24,70	13,13	22,39	25,76	30,93
Rio Branco	45,72	53,46	45,35	18,45	25,51	10,10	11,79
São Luís	29,05	21,23	26,72	29,70	39,18	36,91	33,38

Os dados sobre internações em idosos com 65 ou mais anos de idade por causas respiratórias são apresentados na tabela 8. Valores elevados são encontrados em Belém e Manaus. Valores para Rio Branco são altos até 2007, quando passam a ficar próximos do restante das capitais. Ressalta-se que a internação de pessoas idosas no período de seca tem influência direta de mais fatores ambientais do que apenas o aumento do PM_{2,5}, tais como a redução da umidade do ar e o aumento na amplitude térmica (Rodrigues *et al*, 2010).

TABELA 8: TAXA DE INTERNAÇÕES POR CAUSAS RESPIRATÓRIAS DE IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS, POR 1000 HABITANTES, NO PERÍODO DE SECA.

	Ano						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belém	43,84	42,46	58,83	61,77	71,92	67,22	64,94
Cuiabá	20,08	18,63	24,05	18,23	25,42	20,57	18,39
Manaus	44,64	44,77	52,70	23,04	35,33	40,45	42,01
Palmas	17,32	12,56	17,22	21,20	31,05	25,24	27,31
Porto Velho	25,68	25,20	24,70	13,13	22,39	25,76	30,93
Rio Branco	45,72	53,46	45,35	18,45	25,51	10,10	11,79
São Luís	29,05	21,23	26,72	29,70	39,18	36,91	33,38

Os dados sobre os óbitos são apresentados em seqüência São apresentadas as taxas de mortalidade geral padronizada por idade, agrupadas por ano de ocorrência. Destacam-se as altas taxas de mortalidade em Porto Velho.

TABELA 9: MORTALIDADE PADRONIZADA POR IDADE PARA TODAS AS CAUSAS DE ÓBITO POR 100.000 HAB

Cidade / Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belém	424,7	428,3	441,3	424,2	470,1	498,7	484,4
Cuiabá	501,1	465,4	435,0	481,3	477,8	535,1	533,2
Manaus	463,1	465,1	469,3	519,7	516,6	506,7	539,2
Palmas	146,5	137,2	149,8	167,3	176,1	399,6	434,8
Porto Velho	1529,9	1258,0	1249,6	1588,8	1637,2	577,4	552,6
Rio Branco	490,1	460,9	463,5	498,8	519,8	499,5	487,1
São Luís	419,5	415,1	443,8	478,3	486,8	455,4	493,5

Para fins de conhecimento das capitais selecionadas, apresenta-se uma descrição dos dados de saúde para cada uma. Conforme exposto na metodologia, foram aplicadas as taxas brutas de mortalidade seguindo-se o modelo exposto por Ostro (2004) sendo, portanto, apresentadas para cada cidade escolhida.

5.2.1. Belém

Os resultados das taxas de internação em menores de 5 anos indicam a importância das causas respiratórias nesse grupo etário nesta cidade. A morbidade

proporcional é apresentada na tabela 10. O destaque deve ser dado ao aumento progressivo da participação das internações por doenças respiratórias nas internações, com o seu maior valor proporcional registrado em 2011.

TABELA 10: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DA CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM BELÉM (PA), DE 2005 A 2011.

Causas na CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	36,2	34,6	39,5	39,1	41,8	40,5	46,0
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	29,8	33,4	29,5	37,1	33,8	36,0	30,0
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	16,2	14,5	12,5	12,1	12,3	10,9	10,3
XI. Doenças do aparelho digestivo	5,4	5,6	6,8	1,9	2,2	2,3	2,3

No caso das internações em idosos com 65 anos ou mais, as doenças do aparelho circulatório aparecem com destaque. Representaram aproximadamente um quarto das internações para esta faixa etária na região durante os anos do período estudado. As doenças do aparelho respiratório aparecem proporcionalmente como a terceira causa mais frequente nas internações, após o grupo de doenças do aparelho digestivo.

TABELA 11: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DA CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM BELÉM (PA), DE 2005 A 2011.

Causas na CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	22,7	24,0	22,2	22,0	25,6	22,6	23,6
XI. Doenças do aparelho digestivo	15,1	15,9	14,2	14,2	13,7	13,9	13,9
X. Doenças do aparelho respiratório	15,0	13,2	14,0	13,6	13,6	13,3	13,0
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	10,5	7,1	7,2	7,4	8,8	8,8	7,5

Sobre a mortalidade, Belém apresentou uma taxa de mortalidade geral bruta de 573,4 por 100.000 habitantes em 2011. A taxa de mortalidade específica por causas cardiovasculares, a maior causa de óbitos nos registros, e por todas as causas em

peessoas com 30 ou mais anos é apresentada na tabela 12. As taxas de mortalidade específica por causas cardiovasculares apresentaram valores entre 266 e 289 por 100.000 habitantes.

TABELA 12: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E POR TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM BELÉM

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	284,96	283,67	266,36	269,16	273,63	279,80	288,75
Geral	1034,22	990,79	910,73	973,51	966,25	965,27	996,40

5.2.2. Cuiabá

Em Cuiabá as maiores causas de morbidade proporcional são as respiratórias. Este grupo de causas representa quase um terço das internações de maneira regular entre os anos de 2005 e 2011 neste local, seguido por afecções do período perinatal, doenças infecciosas e parasitárias e doenças do aparelho digestivo.

TABELA 13: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM CUIABÁ (MT), DE 2005 A 2011.

Causas na CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	30,8	29,5	31,4	26,4	35,4	28,7	29,3
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	21,9	22,3	21,6	18,0	19,6	23,9	23,3
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	10,2	10,5	10,7	18,8	13,5	13,4	8,4
XI. Doenças do aparelho digestivo	9,3	9,0	8,2	5,9	5,4	5,1	6,4

As doenças do aparelho respiratório são a 2ª maior causa de internações de idosos de 65 anos ou mais em Cuiabá. Estas apresentam aumento na sua morbidade proporcional desde 2008, quando passaram de aproximadamente 15 para 17% das causas de internação.

TABELA 14: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM CUIABÁ (MT), DE 2005 A 2011.

Causas na CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	28,8	27,7	27,2	27,1	28,2	26,5	29,6
X. Doenças do aparelho respiratório	14,2	14,0	14,4	14,8	17,2	17,8	17,3
II. Neoplasias (tumores)	13,8	14,4	13,0	9,9	9,8	9,9	10,3
XI. Doenças do aparelho digestivo	9,9	9,6	9,9	9,3	9,9	10,3	9,4

Cuiabá apresentou a taxa de mortalidade geral bruta de 57,65 por 10.000 habitantes em 2011. As altas taxas de mortalidade específica por causas cardiovasculares em pessoas com 30 anos ou mais devem ser ressaltadas, bem como sua redução posterior. Na tabela 15 destaca-se que em 2005 as causas cardiovasculares corresponderam a mais da metade das causas específicas de óbitos para esta faixa etária em Cuiabá.

TABELA 15: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM CUIABÁ

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	871,89	302,28	306,09	312,18	305,66	314,66	315,83
Geral	1042,46	332,88	898,81	979,99	969,60	1016,51	1008,12

5.2.3. Manaus

Em Manaus, as doenças do aparelho respiratório são as maiores causas proporcionais de internação de crianças menores de 5 anos. De maneira regular, entre 2005 e 2011, sua morbidade proporcional é o dobro da segunda causa mais frequente, as doenças infecciosas e parasitárias (tabela 16).

TABELA 16: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM MANAUS (AM), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	40,8	45,0	43,7	20,9	37,0	42,0	41,3
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	29,6	15,8	15,6	19,3	21,7	18,6	20,4
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	6,8	9,0	11,3	26,6	12,3	12,7	12,2
XI. Doenças do aparelho digestivo	5,4	13,5	11,5	4,6	5,7	8,7	8,8

De maneira análoga ao apresentado no parágrafo anterior, as doenças do aparelho circulatório são duas vezes mais frequentes proporcionalmente nas internações de idosos com 65 ou mais anos que a segunda causa mais comum, as doenças do aparelho digestivo. As doenças do aparelho respiratório são a terceira causa na morbidade proporcional para este grupo etário.

TABELA 17: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM MANAUS (AM), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	27,6	30,4	28,4	28,2	26,9	28,1	27,5
XI. Doenças do aparelho digestivo	12,2	12,5	13,0	11,5	14,7	13,2	13,0
X. Doenças do aparelho respiratório	15,8	14,2	14,2	9,5	10,2	11,0	11,4
II. Neoplasias (tumores)	8,9	10,2	11,1	8,7	9,6	10,9	9,9

O município de Manaus apresenta taxa de mortalidade geral bruta de 49,20 por 10.000 habitantes em 2011. A mortalidade específica por causas cardiovasculares apresenta certa regularidade em sua taxa anual.

TABELA 18: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM MANAUS

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	216,60	227,64	192,02	221,15	200,49	198,89	205,66
Geral	963,31	124,57	857,65	927,60	901,35	868,84	921,67

5.2.4. Palmas

Em Palmas as afecções do período perinatal são as maiores causas de internação hospitalar em crianças menores de 5 anos, a partir de 2008. A partir desse mesmo ano, as doenças do aparelho respiratório, antes com maior frequência, passam a ser a segunda causa de morbidade proporcional nessa faixa etária.

TABELA 19: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM PALMAS (TO), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	23,9	23,5	23,1	35,3	40,5	45,8	52,1
X. Doenças do aparelho respiratório	26,5	25,2	26,3	24,1	25,8	19,3	18,2
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	20,0	19,8	15,5	15,6	9,4	12,4	10,6
XI. Doenças do aparelho digestivo	5,9	5,3	5,9	5,2	5,4	4,0	2,9

Entre os idosos com 65 ou mais anos, a maior causa de internações hospitalares são as doenças do aparelho circulatório. As doenças do aparelho respiratório apresentam elevação desde 2008, ano a partir do qual assumem o 2º lugar como causa de morbidade proporcional na região para esta faixa etária.

TABELA 20: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM PALMAS (TO), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	20,6	24,7	18,5	24,2	26,1	23,5	25,1
II. Neoplasias (tumores)	16,6	18,4	17,5	11,0	12,5	11,9	12,8
X. Doenças do aparelho respiratório	15,1	8,9	12,8	17,2	15,2	15,3	18,4
XI. Doenças do aparelho digestivo	10,6	12,4	10,2	10,0	10,2	9,8	8,6

O município apresentou a taxa de mortalidade geral bruta de 32,21 por 10.000 habitantes em 2011. As taxas de mortalidade por causas cardiovasculares e por todas as causas são apresentadas na tabela 21.

TABELA 21: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM PALMAS

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	182,07	156,12	131,16	214,74	220,26	188,46	177,52
Geral	517,86	1009,83	465,69	657,64	701,98	565,38	610,62

5.2.5. Porto Velho

Apesar de ser a segunda causa proporcional de internações de crianças menores de 5 anos em 2005, as causas respiratórias são a maior causa de morbidade proporcional desde 2006, com discreta redução a partir de 2008. As doenças infecciosas e parasitárias, após sua redução em 2006, apresentaram discreta elevação de participação na proporção de causas de internação em 2007, mas desde então estão em progressivo declínio proporcional. Assim, desde 2009 a segunda causa de internações nesta faixa etária são as afecções originadas no período perinatal que passam, em 2011, a ser proporcionalmente maiores que as causas respiratórias nas internações do município.

TABELA 22: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM PORTO VELHO (RO), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	33,0	34,5	34,1	30,6	30,2	29,3	30,1
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	36,6	27,3	29,3	25,8	23,5	22,8	16,1
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	12,8	19,9	17,7	21,6	26,5	28,0	32,1
XIX. Lesões, envenenamento e algumas outras consequências de causas externas	3,1	2,4	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3

As doenças do aparelho circulatório são as maiores causas de morbidade proporcional em Porto Velho, para idosos de 65 anos ou mais. Em segundo lugar aparecem as doenças do aparelho respiratório, com uma proporção quase regular desde 2009, em torno de 11 a 12%.

TABELA 23: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM PORTO VELHO (RO), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	20,1	22,5	26,5	28,7	26,5	22,9	22,3
X. Doenças do aparelho respiratório	13,7	13,9	14,6	12,9	10,8	11,3	12,8
XI. Doenças do aparelho digestivo	15,1	11,8	12,0	11,0	12,0	10,7	9,1
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	9,7	7,8	7,1	9,1	13,2	11,9	14,4

Este município apresentou a taxa de mortalidade geral bruta de 48,86 por 10.000 habitantes em 2011. As causas cardiovasculares em pessoas com 30 ou mais anos apresentam uma taxa de mortalidade de 242,08 por 100.000 habitantes para o ano de 2011.

TABELA 24: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM PORTO VELHO

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	295,30	284,61	241,16	213,01	240,41	219,78	242,08
Geral	1159,13	536,35	901,69	937,25	961,63	931,30	919,14

5.2.6. Rio Branco

Em Rio Branco, as doenças do aparelho respiratório também são as principais causas de internação em crianças menores de 5 anos. Apresentam uma redução gradual de sua proporção desde 2005, com a aproximação das doenças infecciosas e parasitárias nos anos de 2010 e 2011.

TABELA 25: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM RIO BRANCO (AC), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	45,7	49,5	45,0	29,9	36,9	22,8	23,8
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	26,5	25,5	19,4	20,3	20,4	16,0	18,4
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	8,8	7,3	12,0	14,5	17,8	31,2	27,4
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	4,4	4,8	4,0	4,6	5,7	3,7	3,5

Sobre as internações de idosos de 65 ou mais anos, observa-se que as doenças do aparelho respiratório são as maiores causas proporcionais. Em Rio Branco, estas são seguidas por doenças do aparelho respiratório.

TABELA 26: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM RIO BRANCO (AC), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	22,8	21,1	20,6	22,9	25,1	23,2	22,8
X. Doenças do aparelho respiratório	21,8	16,8	18,0	18,2	13,6	14,0	16,8
XI. Doenças do aparelho digestivo	9,6	10,2	10,5	10,3	10,6	14,4	12,9
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	6,4	7,7	8,7	7,9	9,7	8,5	12,6

A taxa de mortalidade geral bruta de 46,28 por 10.000 habitantes em 2011. As taxas de mortalidade cardiovascular em pessoas com 30 anos ou mais nesta região são apresentadas a seguir.

TABELA 27: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM RIO BRANCO

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	316,71	318,58	258,46	317,56	296,75	233,36	253,59
Geral	1169,30	674,74	954,89	1046,04	1066,43	945,19	958,88

5.2.7. São Luís

As doenças do aparelho respiratório são as maiores causas de morbidade proporcional também para as crianças menores de 5 anos em São Luís. O aumento de sua proporção entre 2006 e 2011 é motivo de destaque, sendo que em 2011 sua morbidade proporcional representou mais do que o dobro das afecções do período perinatal, a segunda causa nesta classificação.

TABELA 28: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM CRIANÇAS COM MENOS DE 5 ANOS DE IDADE, EM SÃO LUÍS (MA), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
X. Doenças do aparelho respiratório	35,2	27,8	36,3	38,4	42,5	38,8	42,2
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	20,9	27,3	21,6	22,5	16,0	20,5	14,2
XVI. Algumas afecções originadas no período perinatal	14,0	15,1	15,0	12,0	13,3	15,7	16,8
XI. Doenças do aparelho digestivo	8,5	8,5	8,2	9,1	8,6	7,9	7,7

As doenças do aparelho respiratório são a 4ª causa de morbidade proporcional para os idosos de 65 ou mais anos. Sua taxa é superada por internações por doenças cardiovasculares, mas estão um pouco mais próximas das internações por neoplasias e doenças do aparelho digestivo, respectivamente a segunda e terceira causas mais frequentes proporcionalmente.

TABELA 29: MORBIDADE HOSPITALAR PROPORCIONAL DOS 4 MAIORES GRUPOS DE CAUSAS SEGUNDO CAPÍTULO DO CID-10 EM IDOSOS COM 65 ANOS DE IDADE OU MAIS EM SÃO LUÍS (MA), DE 2005 A 2011.

Causas no CID-10 por Capítulo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
IX. Doenças do aparelho circulatório	24,5	22,6	25,5	20,7	22,8	24,6	24,6
II. Neoplasias (tumores)	14,3	17,7	19,0	13,4	14,7	13,6	12,1
XI. Doenças do aparelho digestivo	13,4	13,0	13,4	11,0	12,2	12,5	12,8
X. Doenças do aparelho respiratório	8,7	6,9	6,4	5,8	8,3	7,6	9,6

O município apresentou a taxa de mortalidade geral bruta de 53,02 por 10.000 habitantes em 2011. As taxas para a mortalidade específica e geral são apresentadas seguir.

TABELA 30: MORTALIDADE POR 100.000 HABITANTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES E TODAS AS CAUSAS EM PESSOAS COM 30 OU MAIS ANOS EM SÃO LUÍS

Causa de Mortalidade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cardiovascular	310,22	343,23	316,29	344,29	326,60	276,90	305,95
Geral	343,23	199,06	907,69	968,42	967,66	881,63	968,38

5.3. FRAÇÃO ATRIBUÍVEL

Os resultados dos cálculos da fração atribuível à exposição ao $PM_{2,5}$ são apresentados nas tabelas a seguir. O risco relativo encontrado com a aplicação dos coeficientes nas respectivas equações (equações 8 e 9) e seus resultados estão expressos nas tabelas 31 e 34 para as internações e nas tabelas 37 e 40 para os dados de mortalidade. Os resultados da Fração Atribuível são expressos em seguida, respectivamente para cada desfecho, nas tabelas 32, 35, 38 e 41. Por fim, são expressas as estimativas das internações atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$ nas tabelas 33 e 36 e das mortes atribuíveis nas tabelas 39 e 42.

5.3.1. Fração atribuível das internações hospitalares

Sobre as internações em menores de 5 anos por causas respiratórias na estação seca, observa-se o risco relativo elevado (tabela 31), principalmente em Porto Velho até 2007, seguido por redução. Os valores notadamente altos em 2006 e 2007 refletem o aumento dos níveis de exposição observados nesses anos. Tal elevação também é evidenciada em Cuiabá e Rio Branco, seguindo a tendência de redução em 2008. Assim, a fração atribuível (tabela 32) chega a valores em que, pelos coeficientes utilizados, relaciona à exposição 90% das internações neste período para menores de 5 anos em Porto Velho. Por outro lado, é possível observar que em Belém e São Luís

os valores mal ultrapassam 5% nos níveis mais altos de fração atribuível, seguindo os baixos valores detectados de exposição no local. Analogamente, observa-se que também durante a estação seca a região apresenta evidente heterogeneidade, como apresentado na tabela 33 nos altos números de internações atribuíveis em Rio Branco em 2005 e em Porto Velho em 2006, acompanhando os elevados níveis de exposição.

As internações em idosos com 65 anos ou mais anos, por causas respiratórias na estação seca, apresentam oscilações que acompanham o demonstrado anteriormente sobre as variações na exposição. Os valores do risco relativo (tabela 34) apresentam diferenças entre cidades com forte presença de material particulado no ar nos períodos avaliados, como Porto Velho, Rio Branco e Cuiabá, das outras cidades com valores menores de exposição, como Belém e São Luís. Isto se reflete nas frações atribuíveis apresentadas na tabela 35. Todas as cidades apresentam aumento progressivo até 2007, seguido pela abrupta redução. Em 2011, todos os valores estão bastante reduzidos, com destaque para Porto Velho e Rio Branco que persistiram com valores mais altos. O reflexo desses resultados é observado nas internações, apresentadas na tabela 35.

TABELA 31: RISCO RELATIVO DAS INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS MENORES DE 5 ANOS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Belém	1,048	(1,006-1,092)	1,048	(1,006-1,093)	1,055	(1,007-1,106)	1,048	(1,006-1,092)	1,046	(1,006-1,09)	1,049	(1,006-1,094)	1,024	(1,003-1,046)
Cuiabá	1,801	(1,080-3,050)	1,545	(1,058-2,281)	1,543	(1,058-2,276)	1,084	(1,011-1,166)	1,070	(1,009-1,138)	1,196	(1,024-1,403)	1,059	(1,008-1,115)
Manaus	1,119	(1,015-1,238)	1,135	(1,017-1,272)	1,055	(1,007-1,106)	1,049	(1,006-1,094)	1,056	(1,007-1,109)	1,071	(1,009-1,139)	1,047	(1,006-1,09)
Palmas	1,154	(1,019-1,312)	1,150	(1,018-1,304)	1,199	(1,024-1,411)	1,062	(1,008-1,122)	1,060	(1,008-1,117)	1,156	(1,019-1,317)	1,040	(1,005-1,076)
Porto Velho	8,129	(1,314-53,169)	21,373	(1,49-332,531)	11,948	(1,381-110,38)	1,135	(1,017-1,272)	1,103	(1,013-1,205)	1,626	(1,065-2,513)	1,076	(1,01-1,149)
Rio Branco	3,368	(1,171-10,001)	2,063	(1,099-3,948)	1,601	(1,063-2,44)	1,113	(1,014-1,225)	1,104	(1,013-1,207)	1,526	(1,057-2,229)	1,120	(1,015-1,24)
São Luís	1,047	(1,006-1,091)	1,047	(1,006-1,091)	1,050	(1,006-1,096)	1,047	(1,006-1,091)	1,047	(1,006-1,091)	1,047	(1,006-1,09)	1,030	(1,004-1,057)

TABELA 32: FRAÇÃO ATRIBUÍVEL DAS INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS MENORES DE 5 ANOS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%
Belém	0,045	(0,006-0,084)	0,046	(0,006-0,085)	0,052	(0,007-0,096)	0,045	(0,006-0,084)	0,044	(0,006-0,082)	0,046	(0,006-0,086)	0,024	(0,003-0,044)
Cuiabá	0,445	(0,074-0,672)	0,353	(0,055-0,562)	0,352	(0,055-0,561)	0,078	(0,011-0,143)	0,066	(0,009-0,121)	0,164	(0,023-0,287)	0,056	(0,007-0,103)
Manaus	0,106	(0,015-0,192)	0,119	(0,016-0,214)	0,052	(0,007-0,096)	0,047	(0,006-0,086)	0,053	(0,007-0,099)	0,066	(0,009-0,122)	0,045	(0,006-0,083)
Palmas	0,134	(0,019-0,238)	0,131	(0,018-0,233)	0,166	(0,023-0,291)	0,059	(0,008-0,108)	0,057	(0,008-0,105)	0,135	(0,019-0,241)	0,038	(0,005-0,071)
Porto Velho	0,877	(0,239-0,981)	0,953	(0,329-0,997)	0,916	(0,276-0,991)	0,119	(0,016-0,214)	0,094	(0,013-0,17)	0,385	(0,061-0,602)	0,071	(0,01-0,13)
Rio Branco	0,703	(0,146-0,9)	0,515	(0,09-0,747)	0,375	(0,059-0,59)	0,101	(0,014-0,184)	0,094	(0,013-0,171)	0,345	(0,054-0,551)	0,107	(0,015-0,193)
São Luís	0,045	(0,006-0,083)	0,045	(0,006-0,084)	0,047	(0,006-0,088)	0,045	(0,006-0,083)	0,045	(0,006-0,083)	0,045	(0,006-0,083)	0,029	(0,004-0,054)

TABELA 33: INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM MENORES DE 5 ANOS ATRIBUÍVEIS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

Município	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%
Belém	83	(11-158)	72	(9-137)	92	(12-174)	91	(12-173)	110	(14-208)	83	(11-157)	37	(5-70)
Cuiabá	228	(30-433)	136	(18-258)	150	(20-285)	21	(3-40)	22	(3-42)	46	(6-87)	13	(2-24)
Manaus	306	(40-580)	338	(44-641)	140	(18-265)	56	(7-106)	90	(12-170)	115	(15-217)	77	(10-147)
Palmas	13	(2-26)	14	(2-27)	17	(2-33)	7	(1-13)	9	(1-16)	14	(2-26)	6	(1-11)
Porto Velho	629	(82-1192)	1173	(153-2224)	848	(110-1609)	34	(4-65)	25	(3-47)	131	(17-249)	18	(2-34)
Rio Branco	910	(118-1725)	519	(68-983)	231	(30-438)	18	(2-34)	17	(2-32)	38	(5-72)	15	(2-28)
São Luís	37	(5-70)	34	(4-64)	29	(4-56)	38	(5-72)	40	(5-76)	44	(6-83)	21	(3-40)

IA: Internações Atribuíveis

TABELA 34: RISCO RELATIVO DAS INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Belém	1,013	(1,006-1,107)	1,056	(1,006-1,108)	1,747	(1,06-2,856)	1,056	(1,006-1,107)	1,054	(1,006-1,105)	1,057	(1,006-1,11)	1,028	(1,003-1,054)
Cuiabá	1,026	(1,074-3,633)	1,66	(1,054-2,595)	4,499	(1,17-16,941)	1,099	(1,01-1,195)	1,083	(1,008-1,161)	1,231	(1,022-1,48)	1,069	(1,007-1,134)
Manaus	1,017	(1,014-1,28)	1,159	(1,016-1,32)	1,643	(1,053-2,545)	1,057	(1,006-1,11)	1,066	(1,007-1,128)	1,083	(1,008-1,162)	1,055	(1,006-1,105)
Palmas	1,019	(1,018-1,37)	1,177	(1,017-1,359)	2,021	(1,076-3,757)	1,073	(1,007-1,142)	1,07	(1,007-1,136)	1,184	(1,018-1,375)	1,046	(1,005-1,089)
Porto Velho	1,033	(1,29-99,132)	35,504	(1,451-826,454)	3,02	(1,122-8,002)	1,159	(1,016-1,321)	1,122	(1,012-1,241)	1,762	(1,061-2,904)	1,089	(1,009-1,175)
Rio Branco	1,03	(1,159-14,35)	2,326	(1,092-4,897)	1,298	(1,028-1,634)	1,133	(1,013-1,265)	1,122	(1,012-1,243)	1,637	(1,053-2,528)	1,141	(1,014-1,282)
São Luís	1,013	(1,006-1,106)	1,055	(1,006-1,106)	1,088	(1,009-1,173)	1,055	(1,006-1,106)	1,055	(1,006-1,106)	1,055	(1,006-1,105)	1,035	(1,004-1,067)

TABELA 35: FRAÇÃO ATRIBUÍVEL DAS INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%
Belém	0,013	(0,006-0,097)	0,053	(0,006-0,098)	0,428	(0,057-0,65)	0,053	(0,006-0,097)	0,052	(0,006-0,095)	0,054	(0,006-0,099)	0,027	(0,003-0,051)
Cuiabá	0,026	(0,069-0,725)	0,398	(0,051-0,615)	0,778	(0,145-0,941)	0,09	(0,01-0,163)	0,076	(0,008-0,139)	0,188	(0,021-0,324)	0,065	(0,007-0,119)
Manaus	0,017	(0,014-0,218)	0,137	(0,015-0,243)	0,391	(0,05-0,607)	0,054	(0,006-0,099)	0,062	(0,007-0,113)	0,077	(0,008-0,14)	0,052	(0,006-0,095)
Palmas	0,018	(0,017-0,27)	0,15	(0,017-0,264)	0,505	(0,071-0,734)	0,068	(0,007-0,124)	0,066	(0,007-0,12)	0,156	(0,017-0,273)	0,044	(0,005-0,082)
Porto Velho	0,032	(0,225-0,99)	0,972	(0,311-0,999)	0,669	(0,109-0,875)	0,137	(0,015-0,243)	0,108	(0,012-0,194)	0,432	(0,057-0,656)	0,082	(0,009-0,149)
Rio Branco	0,029	(0,137-0,93)	0,57	(0,084-0,796)	0,23	(0,027-0,388)	0,117	(0,013-0,209)	0,109	(0,012-0,195)	0,389	(0,05-0,604)	0,124	(0,014-0,22)
São Luís	0,013	(0,006-0,096)	0,052	(0,006-0,096)	0,081	(0,009-0,147)	0,052	(0,006-0,096)	0,052	(0,006-0,095)	0,052	(0,006-0,095)	0,034	(0,004-0,062)

TABELA 36: INTERNAÇÕES RESPIRATÓRIAS EM IDOSOS COM 65 OU MAIS ANOS ATRIBUÍVEIS AO PM2,5 NA ATMOSFERA NA ESTAÇÃO SECA

Município	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%	IA	IC95%
Belém	17	(2-33)	21	(2-39)	192	(20-361)	20	(2-37)	17	(2-31)	18	(2-34)	9	(1-16)
Cuiabá	128	(13-241)	99	(10-186)	338	(35-637)	19	(2-36)	17	(2-32)	54	(6-101)	17	(2-32)
Manaus	68	(7-129)	61	(6-114)	224	(23-422)	18	(2-33)	23	(2-44)	27	(3-51)	21	(2-40)
Palmas	9	(1-17)	6	(1-11)	33	(3-62)	4	(0-8)	5	(0-9)	11	(1-20)	3	(0-5)
Porto Velho	117	(12-221)	218	(23-410)	56	(6-106)	2	(0-3)	5	(1-10)	31	(3-58)	6	(1-11)
Rio Branco	242	(25-455)	109	(11-205)	31	(3-58)	16	(2-30)	10	(1-19)	45	(5-85)	19	(2-36)
São Luís	9	(1-17)	7	(1-12)	9	(1-17)	6	(1-11)	8	(1-15)	9	(1-16)	7	(1-13)

IA: Internações Atribuíveis

5.3.2. Mortalidade atribuível

De maneira semelhante à apresentação dos dados de internações atribuíveis, serão apresentados os resultados da fração atribuível da mortalidade por causas respiratórias em pessoas com 30 ou mais anos, ou mortalidade atribuível. A já descrita oscilação e os valores elevados de participação dessas causas no perfil de mortalidade dos municípios estudados produzem alterações semelhantes às observadas anteriormente.

A mortalidade por todas as causas nessa faixa etária, mostra em Porto Velho uma grande participação da exposição ao material particulado. Os valores encontrados para esta cidade oscilaram entre um aumento de 5 a 600% no risco (tabela 37), correspondente à redução das emissões ocorrida entre esses anos. Em todas as cidades avaliadas, a exposição decrescente teve efeito na redução progressiva do risco relativo no período de 2005 a 2011. Valores do RR que em 2005 variaram entre 1,06 em Belém e São Luís a 6,27 em Porto Velho são reduzidos a valores entre 1,048 em Belém a 1,062 em Rio Branco.

Conseqüentemente, a fração atribuível e os óbitos relacionados à exposição acompanham estas variações. Entre os resultados para a fração atribuível da mortalidade (tabela 38), destaca-se que em Porto Velho, com uso dos coeficientes disponíveis, chegou-se a atribuir mais de 80% das internações à exposição (em 2005 e 2008). Estimativas altas também são observadas para Cuiabá e Rio Branco, ainda que em números menores, no mesmo período. Em 2011, entretanto, observamos uma menor variação da fração atribuível, com amplitude entre 1,05 e 1,06. Os óbitos por todas as causas em maiores de 30 anos atribuídos à exposição, portanto, seguem estas variações (tabela 39). Os números dos óbitos nas cidades maiores ou com fração atribuível estimada como alta se destacam, que é o caso de Porto Velho, Cuiabá e Rio Branco. Mesmo valores intermediários da fração atribuível apresentam

números absolutos expressivos em Belém e Manaus, devido à grande população exposta nessas cidades.

Os dados de mortalidade atribuível à exposição ao $PM_{2,5}$ para causas cardiovasculares seguem a mesma tendência do apresentado anteriormente. Os valores para o Risco Relativo (tabela 40), Fração Atribuível (tabela 41) e óbitos atribuíveis (tabela 42) apresentam-se altos nas cidades de Porto Velho, Rio Branco e Cuiabá. O valor do risco para Porto Velho é calculado para uma exposição elevada e como forte participação do perfil de mortalidade local para a faixa etária. Sua fração atribuível fica maior do que 90% entre 2005 e 2007, anos de maior exposição, reduzindo-se nos anos posteriores até aproximadamente 9% em 2011, seguindo a redução do material particulado detectado. Da mesma maneira que observado nos outros desfechos, cidades grandes e com mortalidade elevada por doenças cardiovasculares, como Manaus e Belém, apresentam números altos de maneira constante no período estudado, mesmo com frações atribuíveis intermediárias.

TABELA 37: RISCO RELATIVO DA MORTALIDADE POR TODAS AS CAUSAS RELACIONADO COM A EXPOSIÇÃO AO PM2,5 EM ADULTOS COM 30 OU MAIS ANOS

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Belém	1,066	(1,022-1,122)	1,062	(1,021-1,114)	1,835	(1,229-2,966)	1,061	(1,02-1,111)	1,061	(1,02-1,112)	1,049	(1,016-1,089)	1,048	(1,016-1,088)
Cuiabá	1,726	(1,204-2,659)	1,283	(1,088-1,562)	5,138	(1,744-18,749)	1,079	(1,026-1,146)	1,071	(1,024-1,131)	1,125	(1,041-1,236)	1,052	(1,017-1,095)
Manaus	1,143	(1,047-1,271)	1,102	(1,033-1,189)	1,717	(1,202-2,632)	1,062	(1,021-1,113)	1,065	(1,022-1,119)	1,073	(1,024-1,134)	1,057	(1,019-1,104)
Palmas	1,173	(1,056-1,331)	1,112	(1,037-1,209)	2,15	(1,297-3,939)	1,068	(1,023-1,125)	1,066	(1,022-1,121)	1,11	(1,036-1,205)	1,053	(1,018-1,097)
Porto Velho	6,274	(1,867-26,82)	4,232	(1,633-13,251)	3,329	(1,505-8,621)	1,098	(1,032-1,183)	1,183	(1,059-1,351)	1,284	(1,089-1,566)	1,052	(1,017-1,096)
Rio Branco	2,883	(1,433-6,662)	1,414	(1,125-1,859)	1,329	(1,101-1,663)	1,088	(1,029-1,164)	1,08	(1,027-1,148)	1,251	(1,079-1,493)	1,062	(1,021-1,113)
São Luís	1,063	(1,021-1,115)	1,061	(1,02-1,112)	1,097	(1,032-1,179)	1,062	(1,021-1,114)	1,06	(1,02-1,111)	1,061	(1,02-1,113)	1,052	(1,017-1,095)

TABELA 38: FRAÇÃO ATRIBUÍVEL DOS ÓBITOS POR TODAS AS CAUSAS EM ADULTOS COM 30 OU MAIS ANOS POR ANO

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%
Belém	0,062	(0,022-0,108)	0,058	(0,020-0,102)	0,455	(0,186-0,663)	0,057	(0,020-0,100)	0,057	(0,020-0,100)	0,046	(0,016-0,081)	0,046	(0,016-0,081)
Cuiabá	0,421	(0,169-0,624)	0,220	(0,081-0,360)	0,805	(0,427-0,947)	0,073	(0,025-0,127)	0,066	(0,023-0,116)	0,111	(0,039-0,191)	0,050	(0,017-0,087)
Manaus	0,125	(0,044-0,213)	0,092	(0,032-0,159)	0,417	(0,168-0,620)	0,058	(0,020-0,102)	0,061	(0,021-0,106)	0,068	(0,024-0,118)	0,054	(0,019-0,094)
Palmas	0,148	(0,053-0,249)	0,101	(0,035-0,173)	0,535	(0,229-0,746)	0,063	(0,022-0,111)	0,062	(0,022-0,108)	0,099	(0,035-0,170)	0,050	(0,017-0,088)
Porto Velho	0,841	(0,464-0,963)	0,764	(0,388-0,925)	0,700	(0,336-0,884)	0,089	(0,031-0,154)	0,155	(0,055-0,260)	0,221	(0,082-0,361)	0,050	(0,017-0,087)
Rio Branco	0,653	(0,302-0,850)	0,293	(0,111-0,462)	0,247	(0,092-0,399)	0,081	(0,028-0,141)	0,074	(0,026-0,129)	0,201	(0,073-0,330)	0,058	(0,020-0,101)
São Luís	0,059	(0,020-0,103)	0,058	(0,020-0,101)	0,088	(0,031-0,152)	0,058	(0,020-0,102)	0,057	(0,020-0,100)	0,058	(0,020-0,101)	0,050	(0,017-0,087)

TABELA 39: ÓBITOS POR TODAS AS CAUSAS ATRIBUÍVEIS À EXPOSIÇÃO AO PM2,5 EM ADULTOS COM 30 ANOS OU MAIS, NAS CAPITAIS DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL

Município	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%
Belém	368	(125 - 659)	336	(114-602)	3541	(1203-6341)	368	(125-659)	378	(128-677)	306	(104-548)	317	(108-567)
Cuiabá	1207	(410 - 2162)	527	(179-943)	3628	(1233-6498)	185	(63-331)	171	(58-306)	318	(108-570)	137	(47-246)
Manaus	724	(246 -1296)	534	(182-957)	3104	(1055-5558)	377	(128-675)	399	(136-714)	460	(156-824)	390	(133-699)
Palmas	55	(19 - 99)	34	(12-62)	296	(101-531)	29	(10-52)	32	(11-57)	54	(18-96)	29	(10-53)
Porto Velho	2797	(951 - 5009)	1945	(661-3483)	1637	(556-2932)	132	(45-236)	250	(85-448)	424	(144-760)	87	(29-155)
Rio Branco	1282	(436 - 2297)	397	(135-712)	326	(111-585)	102	(34-182)	98	(33-175)	288	(98-517)	80	(27-142)
São Luís	208	(71 - 372)	203	(69-364)	337	(115-604)	233	(79-417)	233	(79-418)	238	(81-427)	226	(77-405)

TABELA 40: RISCO RELATIVO DA MORTALIDADE ANUAL POR CAUSAS CARDIOVASCULARES RELACIONADO COM A EXPOSIÇÃO AO PM2,5 EM ADULTOS COM 30 OU MAIS ANOS

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Belém	1,133	(1,088-1,166)	1,124	(1,021-1,114)	3,256	(2,229-4,289)	1,121	(1,081-1,152)	1,122	(1,081-1,152)	1,096	(1,065-1,120)	1,096	(1,064-1,120)
Cuiabá	2,892	(2,057-3,705)	1,623	(1,088-1,562)	24,120	(8,685-50,677)	1,159	(1,105-1,200)	1,143	(1,095-1,179)	1,258	(1,169-1,328)	1,104	(1,070-1,130)
Manaus	1,297	(1,193-1,378)	1,207	(1,033-1,189)	2,860	(2,041-3,655)	1,124	(1,082-1,155)	1,130	(1,086-1,162)	1,147	(1,097-1,184)	1,114	(1,076-1,142)
Palmas	1,364	(1,235-1,467)	1,229	(1,037-1,209)	4,432	(2,749-6,272)	1,136	(1,090-1,170)	1,133	(1,088-1,166)	1,225	(1,148-1,284)	1,106	(1,071-1,132)
Porto Velho	35,581	(11,309-81,853)	16,546	(1,633-13,251)	10,375	(4,897-17,904)	1,200	(1,132-1,252)	1,386	(1,248-1,496)	1,627	(1,392-1,823)	1,104	(1,070-1,130)
Rio Branco	7,842	(4,049-12,677)	1,961	(1,125-1,859)	1,738	(1,455-1,977)	1,179	(1,118-1,225)	1,162	(1,107-1,204)	1,546	(1,344-1,711)	1,123	(1,082-1,154)
São Luís	1,125	(1,084-1,157)	1,122	(1,020-1,112)	1,196	(1,129-1,247)	1,124	(1,083-1,156)	1,121	(1,080-1,151)	1,123	(1,082-1,154)	1,104	(1,069-1,130)

TABELA 41: FRAÇÃO ATRIBUÍVEL DA MORTALIDADE ANUAL POR CAUSAS CARDIOVASCULARES À EXPOSIÇÃO AO PM2,5 EM ADULTOS COM 30 OU MAIS ANOS

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%	FA	IC 95%
Belém	0,117	(0,081-0,143)	0,110	(0,020-0,102)	0,693	(0,551-0,767)	0,108	(0,075-0,132)	0,109	(0,075-0,132)	0,088	(0,061-0,107)	0,088	(0,060-0,107)
Cuiabá	0,654	(0,514-0,730)	0,384	(0,081-0,360)	0,959	(0,885-0,980)	0,137	(0,095-0,166)	0,125	(0,087-0,152)	0,205	(0,145-0,247)	0,094	(0,065-0,115)
Manaus	0,229	(0,162-0,275)	0,171	(0,032-0,159)	0,650	(0,510-0,726)	0,110	(0,076-0,134)	0,115	(0,080-0,140)	0,128	(0,089-0,155)	0,102	(0,071-0,124)
Palmas	0,267	(0,190-0,318)	0,186	(0,035-0,173)	0,774	(0,636-0,841)	0,120	(0,083-0,146)	0,117	(0,081-0,142)	0,184	(0,129-0,221)	0,096	(0,066-0,116)
Porto Velho	0,972	(0,912-0,988)	0,940	(0,388-0,925)	0,904	(0,796-0,944)	0,166	(0,116-0,201)	0,279	(0,199-0,332)	0,385	(0,282-0,451)	0,094	(0,065-0,115)
Rio Branco	0,872	(0,753-0,921)	0,490	(0,111-0,462)	0,425	(0,313-0,494)	0,152	(0,106-0,184)	0,139	(0,097-0,169)	0,353	(0,256-0,416)	0,110	(0,076-0,134)
São Luís	0,111	(0,077-0,136)	0,109	(0,020-0,101)	0,164	(0,115-0,198)	0,111	(0,077-0,135)	0,108	(0,074-0,131)	0,109	(0,076-0,133)	0,094	(0,065-0,115)

TABELA 42: ÓBITOS POR CAUSAS CARDIOVASCULARES ATRIBUÍVEIS À EXPOSIÇÃO AO PM2,5 EM ADULTOS COM 30 ANOS OU MAIS, NAS CAPITAIS DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL

Município	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	Município	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%	Óbitos atribuíveis	IC95%
Belém	197	(134-243)	187	(33-172)	1505	(1022-1856)	198	(134-244)	208	(141-257)	173	(117-213)	178	(121-220)
Cuiabá	729	(495-899)	316	(55-291)	2403	(1632-2964)	114	(78-141)	105	(71-129)	191	(130-236)	84	(57-103)
Manaus	316	(215-390)	247	(43-227)	1351	(918-1667)	175	(119-215)	173	(117-213)	205	(139-253)	169	(115-209)
Palmas	38	(26-47)	23	(4-21)	162	(110-200)	18	(12-23)	19	(13-24)	35	(24-43)	17	(11-21)
Porto Velho	1386	(941-1709)	1069	(187-985)	852	(578-1050)	58	(40-72)	122	(83-150)	195	(132-240)	44	(30-55)
Rio Branco	675	(459-833)	228	(40-210)	172	(117-212)	60	(41-74)	53	(36-65)	139	(94-171)	41	(28-50)
São Luís	130	(88-160)	143	(25-131)	229	(155-282)	161	(109-198)	153	(104-189)	146	(99-180)	139	(94-171)

6. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados corroboram os das demais publicações que associaram os efeitos do $PM_{2,5}$ a desfechos negativos na saúde das populações da região da Amazônia Legal (Marcarenhas *et al*, 2008; Castro *et al*, 2009; Carmo *et al*, 2010; Silva *et al*, 2010; Ignotti *et al*, 2008, 2010; da Silva, 2012). Os efeitos sobre as populações devem ser estimados para que planejamento seja feito para mitigação ou erradicação de exposições excessivas. Os resultados encontrados, apesar da limitação de sua aplicação e incertezas contidas, apontam que o problema merece investigação aprofundada e centrada nas necessidades de proteção à saúde da população local e prevenção de doenças.

Apesar de muitos pesquisadores e instituições como a OMS e a IARC ratificarem que a exposição ao material particulado oferece riscos à saúde, isso não pode ser considerado um consenso. Conforme exposto, há pesquisas que não revelam associação significativa ou mesmo qualquer associação entre o material particulado e agravos à saúde (Lee *et al*, 2008; Mechtouff *et al*, 2012). Em um artigo mais contundente sobre a questão, intitulado “*The Particulate Air Pollution Controversy*”, Phalen (2004) cita os principais problemas com estudos com aerossóis e destaca a dificuldade da avaliação de uma exposição complexa e a questão das alterações ao acaso. Dois argumentos merecem destaque neste estudo. O primeiro problema refere-se à dificuldade em separar os componentes do material particulado e causadores de doença, desde a composição do ar às características meteorológicas envolvidas. O fato ressaltado é que não existe ar livre de materiais em suspensão e que fatores de confundimento (como temperatura e umidade do ar) poderiam ser vieses. Prosseguindo em seu argumento, este questiona a própria associação causal, estabelecida mais apropriadamente por estudos de exposições a grandes quantidades de poluentes, cuja associação com aumento da morbimortalidade por diversas causas é mais consensual. O segundo argumento a ser ressaltado nesta publicação é a citação da quantidade de fatores associados que influenciam o grau de exposição. Isto, traduzido como o poder do acaso, restringiria as associações mais do que os pequenos valores de risco encontrados por aumentos pequenos nos poluentes. O autor os lê como variáveis que tornam a validação dos resultados de uma pesquisa a cenários muito restritos (Phalen, 2004).

Os resultados sobre internações no período de seca na região chamam a atenção para o planejamento em saúde nessa região. Respeitada a limitação de o coeficiente ter sido calculado a partir de uma série temporal, ainda assim os resultados encontrados para os municípios com níveis mais altos de $PM_{2,5}$, como nos casos de Rio Branco e Porto Velho em 2011, indicam que a redução das internações poderia ser obtida com medidas para a de redução das emissões, como, por exemplo, o obtido com a “Operação Curupira” ou mudanças no fornecimento de créditos agrícolas (Fearnside, 2006). Associadas a outras medidas de incentivo às chamadas práticas sustentáveis, foi mantida uma redução progressiva desde 2004, com seus reflexos observados neste estudo a partir de 2005 e até 2011 para a maior parte dos municípios estudados.

As internações de crianças e idosos fornecem um indicador de curto prazo para averiguar os impactos das emissões ambientais. Kunzli e colaboradores (2001) apresentam a avaliação e modelagem desses desfechos como resultados mais adequados para evidências obtidas a partir de estudos de séries temporais do que para os resultados de estudos de coorte. Segundo estes autores, enquanto que para os estudos de coortes os efeitos de curto prazo seriam um problema por falta de poder estatístico, os estudos de séries temporais conseguiriam observá-los com melhor técnica. Por outro lado, para reconhecimento de efeitos mistos, da participação de comorbidades e o estabelecimento de associações mais robustas às exposições crônicas, os estudos de coortes são mais indicados (Kunzli *et al*, 2001).

Os resultados obtidos sobre os óbitos devem ser avaliados com atenção por estas e algumas outras razões. A aplicação de coeficientes de uma coorte para este caso pareceu mais apropriada, mas há incertezas que devem ser ressaltadas. Mesmo com o uso de médias anuais, alguns resultados são muito maiores do que os observados em outros países e no estudo de origem. Em Porto Velho, Cuiabá e Rio Branco, os altos valores de poluição obtidos pelo CCATT-BRAMS são responsáveis por anos em que a estimativa da fração atribuível de óbitos à exposição ultrapassa de 70%. Estudos realizados para os Emirados Árabes Unidos, com dados de 2008, estimaram que 7% das mortes locais, ou 649 mortes em adultos com 30 anos ou mais, poderiam ser atribuídas à exposição ao $PM_{2,5}$ na atmosfera (Li *et al*, 2010; MacDonald Gibson *et al*, 2013). A questão sabida é que a composição diferente dos poluentes atmosféricos de cada uma, bem como o padrão de exposição alteram esses resultados. Permanece, ainda assim a dúvida se o método e os valores usados estão

adequados para cenários tão distintos como o deserto, com suas tempestades de areia, e capitais da Amazônia Legal, com as queimadas.

Uma das limitações do presente trabalho é dada por algumas fontes de dados. A qualidade do preenchimento de declarações de óbitos, o que pode ser generalizado para outros documentos de registro de dados em saúde pública, é objeto de estudo no Brasil, com algumas publicações ressaltando a má qualidade dos dados fornecidos em alguns casos (Vanderley *et al*, 2002; Paes, 2007; Soares *et al*, 2007; Almeida *et al*, 2011). Especificamente os dados das regiões Norte e Nordeste do Brasil são avaliados com qualidade “regular” ou mesmo “ruim”. Recentemente, diversos esforços foram realizados no sentido de melhorar a qualidade dessa informação e os dados de capitais, em relação ao interior, e das cidades das regiões sudeste e sul, em relação às demais regiões, possuem maior acurácia (Andrade *et al*, 2007; Paes, 2007). Apesar dessas limitações, tais dados são oficialmente e cientificamente usados e fornecem subsídios a estimativas e planejamento em saúde da região.

Outras limitações referem-se às informações sobre exposição, obtidas a partir do sensoriamento remoto que, apesar de amplamente validados, ainda passam por melhorias para aprimorar sua precisão ou adaptá-las a condições específicas. O conhecimento da vegetação local não pode ser estático e o monitoramento das mudanças de áreas de vegetação primária para secundária, ou outros tipos de uso do solo, devem ser constantes. Outro aspecto refere-se à observação de outros fatores que interferem na qualidade das informações obtidas por sensoriamento remoto como a curva da terra, características ópticas de alguns particulados, características meteorológicas e qualidade das imagens obtidas para análise (Engel-Cox *et al*, 2005; Christopher & Gupta, 2010). Ainda assim, esta, como muitas outras pesquisas, não devem ignorar o risco à saúde que outras evidências robustas demonstram existir.

Os efeitos têm relação com o tempo de exposição e a quantidade de material particulado ao qual o indivíduo está exposto. Na área da Amazônia legal, as exposições agudas a altos níveis são limitadas a um período de cerca de 3 meses. Entretanto, gestores ou pesquisadores com conhecimentos limitados sobre os métodos propostos podem observar a amplitude das variações entre cidades, por exemplo São Luís com apenas 10% de FA da mortalidade por todas as causas e que Porto Velho apresenta quase 95%, como um erro ao invés de consequências de métodos e indicadores adaptados. Estas diferenças têm algumas explicações

possíveis. Uma está no modelo de estimação da concentração do material particulado e a outra está na propriedade intrínseca do coeficiente concentração resposta usado.

Vale dizer que os coeficientes de Pope (2002, 2004) foram calculados em um cenário em que ocorriam menores oscilações na quantidade de $PM_{2,5}$ em relação àquelas observadas nas cidades expostas às queimadas da região amazônica. Isto pode direcionar a uma variação dos resultados para desfechos mais associados à exposição contínua a níveis regulares do que a exposições curtas e cíclicas a grandes concentrações de poluentes. Outra questão é que com o aumento do tempo de observação do estudo com a coorte pesquisada por Pope, houve redução dos coeficientes acompanhando a diminuição dos níveis de material particulado no ar (Laden *et al*, 2006). Estes pesquisadores concluem que os efeitos da exposição aos poluentes do ar são reversíveis com o declínio da poluição. Assim, a forte redução observada no período deste estudo pode submeter a população a coeficientes diferenciados, indicando uma provável superestimação dos resultados usados no modelo com o uso de médias anuais, sabidamente influenciadas por picos de exposição.

O outro aspecto mencionado refere-se a como o CCATT BRAMS faz a estimação do material particulado no ar. O uso de vários bancos de dados o torna mais adaptado à realidade brasileira, mas em algum grau pode ser limitada pela diversidade de cenários climáticos, de desmatamento e queimadas na região da Amazônia Legal. Uma área urbanizada dificilmente apresentará muitos focos de queima, enquanto que cidades menos urbanizadas ou mais próximas da fronteira agrícola estão mais expostas às queimadas. Assim, quando o sistema aplicar sua estimativa pela pluma observada produzida pela queima de biomassa, locais com mais focos ou com focos mais extensos estarão com valores maiores de concentração da exposição.

Outro aspecto relacionado ao sensoriamento remoto aborda a questão da resolução do aparelho responsável por captar a pluma de poluição. A observação de dados remotos da poluição está diretamente ligada à resolução da captura dos dados regionais. Pungler e West (2013) observaram que uma resolução mais fina pode reduzir efeitos de subestimação do $PM_{2,5}$. Seus resultados apontam que grades até 12km (resolução fina) em relação às grades de resolução maiores de 250Km (resolução grosseira) podem reduzir a detecção em até 30 ou 40% do $PM_{2,5}$. As áreas aferidas superam em muito estas distâncias, mas não é disponível ao momento

ferramentas para este ajuste fino. A detecção do material particulado na região está associada ao sensoriamento remoto e à estimação pelos sistemas do CCATT-BRAMS, ambos com limitações.

A composição das partículas em cada território também é outro aspecto a ser analisado mais profundamente. Patofisiologicamente, não é difícil inferir que partículas compostas por substâncias químicas complexas, como as expelidas por motores a diesel, produzem alterações em nível celular diferentes de partículas simples, como compostas por *Black Carbon*. Em seu estudo de revisão, Oliveira e colaboradores (2011) identificam que nos estudos realizados entre 2000 e 2009 o *Black Carbon* continuou como o principal componente orgânico do PM_{2,5} derivado da queima de biomassa. Dos componentes restantes, há destaque para os sulfatos e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (ou *polycyclic aromatic hydrocarbons* – PAH). Todas estas substâncias estão ligadas ao desencadeamento de respostas inflamatórias e os PAH são reconhecidos carcinogênicos. Tais evidências indicam que mais investigações científicas ainda precisam ser feitas para a identificação de substâncias presentes no material particulado em suspensão na região, bem como a reconhecimento dos seus efeitos na população exposta.

7. CONCLUSÃO

Os dados apresentados corroboram os achados de outros estudos nacionais e internacionais ao apresentar o aumento do número atribuível de internações e óbitos à elevação da exposição ao material particulado, em especial ao $PM_{2,5}$. Áreas com estimativas de exposição a elevadas quantidades de $PM_{2,5}$ associadas ao grande número de queimadas ocorridas, como em Porto Velho e Rio Branco, apresentam riscos relativos e frações atribuíveis elevadas. Mesmo que artefatos no cálculo e limitações do método sejam reconhecidos, o alerta deve ser observado por gestores em saúde e meio ambiente.

A redução considerável do desmatamento e das queimadas na Amazônia Legal nos últimos anos teve forte impacto na emissão de material particulado na atmosfera. Contudo, a persistência do cortar e queimar na expansão e manutenção da área para a agropecuária na região demonstra a dificuldade de mudar antigos e perigosos hábitos. Mesmo com os incentivos às novas práticas, por meio de financiamentos e posição do mercado em favor de práticas mais ecológicas, serão necessários estudos mais aprofundados sobre o que motivaria a mudança dessas práticas. Mais além, a formulação de novas abordagens e políticas públicas na região que promovam práticas de promoção da saúde, de modo a evitar o entendimento de retração ou estagnação na economia ou redução no conforto das pessoas. Tais questões dificilmente são objeto de observação dos pesquisadores, mas parecem influenciar a tomada de decisões políticas sobre a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico, cabíveis de aprofundamento em seu entendimento por métodos científicos.

Apesar da compreensão do adoecimento relacionado à exposição ao material particulado ter avançado no mundo todo, persiste a necessidade por mais estudos. Certamente que novos desenhos terão que ser desenvolvidos para lidar com a complexidade do cenário da poluição atmosférica e com as limitações ainda de nossas avaliações de risco à saúde das populações. Esta complexa região exige observação atenta do pesquisador a diversas idiosincrasias que se manifestam mais pronunciadamente quanto menor for a área proposta ao estudo ou intervenção. Por meio dos resultados encontrados, este trabalho conseguiu também discutir o uso do método proposto pela OMS na avaliação de exposição ao $PM_{2,5}$ e suas limitações, bem como do sensoriamento remoto na avaliação da saúde local. Os desafios encontrados e limites descritos deverão não apenas levar à melhor reflexão sobre os

resultados deste trabalho, mas encorajar estudos mais detalhados sobre o tema, como possíveis desdobramentos em políticas públicas regionais de proteção da saúde das populações locais.

As estimativas de carga ambiental de doenças atribuível à poluição atmosférica podem ser de auxílio nessa tarefa. Com base em um sistema de monitoramento contínuo de exposições e quantificação de seus efeitos, o gestor em saúde e meio ambiente poderá tomar decisões melhor fundamentadas. Estas estimativas de efeito das exposições a poluentes podem auxiliar no melhor direcionamento de recursos e identificação mais precisa dos principais problemas em saúde ambiental na região.

Ademais, gestores ainda devem ter em mente a necessidade de aperfeiçoamento de indicadores de efeito e de modelos preditivos para o planejamento de ações em saúde e meio ambiente. Por exemplo, apesar de não ter sido objeto deste estudo, uma avaliação dos custos com internações e atendimentos médicos atribuíveis à exposição à poluição poderia gerar melhor esclarecimento de como as chamadas externalidades ambientais, ou efeitos econômicos colaterais da atividade antrópica no meio ambiente, geram despesas que poderiam ser mais bem planejadas. Mais além, administradores em geral poderiam ter melhor dimensionamento dos efeitos de medidas para o desenvolvimento econômico na saúde e qualidade de vida. A cooperação entre pesquisadores e gestores em saúde e meio ambiente poderão render bons frutos nesse sentido.

8. REFERÊNCIAS

- Almeida MF, Alencar GP, Schoeps D, Minuci EG, da Silva ZP, Ortiz LP, Novaes HMD, Alencar AP, Raspantini PR, dos Santos PR. Qualidade das informações registradas nas declarações de óbito fetal em São Paulo, SP. *Rev Saúde Pública*;45(5):845-53, 2011.
- Almeida-Filho N, Barreto ML. *Epidemiologia & Saúde: fundamentos, métodos e aplicações*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2011. Pp 118-120, 604-606.
- Almeida-Filho N, Coutinho D. Causalidade, Contingência, Complexidade: o Futuro do Conceito de Risco. *Physis: Rev. Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 17(1):95-137, 2007.
- Andersen LE, Granger CWJ, Reis EJ, Weinhold D, Wunder S. *The Dynamics of Deforestation and Economic Growth*. Cambridge University Press, 2002.
- Andersen LE. The Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Environment & Development*, 5(3), 309–328, 1996.
- Andersen ZJ, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Ketzel M, Scheike T, Loft S. Size distribution and total number concentration of ultrafine and accumulation mode particles and hospital admissions in children and the elderly in Copenhagen, Denmark. *Occup Environ Med*. 2008 Jul; 65(7):458-66.
- Anderson HR, Ruggles R, Pandey KD, Kapetanakis V, Brunekreef B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK. Ambient particulate pollution and the world-wide prevalence of asthma, rhinoconjunctivitis and eczema in children: Phase One of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Occup Environ Med*. 2010 May;67(5):293-300.
- Andrade CLT, Szwarcwald CL. Desigualdades sócio-espaciais da adequação das informações de nascimentos e óbitos do Ministério da Saúde, Brasil, 2000-2002. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 2007; 23 (5):1207-1216.
- André PA, Braga ALF, Lin CA, Conceição GMS, Pereira LAA, Miraglia SGEK. Environmental epidemiology applied to urban atmospheric pollution: a contribution from the Experimental Air Pollution Laboratory (LPAE). *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 16 (3): 619-628, jul-set, 2000

Andreae MO, Merlet P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 15 (4): 955–966, 2001.

Andreae, M., and Merlet, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 4, 955–966, 2001.

Andreae, MO, Browell EV, Garstang M, Gregory ML, Harriss RC, Hill GF, Jacob DJ, Pereira MC, Sachse GW, Setzer AW, Silva Dias PL, Talbot RW, Torres AL, Wofsy SC. Biomass-burning emissions and associated haze layers over Amazonia, *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, 93(D2), 1509–1527, 1988.

Andreae, MO. Artaxo P, Brandão C, Carswell FE, Ciccioli P, da Costa AL, Culf AD, Esteves JL, Gash JHC, Grace J, Kabat P, Lelieveld J, Malhi Y, Manzi AO, Meixner FX, Nobre AD, Nobre C, Ruivo MdLP, Silva-Dias MA, Stefani P, Valentini R, von Jouanne J, Waterloo MJ. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. *Journal of Geophysical Research*, 107(D20), 8066, 2002.

Annesi-Maesano I, Hulin M, Lavaud F, Raheison C, Kopferschmitt C, de Blay F, Charpin DA, Denis C. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study.

Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 30(2):158-175, 2004.

Aristóteles. *Órganon*. Tradução de Edson Bini. 2ª Ed. Bauru: EDIPRO, 2010.

Artaxo P, Gatti LV, Leal AMC, Longo KM, Freitas SR, Lara LL, Theotonio M. Pauliquevis TM, Procópio AS; Rizzo LV. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. Vol. 35(2): 185 – 196, 2005.

Atkinson RW, Fuller GW, Anderson HR, Harrison RM, Armstrong B. Urban ambient particle metrics and health: a time-series analysis. *Epidemiology*. 2010 Jul;21(4):501-11.

Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Rev. Saúde Pública* vol.38 no.5 São Paulo Oct. 2004

Bauer M, Moebus S, Möhlenkamp S, Dragano N, Nonnemacher M, Fuchsluger M, Kessler C, Jakobs H, Memmesheimer M, Erbel R, Jöckel KH, Hoffmann B. Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study. *J Am Coll Cardiol*. 2010 Nov 23;56(22):1803-8.

Bell ML, Ebisu K, Peng RD, Samet JM, Dominici F. Hospital admissions and chemical composition of fine particle air pollution. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Jun 15;179(12):1115-20.

Beverland IJ, Carder M, Cohen GR, Heal MR, Agius RM. Associations between short/medium-term variations in black smoke air pollution and mortality in the Glasgow conurbation, UK. *Environ Int*. 2012 Dec 1;50:1-6.

Bonita R, Beaglehole R, Kjellström T. Basic epidemiology. World Health Organization. Geneva, 1993. 211p.

Botelho C, Correia AL, Silva AMC, Macedo AG, Clystenes OS. Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. *Cad Saude Publica*. 2003;19(6):1771–80.

Bowman MS, Amacher GS, Merry FD. Fire use and prevention by traditional households in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 67, n. 1, p. 117-130, 2008.

Braga ALF, Pereira LAA, Procópio M, André PA, Saldiva PHN. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad. Saúde Pública* vol.23 suppl.4 Rio de Janeiro 2007

Brando PM, Coe MT, DeFries R, Azevedo AA. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Phil Trans R Soc B* 368: 20120152. 2013.

Brasil. Artigo 45º da Lei Complementar nº 31, de 11 de outubro de 1977. Cria o Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp31.htm. Acessado em 21 de Outubro de 2011.

Brasil. Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização

Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5173.htm. Acessado em 21 de Outubro de 2011.

Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Subsídios para construção da Política Nacional de Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007. 56 p.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 124 p.

Brunekreef B, Holgate ST. Air Pollution and Health. *Lancet*, Vol 360: 1233–42, 2002.

Cairus HF, Ribeiro Jr. WA. Textos hipocráticos: o doente, o médico e a doença. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2005. Pág. 95 a 141.

Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara LBL, Artaxo P, Martinelli LA, Arbex MA, Zanobetti A, Braga ALF. The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environmental Health Perspectives*, 114 (5): 725-29, 2006.

Cao J, Xu H, Xu Q, Chen B, Kan H. Fine particulate matter constituents and cardiopulmonary mortality in a heavily polluted Chinese city. *Environ Health Perspect*. 2012 Mar;120(3):373-8.

Carmo CN, Hacon S, Longo KM, Freitas S, Ignotti E, Ponce de Leon A, Artaxo P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica* 27(1), 2010

Carmo CN, Hacon SS, Jacobson LSV, Mourão DS, Ignotti E. Mortalidade por doenças cardiorrespiratórias em idosos no estado de Mato Grosso, 1986 a 2006. *Revista de Saúde Pública*, v. 44 (6), p. 1112-1119, 2010.

Castiel LD, Guilam MCR, Ferreira MS. Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2010. 134p.

Castro HA; Gonçalves KS; Hacon SS. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no Estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2009; 14 (6): 2083-2090.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). SIG Queimadas Monitoramento de focos. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>. Acessado em 21 de maio de 2013.

Chan CC, Ng HC. A case-crossover analysis of Asian dust storms and mortality in the downwind areas using 14-year data in Taipei. *Sci Total Environ*. 2011 Dec 1;410-411:47-52.

Chang CC, Kuo CC, Liou SH, Yang CY. Fine particulate air pollution and hospital admissions for myocardial infarction in a subtropical city: Taipei, Taiwan. *J Toxicol Environ Health A*. 2013;76(7):440-8.

Chardon B, Lefranc A, Granados D, Grémy I. Air pollution and doctors' house calls for respiratory diseases in the Greater Paris area (2000-3). *Occup Environ Med*. 2007 May;64(5):320-4.

Chen R, Kan H, Chen B, Huang W, Bai Z, Song G, Pan G; CAPES Collaborative Group. Association of particulate air pollution with daily mortality: the China Air Pollution and Health Effects Study. *Am J Epidemiol*. Jun 1;175(11):1173-81, 2012.

Christian TJ, Yokelson RJ, Carvalho Jr. JA, Griffith DWT, Alvarado EC, Santos JC, Neto TGS, Veras CAG, Hao WM. The tropical forest and fire emissions experiment: Trace gases emitted by smoldering logs and dung on deforestation and pasture fires in Brazil, *J. Geophys. Res.*, 112, 2007.

Christopher SA, Gupta P. Satellite remote sensing of particulate matter air quality: the cloud-cover problem. *J Air Waste Manag Assoc*. 2010 May;60(5):596-602.

CNPTEC - INPE. Apresentação taxa PRODES 2010. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2010.pdf. Acessado em 24 de outubro de 2011.

Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N, Gutschmidt K, Pope A, Romieu I, Samet JM, Smith K. The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues*, 68 (13-14), 2005.

CONAMA. RESOLUÇÃO N.º 003 de 28 de junho de 1990. Publicada no D.O.U de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

Correia AW, Pope CA 3rd, Dockery DW, Wang Y, Ezzati M, Dominici F. Effect of air pollution control on life expectancy in the United States: an analysis of 545 U.S. counties for the period from 2000 to 2007. *Epidemiology*. 24(1):23-31, 2013.

Corvalán CF, Kjellström T, Smith KR. Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action. *Epidemiology*, September 1999, Vol. 10 No. 5.

Crutzen PJ, Andreae MO. Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles. *Science*. 1990; Vol. 250: 1669-78.

da Silva LF, Saldiva SR, Saldiva PH, Dolnikoff M; Bandeira Científica Project. Impaired lung function in individuals chronically exposed to biomass combustion. *Environ Res*. Jan; 112:111-7, 2012.

Dales RE, Cakmak S, Vidal CB. Air pollution and hospitalization for headache in Chile. *Am J Epidemiol*. 2009 Oct 15;170(8):1057-66.

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Informações de saúde (Tabnet): indicadores sociais e demográficos. Disponível em www.datasus.gov.br. Acessado em 24 de maio de 2013.

Diniz MB, Oliveira Jr, Trompieri Neto N, Diniz MJT. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. *Nova Economia*, 19 (1):121-151, 2009.

Dockery DW, Pope CA III, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six US cities. *N Engl J Med*. 1993; 329:1753-1759.

Donaldson K, Stone V, Clouter A, MacNee W. Ultrafine Particles. *Occup Environ Med*. 2001; 58:211-6.

Duclos P, Sanderson LM, Lipsett M. The 1987 Forest Fire Disaster in California: assessment of emergency room visits. *Arch. Environ. Health* 1990; 45: 53-8.

Dugandzic R, Dodds L, Stieb D, Smith-Doiron M. The association between low level exposures to ambient air pollution and term low birth weight: a retrospective cohort study. *Environmental Health: A Global Access Science Source* 2006, 5:3.

Dvonch JT, Kannan S, Schulz AJ, Keeler GJ, Mentz G, House J, Benjamin A, Max P, Bard RL, Brook RD. Acute effects of ambient particulate matter on blood pressure: differential effects across urban communities. *Hypertension*. 2009 May;53(5):853-9.

Engel-Cox JA, Young GS, Hoff RM. Application of satellite remote-sensing data for source analysis of fine particulate matter transport events. [J Air Waste Manag Assoc.](#) 2005 Sep;55(9):1389-97.

Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Hoorn SV, Murray CJL. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *The Lancet*, 360 (9343):1347-1360, 2002.

Fearnside P. Amazon forest maintenance as a source of environmental services. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 80, 101–114, 2007.

Fearnside PM. Brazil's Amazon forest in mitigating global warming: unresolved controversies. *Climate Policy* 12(1): 70-81. 2012.

Fearnside PM. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, v. 36(3): 395 – 400. 2006.

Fearnside PM. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3), 680–688, 2005.

Feng J, Yang W. Effects of particulate air pollution on cardiovascular health: a population health risk assessment. *PLoS One*. 2012;7(3):e33385.

Firket J. Fog along the Meuse Valley. *Trans Faraday Soc* 1936; **32**: 1192–97.

Freitas CM, Giatti LL. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 25(6):1251-1266, jun, 2009.

Freitas SR, Longo KM, Silva Dias MA, Silva Dias PL. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*;19(53):167-85, 2005.

Freitas SR, Longo KM, Silva Dias MAF, Chatfield R, Silva Dias P, Artaxo P, Andreae MO, Grell G, Rodrigues LF, Fazenda A, Panetta J. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 1: Model description and evaluation. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 8525–8569, 2007.

Fuks K, Moebus S, Hertel S, Viehmann A, Nonnemacher M, Dragano N, Möhlenkamp S, Jakobs H, Kessler C, Erbel R, Hoffmann B; Heinz Nixdorf Recall Study Investigative Group. Long-term urban particulate air pollution, traffic noise, and arterial blood pressure. *Environ Health Perspect.* 2011 Dec;119(12):1706-11.

Fuks K, Moebus S, Hertel S, Viehmann A, Nonnemacher M, Dragano N, Möhlenkamp S, Jakobs H, Kessler C, Erbel R, Hoffmann B; Heinz Nixdorf Recall Study Investigative Group. Long-term urban particulate air pollution, traffic noise, and arterial blood pressure. *Environ Health Perspect.* 2011 Dec;119(12):1706-11.

Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Relatório final do projeto estimativa da carga de doença do Brasil – 1998. Outubro, 2002. Disponível em: <http://www4.ensp.fiocruz.br/projetos/carga/downloads1.htm>. Acessado em 10 de junho de 2011.

Garrett P, Casimiro E. Short-term effect of fine particulate matter (PM_{2.5}) and ozone on daily mortality in Lisbon, Portugal. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2011 Nov;18(9):1585-92.

Godleski JJ, Verrier RL, Koutrakis P, Catalano P. Mechanisms of Morbidity and Mortality from Exposure to Ambient Air Particles. Research Report 91. Cambridge, MA:Health Effects Institute, 2000.

Gomes, M.J.M. Ambiente e pulmão. *Jornal de Pneumologia*; 28(5): 261-269. 2002.

Goncalves KS, Castro HA, HACON SS. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. *Ciênc. saúde coletiva* [online]. 2012, vol.17, n.6, pp. 1523-1532.

Gordon T, Nadziejko C, Chen LC, Schlesinger R. Effects of Concentrated Ambient Particles in Rats and Hamsters: An Exploratory Study. Research Report 93. Cambridge, MA:Health Effects Institute, 2000.

Gouveia N, Freitas CU, Martins LC, Marcilio IO. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública* vol.22 no.12 Rio de Janeiro Dec. 2006

Graham B, Guyon P, Maenhaut W, Taylor PE, Ebert M, Matthias-Maser S, Mayol-Bracero OL, Godoi RHM. Composition and diurnal variability of the natural Amazonian aerosol. *J. Geophys. Research*, 108: 4765, 2003.

Hajat S, Anderson HR, Atkinson RW, Haines A. Effects of air pollution on general practitioner consultations for upper respiratory diseases in London. *Occup Environ Med.* 2002 May;59(5):294-9.

Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Kulmala M, Tiittanen P, Pekkanen J. Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. *Thorax.* 2008 Jul;63(7):635-41.

Hänninen O, Knol A (editores). EBoDE –Report. European Perspectives on Environmental Burden of Disease: Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Report 1/2011. Helsinki, Finlandia 2011. 86 páginas and 2 apêndices.

Hänninen O, Knol A (Eds.). EBoDE-Report. Environmental Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Report 1/2011. Helsinki, Finland, 2011. 86 p.

Hayes MV. The risk approach: unassailable logic? *Soc. Sci. Med.* 33:55-70, 1991.

Heinrich J, Thiering E, Rzehak P, Krämer U, Hochadel M, Rauchfuss KM, Gehring U, Wichmann HE. Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occup Environ Med.* 70(3):179-86, 2013.

Heyder, J. Targeting of Lung Regions by Aerosols. *Proc Am Thorac Soc Vol 1.* pp 315–320, 2004

Hill AB. The environment and disease: association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58, 295–300; 1965.

Hinds, WC. *Aerosol Technology: properties, behavior and measurement of airborne particles.* 2nd Ed. Willey, 1999. 483 pp.

Host S, Larrieu S, Pascal L, Blanchard M, Declercq C, Fabre P, Jusot JF, Chardon B, Le Tertre A, Wagner V, Prouvost H, Lefranc A. Short-term associations between fine and coarse particles and hospital admissions for cardiorespiratory diseases in six French cities. *Occup Environ Med.* 2008 Aug;65(8):544-51.

Ignotti E, Hacon SS, Junger WL, Mourão D, Longo K, Freitas S. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time-series approach. *Cad Saúde Pública*; 26:747-61, 2010.

Ignotti E, Valente JG, Longo KM, Freitas SR, Hacon SS, Netto PA. Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region. *Rev Saúde Pública* 44:121-30, 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas populacionais para os municípios brasileiros. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acessado em 24 de maio de 2013.

Iskandar A, Andersen ZJ, Bønnelykke K, Ellermann T, Andersen KK, Bisgaard H. Coarse and fine particles but not ultrafine particles in urban air trigger hospital admission for asthma in children. *Thorax*. 2012 Mar;67(3):252-7.

Johnston F, Hanigan I, Henderson S, Morgan G, Bowman D. Extreme air pollution events from bushfires and dust storms and their association with mortality in Sydney, Australia 1994-2007. *Environ Res*. 2011 Aug;111(6):811-6.

Johnston FH, Hanigan IC, Henderson SB, Morgan GG. Evaluation of interventions to reduce air pollution from biomass smoke on mortality in Launceston, Australia: retrospective analysis of daily mortality, 1994-2007. *BMJ*. 8;346:e8446, 2013

Kan H, London SJ, Chen G, Zhang Y, Song G, Zhao N, Jiang L, Chen B. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China. *Environ Int*. 2007 Apr;33(3):376-84.

Kannan S, Dvonch JT, Schulz AJ, Israel BA, Mentz G, House J, Max P, Reyes AG. Exposure to fine particulate matter and acute effects on blood pressure: effect modification by measures of obesity and location. *J Epidemiol Community Health*. 2010 Jan;64(1):68-74.

Kashima S, Yorifuji T, Tsuda T, Eboshida A. Asian dust and daily all-cause or cause-specific mortality in western Japan. *Occup Environ Med*. 2012 Dec;69(12):908-15.

Kelsey JL (Ed), Whittemore AS, Evans AS, Thompson WD. *Methods in Observational Epidemiology*. Second Edition. Oxford University Press. 1996.

Kettunen J, Lanki T, Tiittanen P, Aalto PP, Koskentalo T, Kulmala M, Salomaa V, Pekkanen J. Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke*. 2007 Mar;38(3):918-22.

Kligerman DC, Vilela H, Cardoso TAO, Cohen SC, Sousa D, La Rovere E. Sistemas de indicadores de saúde e ambiente em instituições de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1):199-211, 2007.

Knol AB, Petersen AC, van der Sluijs JP, Lebret E. Dealing with uncertainties in environmental burden of disease assessment. *Environmental Health*, 8:21, 2009.

Kodgule R, Salvi S. Exposure to biomass smoke as a cause for airway disease in women and children. *Current Opinion in Allergy & Clinical Immunology*, 12 (1):82–90, 2012

Krishnan RM, Adar SD, Szpiro AA, Jorgensen NW, Van Hee VC, Barr RG, O'Neill MS, Herrington DM, Polak JF, Kaufman JD. Vascular responses to long- and short-term exposure to fine particulate matter: MESA Air (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution). *J Am Coll Cardiol*. 2012 Nov 20;60(21):2158-66.

Künzli, N. Medina, S. Kaiser, R. Quénel, P. Horak Jr., F. Studnicka M. Assessment of Deaths Attributable to Air Pollution: Should We Use Risk Estimates based on Time Series or on Cohort Studies? *Am J Epidemiol* Vol. 153, No. 11, 2001.

Le Tourneau FM, Marchand G, Greissing A, Nasuti S, Droulers M, Bursztyn M, Léna P, Dubreuil V. The DURAMAZ indicator system: a cross-disciplinary comparative tool for assessing ecological and social changes in the Amazon. *Phil. Trans. R. Soc. B* 368 (1619): 20120475. 2013.

Lee SJ, Hajat S, Steer PJ, Filippi V. A time-series analysis of any short-term effects of meteorological and air pollution factors on preterm births in London, UK. *Environ Res*. 2008 Feb;106(2):185-94.

Leitold V, Lima A, Shimabukuro YE. Estudo da associação espacial entre áreas queimadas e desmatamento na Amazônia Oriental, Estado do Pará. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR - INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.*

Lepeule J, Laden F, Dockery D, Schwartz J. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect.* 2012 Jul;120(7):965-70.

Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, AlMazroa MA, Amann M, Anderson HR, Andrews KG, Aryee M, Atkinson C, Bacchus LJ, Bahalim AN, Balakrishnan K, Balmes J, Barker-Collo S, Baxter A, Bell ML, Blore JD, Blyth F, Bonner C, Borges G, Bourne R, Boussinesq M, Brauer M, Brooks P, Bruce NG, Brunekreef B, Bryan-Hancock C, Bucello C, Buchbinder R, Bull F, Burnett RT, Byers TE, Calabria B, Carapetis J, Carnahan E, Chafe Z, Charlson F, Chen H, Chen JS, Cheng ATA, Child JC, Cohen A, Colson KE, Cowie BC, Darby S, Darling S, Davis A, Degenhardt L, Dentener F, Jarlais DCD, Devries K, Dherani M, Ding EL, Dorsey ER, Driscoll T, Edmond K, Ali SE, Engell RE, Erwin PJ, Fahimi S, Falder G, Farzadfar F, Ferrari A, Finucane MM, Flaxman S, Fowkes FGR, Freedman G, Freeman MK, Gakidou E, Ghosh S, Giovannucci E, Gmel G, Graham K, Grainger R, Grant B, Gunnell D, Gutierrez HR, Hall W, Hoek HW, Hogan A, Hosgood HD, Hoy D, Hu H, Hubbell BJ, Hutchings SJ, Ibeanusi SE, Jacklyn GL, Jasrasaria R, Jonas JB, Kan H, Kanis JA, Kassebaum N, Kawakami N, Khang YH, Khatibzadeh S, Khoo JP, Kok C, Laden F, Lalloo R, Lan Q, Lathlean T, Leasher JL, Leigh J, Li Y, Lin JK, Lipshultz SE, London S, Lozano R, Lu Y, Mak J, Malekzadeh R, Mallinger L, Marcenes W, March L, Marks R, Martin R, McGale P, McGrath J, Mehta S, Memish ZA, Mensah GA, Merriman TR, Micha R, Michaud C, Mishra V, Hanafiah KM, Mokdad AA, Morawska L, Mozaffarian D, Murphy T, Naghavi M, Neal B, Nelson PK, Nolla JM, Norman R, Olives C, Omer SB, Orchard J, Osborne R, Ostro B, Page A, Pandey KD, Parry GDH, Passmore E, Patra J, Pearce N, Pelizzari PM, Petzold M, Phillips MR, Pope D, Pope CA, Powles J, Rao M, Razavi H, Rehfuss EA, Rehm JT, Ritz B, Rivara FP, Roberts T, Robinson C, Rodriguez-Portales JA, Romieu I, Room R, Rosenfeld LC, Roy A, Rushton L, Salomon JA, Sampson U, Sanchez-Riera L, Sanman E, Sapkota A, Seedat S, Shi P, Shield K, Shivakoti R, Singh GM, Sleet DA, Smith E, Smith KR, Stapelberg NJC, Steenland K, Stöckl H, Stovner LJ, Straif K, Straney L, Thurston GD, Tran JH, Dingenen RV, Donkelaar A, Veerman KL, Vijayakumar L, Weintraub R, Weissman MM, White RA, Whiteford H, Wiersma ST, Wilkinson JD, Williams HC, Williams W, Wilson N, Woolf AD, Yip P, Zielinski JM, Lopez AD, CJL Murray, Ezzati M. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden

of Disease Study 2010. *The Lancet*, Volume 380, Issue 9859, 15 December 2012–4 January 2013, Pages 2224-2260.

Lima A, Silva TSF, Aragão LEOC, de Freitas RM, Adami M, Formaggio AR, Shimabukuro YE. Land use and land cover changes determine the spatial relationship between fire and deforestation in the Brazilian Amazon. *Applied Geography*, v. 34, p. 239-246, 2012.

Linares C, Díaz J. Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid. *Gac Sanit*, Jun 2009, vol.23, no.3, p.192-197.

Llorcaa J., Delgado-Rodríguez M. A new way to estimate the contribution of a risk factor in populations avoided nonadditivity. *Journal of Clinical Epidemiology* 57: 479–483, 2004.

Long W, Tate RB, Neuman M, Manfreda J, Becker AB, Anthonisen, NR. Respiratory symptoms in a susceptible population due to burning of agricultural residue. *Chest*, 113:351-7. 1998.

Longo KM, Freitas SR, Andrae MO, Setzer A, Prins E, Artaxo P. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 8571–8595, 2007.

Lubowski RN, Rose SK. The Potential for REDD+: Economic Modeling Insights and Issues. *Rev Environ Econ Policy* 7 (1): 67-90. 2013.

Mahapatra P. Priority-setting in the health sector and summary measures of population health. In: *Summary Measures of Population Health -Concepts, Ethics, Measurement and Applications*. Murray, C. J. L., Salomon, J. A., Mathers C.D., Lopez, A. D. World Health Organization, Geneva. 2002. P83-89.

Malig BJ, Ostro BD. Coarse particles and mortality: evidence from a multi-city study in California. *Occup Environ Med*. 2009 Dec;66(12):832-9.

Martin ST, Andreae MO, Artaxo P, Baumgardner D, Chen Q, Goldstein HA, Guenther A, Heald CL, Mayol-Bracero OL, McMurry PH, Pauliquevis T, Pöschl U, Prather KA, Roberts GC, Saleska SR, Dias MAS, Spracklen DV, Swietlicki E, Trebs I. Sources And Properties Of Amazonian Aerosol Particles. *Reviews of Geophysics*, 48: 2, 2010.

Mascarenhas MDM, Vieira LC, Lanzieri TM, Leal APPR, Duarte AF, Hatch DL. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. *J Bras Pneumol*; 34(1):42-46, 2008

Mason CA, Tu S. Partitioning the population attributable fraction for a sequential chain of effects. *Epidemiologic Perspectives & Innovations*, 5:5. 2008.

Mathers CD, Vos T, Lopez AD, Salomon J, Ezzati M (ed.). *National Burden of Disease Studies: A Practical Guide*. Edition 2.0. Global Program on Evidence for Health Policy. World Health Organization, Geneva, 2001.

Mechtouff L, Canoui-Poitrine F, Schott AM, Nighoghossian N, Trouillas P, Termoz A, Porthault-Chatard S, David JS, Chasles V, Derex L. Lack of association between air pollutant exposure and short-term risk of ischaemic stroke in Lyon, France. *Int J Stroke*. 2012 Dec;7(8):669-74.

Meister K, Johansson C, Forsberg B. Estimated short-term effects of coarse particles on daily mortality in Stockholm, Sweden. *Environ Health Perspect*. 2012 Mar;120(3):431-6.

Ministry of Health. Mortality and morbidity during the London fog of December 1952. Reports on Public Health and Medical Subjects No 95. London: HMSO, 1954.

Moraes TD, Nascimento ML. Da Norma ao Risco: Transformações na produção de subjetividades contemporâneas. *Psicologia em Estudo*, 7 (1): 91-102, 2002.

Murray CJL, Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Hoorn SV. Comparative quantification of health risks: conceptual framework and methodological issues. In: *Summary Measures of Population Health -Concepts, Ethics, Measurement and Applications*. Murray, C. J. L., Salomon, J. A., Mathers C.D., Lopez, A. D. World Health Organization, Geneva. 2002. P1-38.

Naeher LP, Brauer M, Lipsett M, Zelikoff JT, Simpson CD, Koenig JQ, Smith KR. Woodsmoke Health Effects: A Review. *Inhalation Toxicology*, 19:67–106, 2007.

Namdeo A, Tiwary A, Farrow E. Estimation of age-related vulnerability to air pollution: assessment of respiratory health at local scale. *Environ Int*. 2011 Jul;37(5):829-37.

Nascimento LCN, Módolo MCC, Carvalho Jr JA. Atmospheric pollution effects on childhood health: an environmental study in the Paraíba Valley. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.* vol.4 no.4 Recife Oct./Dec. 2004

Nascimento LFC, Francisco JB, Patto MBR, Antunes AM. Environmental pollutants and stroke-related hospital admissions. *Cad. Saúde Pública* vol.28 no.7 Rio de Janeiro July 2012

Nel A. Atmosphere. Air Pollution-related illness: effects of particles. *Science.*;308(5723):804-6, 2005.

Nemery B, Hoet PHM, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. *Lancet*, 2001, 357;704-708.

Nepstad DC, Moreira A, Alencar AA. A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. 1999. 202pp. Brasília, Brasil.

Neto TGS, Carvalho Jr. JA, Veras CAG, Alvarado EC, Gielow R, Lincoln EN, Christian TJ, Yokelson RJ, Santos JC. Biomass consumption and CO₂, CO and main hydrocarbon gas emissions in an Amazonian forest clearing fire. *Atmos. Environ.*, 43, 438-446, 2009.

Nobre CA, Nobre AD. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados.* 2002; 16(45): 81-90.

Nunes KVR; Ignotti E, Hacon SS. Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM_{2.5} generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. *Cad. Saúde Pública* vol.29 no.3 Rio de Janeiro Mar. 2013

O'Connor GT, Neas L, Vaughn B, Kattan M, Mitchell H, Crain EF, Evans R 3rd, Gruchalla R, Morgan W, Stout J, Adams GK, Lippmann M. Acute respiratory health effects of air pollution on children with asthma in US inner cities. *J Allergy Clin Immunol.* 2008 May;121(5):1133-1139.e1.

Oliveira Jr. JN, Diniz MB, Ferreira RT, Castelar I, Diniz MJT. Análise da Área Desmatada Municipal na Amazônia Brasileira no período 2000-2004: Uma Abordagem com Modelos Não Lineares. *Economia Aplicada*, v.14, n.3, 2010.

Ostro B. Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO Environmental burden of disease series, No 5).

Paes NA. Qualidade das estatísticas de óbitos por causas desconhecidas dos Estados brasileiros. Rev. Saúde Pública vol.41 no.3, 2007.

Pénard-Morand C, Raheison C, Charpin D, Kopferschmitt C, Lavaud F, Caillaud D, Annesi-Maesano I. Long-term exposure to close-proximity air pollution and asthma and allergies in urban children. Eur Respir J. 2010 Jul;36(1):33-40.

Perez L, Medina-Ramón M, Künzli N, Alastuey A, Pey J, Pérez N, Garcia R, Tobias A, Querol X, Sunyer J. Size fractionate particulate matter, vehicle traffic, and case-specific daily mortality in Barcelona, Spain. Environ Sci Technol. 2009 Jul 1;43(13):4707-14.

Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 2002; 287:1132-41.

Pope CA III, Dockery DW. Epidemiology of particle effects. In: Holgate ST, Koren H, Maynard R, Samet J, eds. Air Pollution and Health. London, England: Academic Press; 1999:673-705.

Pope CA, Ezzati M, Dockery D. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. N Engl J Med 2009; 360:376-86.

Poursafa P, Kelishadi R, Amini A, Amini A, Amin MM, Lahijanzadeh M, Modaresi M. Associação da poluição atmosférica com parâmetros hematológicos em crianças e adolescentes. J. Pediatr. (Rio J.) vol.87 no.4 Porto Alegre July/Aug. 2011

Prieto C MJ, Mancilla F P, Astudillo O P, Reyes P A, Román A O. Exceso de morbilidad respiratoria en niños y adultos mayores en una comuna de Santiago con alta contaminación atmosférica por partículas. Rev Med Chil. 2007 Feb;135(2):221-8.

Prüss-Üstün A, Corvalán C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization, 2006.

Prüss-Üstün A, Mathers C, Corvalán C, Woodward A. Introduction and methods: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva,

World Health Organization, 2003. WHO Environmental Burden of Disease Series, No. 1.

Puett RC, Hart JE, Yanosky JD, Paciorek C, Schwartz J, Suh H, Speizer FE, Laden F. Chronic fine and coarse particulate exposure, mortality, and coronary heart disease in the Nurses' Health Study. *Environ Health Perspect*. 2009 Nov;117(11):1697-701.

Rego RA, Berardo FAN, Rodrigues SSR, Oliveira ZMA, Oliveira MB, Vasconcellos C, Aventurante LVO, Moncau, JEC. Ramos LR. Fatores de Risco para Doenças Crônicas Não-Transmissíveis: Inquérito Domiciliar no Município de São Paulo, SP (Brasil). Metodologia E Resultados Preliminares. *Rev. Saúde Públ*. 24(4): 277-285, 1990.

Ribeiro H, Assunção JV. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos Avançados*. 2002; 16(44).

Rodrigues, P.C.O. Ignotti, E. Rosa A. M. Hacon, S. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. *Rev Bras Epidemiol* 2010; 13(3): 523-32

Romão R, Pereira LAA, Saldiva PHN, Pinheiro PM, Braga ALF, Martins LC. The relationship between low birth weight and exposure to inhalable particulate matter. *Cad. Saúde Pública* vol.29 no.6 Rio de Janeiro June 2013

Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, de Leon AP, Junger W, Vera J, Strappa V, Hurtado-Díaz M, Miranda-Soberanis V, Rojas-Bracho L, Carbajal-Arroyo L, Tzintzun-Cervantes G; HEI Health Review Committee. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst*. 2012 Oct;(171):5-86.

Rosa AM, Ignotti E, Hacon SS, Castro HA. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra – Amazônia Brasileira. *J Bras Pneumol*. 2008;34(8):575-582.

Rose G. Estratégias da Medicina Preventiva – com comentários de Kay-Tee Khaw e Michael Marmot. Tradução de Armando Henrique Norman. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Rosen, G. Uma história da saúde pública. São Paulo: Hucitec, 1994. 434 p.

Salgado PET. Informações Gerais e Ecotoxicológicas de Material Particulado. Série Cadernos de Referência Ambiental. Salvador: Editora PA; 2003.

Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities. *N Engl J Med.* 2000;343:1742-1749.

Schmidt MI, Duncan BB, Silva GA, Menezes AM, Monteiro CA, Barreto SM, Chor D, Menezes PR. Saúde no Brasil 4 - Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais. Disponível em <http://www.thelancet.com/series/health-in-brazil>. Acessado em 21 de junho de 2011.

Schramm JMA, Oliveira AF, Leite IC, Valente JG, Gadelha AMJ, Portela MC, Campos MR. Transição epidemiológica e o estudo de carga de doença no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva* 2004; 9(4):897-908,

Serinelli M, Vigotti MA, Stafoggia M, Berti G, Bisanti L, Mallone S, Pacelli B, Tessari R, Forastiere F. Particulate matter and out-of-hospital coronary deaths in eight Italian cities.

Shimabukuro YE, Duarte V, Arai E, Freitas RM, Lima A, Valeriano DM. Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, v. 30, n. 6., p. 1537-1546, 2009.

Silva AMC, Mattos IE, Freitas SE, Longo KM, Hacon SS. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira . *Rev Bras Epidemiol* 2010; 13(2): 337-51.

Silva AMC, Mattos IE, Freitas SR; Longo KM, Hacon SS. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. *Rev. bras. epidemiol.* vol.13 no.2 São Paulo June 2010

Silva GM, Oliveira Jr JN, Diniz MB. Condicionantes Socioeconômicos e Ambientais dos Clubes de Convergência da Renda na Amazônia Legal 1985 a 2007. *Estudos Econômicos* 41(4), 2011.

Silva IS. *Cancer epidemiology: principles and methods.* WHO, IARC. 1999; 442p.

Silva PR, Rosa AM, Hacon SS, Ignotti E. Hospitalization of children for asthma in the Brazilian Amazon: trend and spatial distribution. *J Pediatr (Rio J).* 2009; 85(6):541-546.

Smith KR, Corvalan CT, Kjellstrom T. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 10:573–584. 1999.

Smith NJH. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 70 (4), 1980.

Soares JAB, Horta FAB, Caldeira AP. Avaliação da qualidade das informações em declarações de óbitos infantis. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.* vol.7 no.3, 2007.

Sobral A, Freitas, CM. Modelo de organização de indicadores para operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. *Saude soc.* vol.19 no.1 São Paulo jan./mar. 2010.

Sorrensen CL. Contributions of fire use study to land use/cover change frameworks: Understanding landscape change in agricultural frontiers. *Human Ecology*, v. 32, n. 4, p. 395-420, 2004.

Sorrensen CL. Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 128, n. 1-2, p. 11-25, 2000.

Straif K, Cohen A, Same J. Air pollution and Cancer. IARC Scientific Publications; 161. International Agency for Research on Cancer, 2013.

Tramuto F, Cusimano R, Cerame G, Vultaggio M, Calamusa G, Maida CM, Vitale F. Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-crossover study in Palermo, Italy. *Environ Health*. 2011 Apr 13;10:31.

United States Environmental Protection Agency (EPA). National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Disponível em: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>. Acessado em 22 de maio de 2013.

Valdés A, Zanobetti A, Halonen JI, Cifuentes L, Morata D, Schwartz J. Elemental concentrations of ambient particles and cause specific mortality in Santiago, Chile: a time series study. *Environ Health*. 2012 Nov 1;11:82.

Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer RE, Barbone F, Tamburlini G. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. *The Lancet*, 363 (426):2032-2039, 2004.

Vanderlei LC, de Arruda BKG, Frias PG, Arruda s. Avaliação da qualidade de preenchimento das declarações de óbito em unidade terciária de atenção à saúde materno-infantil. *Inf. Epidemiol. Sus* v.11 n.1. 2002.

Ward DE, Setzer AW, Kaufman YJ, Rasmussen RA. Characteristics of smoke emissions from Biomass fires of the Amazon Region – BASE–A Experiment. *In* Levine JS (Ed.). *Global Biomass Burning – Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications*. The MIT press, p. 394:401,1991.

Williams P, von Stackelberg K. Systematic Review of Environmental Burden of Disease in Canada. National Collaborating Centre for environmental health. Janeiro, 2011. Disponível em http://www.ncceh.ca/sites/default/files/Environmental_Burden_Disease_Jan_2011.pdf. Acessado em 12 de junho de 2011.

Willocks LJ, Bhaskar A, Ramsay CN, Lee D, Brewster DH, Fischbacher CM, Chalmers J, Morris G, Scott EM. Cardiovascular disease and air pollution in Scotland: no association or insufficient data and study design? *BMC Public Health*. 2012 Mar 22;12:227.

World Health Organization (WHO). Burden of disease associated with urban outdoor air pollution for 2008. Disponível em http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/burden_disease/en/index.html. Acessado em 22 de fevereiro de 2012.

World Health Organization (WHO). Global Health Observatory Data Repository. Disponível em <http://apps.who.int/ghodata/?vid=34300>. Acessado em 20 de fevereiro de 2012.

World Health Organization (WHO). *Health Guidelines for Vegetation Fire Events*. Genebra: WHO; 1999.

World Health Organization (WHO). Tackling the global clean air challenge. Disponível em http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/en/index.html. Acessado em 22 de fevereiro de 2012.

Yamasoe MA, Artaxo P, Miguel AH, Allen AG. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmos Environ* 2000; 34:1641-53.

Yanagi Y, Assunção JV, Barrozo LV. The impact of atmospheric particulate matter on cancer incidence and mortality in the city of São Paulo, Brazil. *Cad. Saúde Pública* vol.28 no.9 Rio de Janeiro Sept. 2012

Yang CM, Kao K. Reducing fine particulate to improve health: a health impact assessment for Taiwan. *Arch Environ Occup Health*. 68(1):3-1, 2013.

Yap C, Beverland IJ, Heal MR, Cohen GR, Robertson C, Henderson DE, Ferguson NS, Hart CL, Morris G, Agius RM. Association between long-term exposure to air pollution and specific causes of mortality in Scotland. *Occup Environ Med*. Dec;69(12):916-24. 2012.

Yokelson RJ, Karl T, Artaxo P, Blake DR, Christian TJ, Griffith DWT, Guenther A, Hao WM. The tropical forest and fire emissions experiment: overview and airborne fire emission factor measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 5175–5196, 2007.

Zanobetti A, Redline S, Schwartz J, Rosen D, Patel S, O'Connor GT, Lebowitz M, Coull BA, Gold DR. Associations of PM₁₀ with sleep and sleep-disordered breathing in adults from seven U.S. urban areas. *Am J Respir Crit Care Med*. Sep 15;182(6):819-25. 2010.

Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J. Short term effects of particulate matter on cause specific mortality: effects of lags and modification by city characteristics. *Occup Environ Med*. Oct;62(10):718-25. 2005.

Zhang Y, Guo Y, Li G, Zhou J, Jin X, Wang W, Pan X. The spatial characteristics of ambient particulate matter and daily mortality in the urban area of Beijing, China. *Sci Total Environ*. Oct 1;435-436:14-20. 2012.

Zhao Q, Liang Z, Tao S, Zhu J, Du Y. Effects of air pollution on neonatal prematurity in Guangzhou of China: a time-series study. *Environ Health*. Jan 10;10:2. 2011.

ANEXO: TABELA SOBRE EFEITOS NA SAÚDE DECORRENTES DA EXPOSIÇÃO AO MATERIAL PARTICULADO

TABELA 43: PUBLICAÇÕES DOS ÚLTIMOS 10 ANOS COM OS DESCRITORES SAÚDE E MATERIAL PARTICULADO COM DADOS ORIGINAIS PARA OS EFEITOS DESCRITOS.

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Johnston et al, 2013	1994 - 2007	Central Launceston e Hobart, Austrália	aumento da mortalidade por todas as causas, cardiovascular e respiratória	67.000 residentes	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária
Yang et al, 2013	2009	Taiwan (China)	aumento da mortalidade por todas as causas	População residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média anual
Heirich J et al, 2013	18 anos, com inclusão entre 1980 e 1990 (coorte)	North Rhine-Westphalia (Alemanha)	mortalidade por todas as causas, cardiopulmonar e câncer de pulmão	coorte de 4752 mulheres de 55 anos	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média anual
Nunes et al, 2013	2005	microrregiões da Amazônia Brasileira (Brasil)	mortalidade por infarto agudo do miocárdio e por doença cerebrovascular	População residente	porcentagem das horas de exposição a níveis elevados de PM2.5 (maiores que 25 µg/m ³)
Valdez et al, 2012	1998 - 2007	Santiago (Chile)	aumento da mortalidade cardiovascular, por DPOC e na incidência de doenças cerebrovasculares	aprox. 6 milhões de habitantes (pop. Santiago)	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média mensal
Krisnam et al, 2012	2000	Washington (EUA -base do estudo)	aumento da dilatação vascular por aumento do fluxo sanguíneo e do diâmetro arterial basal	coorte de 3040 pessoas de várias cidades dos EUA	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 para o ano de 2000 (crônica); aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média diária (aguda)
Kashima et al, 2012	Março de 2005 - dezembro de 2010	residentes de 47 cidades asiáticas	aumento da mortalidade por doenças cardiovasculares, doença cardíaca isquêmica, arritmia e pneumonia	1.379.052 pessoas com 65 anos ou mais	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM8 (aprox) média diária (em tempestades de areia)

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Beverland et al, 2012	1974 - 1988	Glasgow, Renfrey e Painsley	aumento da mortalidade por todas as causas (atrasos de 13-18 e 19-24 dias) e respiratória (atrasos de 1-6, 7-12 e 13-18 dias)	População de Glasgow, Renfrey e Painsley	aumento em 10 µg/m ³ na conc. Black smoke média diária
Yap C et al, 2012	1970 - 1979	Renfrey e Painsley	aumento na mortalidade por todas as causas, doença cardiovascular, doença isquêmica cardíaca e respiratória.	6680 pessoas de coorte em Renfrey e Painsley	aumento em 10 µg/m ³ na conc. Black smoke média de 10 anos
Chang et al, 2012	2006 - 2010	Taipei (Taiwan - China)	aumento nas internações por infarto agudo do miocárdio (IAM)	admitidos para internação por IAM residentes em Taipei	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média diária
Romieu I et al, 2012	2006 - 2009	as cidades do Brasil, México e Chile	aumento da mortalidade por causas cardiopulmonar, respiratória, cardiovascular; acidentes vasculares cerebrais, DPOC e todas as causas	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária
Correia AW et al, 2012	2000 - 2007	545 municípios dos EUA	aumento da expectativa de vida em 0,35 anos	população com 30 ou mais anos	redução de 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média anual
Zhang Y et al, 2012	2008 - 2009	área urbana de Pequim (China)	aumento na mortalidade cardiovascular e respiratória	população residente	conc. PM10 médio diário acima do P75 (intervalo interquartil 83 a 96 µg/m ³)
Chen R et al, 2012	1996 - 2008	16 cidades da China	aumento na mortalidade por causas cardiovasculares, respiratórias e por todas as causas	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média móvel diária

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Lepeule J et al, 2012	1974 - 2009	6 cidades dos EUA	aumento na mortalidade por causas cardiovasculares, respiratórias e por todas as causas	8096 participantes da coorte do Harvard Six Cities study (detalhes em Dockery et al, 1996)	aumento em 10 µg/m ³ na média do ano anterior (mortalidade por todas as causas); aumento em 10 µg/m ³ no PM _{2.5} médio dos últimos 3 anos
Willocks LJ et al, 2012	2000 - 2006	Glasgow e Edimburgo (Escócia)	não foram detectadas alterações nas interações por doença cardiovascular	população residente	aumento na conc. PM ₁₀
Annesi-Maesano et al, 2012	2011	6 cidades da França	aumento na prevalência de asma	6683 estudantes de 101 escolas	aumento na conc. PM _{2.5}
Cao J et al, 2012	2004 - 2008	Xi'na (China)	aumento na mortalidade por causas cardiovasculares e por todas as causas	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM _{2.5} média diária
Mechtouff et al, 2012	2010	Lion e mais 18 comunidades circunvizinhas	não foram detectadas alterações na morbidade por acidentes vasculares cerebrais	376 pacientes atendidos residentes na área de estudo	aumento na conc. PM _{2.5}
Meister et al, 2012	2000 - 2008	Estocolmo (Suécia)	aumento na mortalidade por todas as causas	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM _{2.5} média diária; aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM ₁₀ média diária
Iskandar et al, 2012	2001 - 2008	Copenhague (Dinamarca)	aumento nas interações por asma	crianças de 0 a 18 anos residentes	aumento na conc. PM _{2.5} média diária; aumento na conc. PM ₁₀ média diária
Fuks et al, 2012	2000 - 2003	Alemanha	aumento na média da pressão arterial sistólica e diastólica	4,291 participantes de 45-75 anos do Heinz Nixdorf Recall Study	aumento no interquartil do PM _{2.5} médio diário (2.4 µg/m ³)

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Feng & Yang, 2012	2009 - 2011	2,231 municípios dos EUA	Aumento em múltiplas manifestações cardiovasculares	aprox. 500.000 respondentes do Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS)	aumento de 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média anual; aumento de 10 µg/m ³ na conc. PM10 média anual
Feng & Yang, 2012	1994 - 2007	Taipei (Taiwan - China)	Aumento da mortalidade por todas as causas em toda a população e, especificamente, em idosos com 65 ou mais anos após exposição aguda	população residente	aumento na conc. PM2.5 e na conc. PM10 média após tempestades de areia da Ásia
Nascimento et al, 2012	janeiro de 2007 - abril de 2008	São José dos Campos (SP - Brasil)	Aumento nas internações por acidentes vasculoencefálicos	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária
Yanagi et al, 2012	1988 - 1997 (exposição), 1997 - 2005 (desfechos)	11 distritos da cidade de São Paulo (SP - Brasil)	Aumento na incidência de câncer de pele, pulmão, laringe e bexiga	36,534 casos e 12,934 mortes por câncer diagnosticados no período de estudo	aumento do PM10 médio anual
Johnston et al, 2011	1994 - 2007	Sydney (Austrália)	Aumento da mortalidade por causas cardiovasculares e todas as causas	população residente	dias em que o aumento na conc. PM10 médio diário foi acima do P99 relacionado a queimadas
Garrett & Casimiro, 2011	2004 - 2006	Lisboa (Portugal)	Aumento no RR para morte por doença cardiovascular em idosos com 65 ou mais anos	população residente	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média diária
Tramuto et al, 2011	2004 - 2007	Palermo (Itália)	aumento na procura por serviços de emergência devido a sintomas respiratórios	48.519 pacientes de serviços de emergência com sintomas respiratórios	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária
Namdeo et al, 2011	abril de 2002 - dezembro de 2005	Newcastle (Inglaterra)	aumento nas internações por causas respiratórias	idosos	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária
Zhao et al, 2011	2007	Guangzhou (China)	Aumento da incidência de partos prematuridade	recém-natos	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM10 média diária

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Poursafa et al, 2011	Novembro de 2009 - fevereiro de 2010	Isfahan (Irã)	Redução das hemácia e hemoglobina, aumento dos leucócitos e plaquetas	Adolescentes de 10 a 18 anos	aumento na conc. PM10 médio diário
Silva et al, 2010	2004	Municípios de Mato Grosso na Amazônia Legal (Brasil)	Aumento de internações hospitalares por causas respiratórias	crianças menores de 5 anos e idosos com 65 anos ou mais	aumento da média anual de exposição às horas críticas de conc. PM2.5
Bauer et al, 2010	2000 - 2003	3 cidades da região do Ruhr (Alemanha)	Espessamento da camadas íntima e média da artéria carótida	4.814 residentes participantes do Heinz Nixdorf Recall com idades entre 45 e 75 anos	aumento na conc. PM2.5 dos últimos 20 anos
Zanobetti et al, 2010	365 dias anteriores de exposição	coorte do Sleep Heart Health Study (EUA)	Aumento do tempo com saturação de oxigênio menor que 90% durante o sono	peessoas com 39 ou mais anos	aumento na conc. PM10 média móvel anual
Atkinson et al, 2010	2000 - 2005	Londres (Inglaterra)	Aumento nas internações hospitalares e mortalidade por causas cardiovasculares e todas as causas	população residente	aumento em 10 µg/m3 na conc. PM10 média diária
Carmo et al, 2010	2004 - 2005	Alta Floresta (MT - Brasil)	Aumento nos atendimentos de emergência para crianças	população residente menor de 5 anos de idade	aumento em 10 µg/m3 na conc. PM2.5 média diária
Pénard-Morand et al, 2010	3 anos anteriores de exposição (coorte)	6 cidades da França	Aumento na incidência e prevalência de eczema cutâneo, rinite alérgica e asma.	6683 estudantes de 101 escolas	aumento na conc. PM10 média anual dos últimos 3 anos
Serinelli et al, 2010	1997 - 2004	8 cidades da Itália	Aumento das mortes por doenças coronarianas fora de hospitais	16 989 adultos com mais de 35 anos que morreram por doença coronariana fora de hospitais	aumento em 10 µg/m3 na conc. PM10 média diária

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Ignotti et al, 2010	2004 a 2005	microrregiões da Amazônia Brasileira (Brasil)	aumento na internação de crianças com menos de 5 anos e idosos com 65 anos ou mais	População residente	aumento do percentual de tempo anual exposto à alta conc. PM2.5 (80µg/m3)
Kannan et al, 2010	2002 - 2003	Detroit (Michigan - EUA)	Aumento na pressão arterial	adultos residentes que responderam ao questionário sobre saúde classificados como obesos (IMC<=30)	aumento na conc. PM2.5
Puett et al, 2009	1992 - 2002	nordeste e centro-oeste dos EUA	Aumento no número total de mortes e mortes por doenças cardiovasculares	Enfermeiras residentes no nordeste e centro-oeste dos EUA	aumento em 10 µg/m3 na conc. PM2.5 média anual
Anderson et al, 2009	1994 - 1995	51 países	Ausência de efeitos no eczema, rinoconjuntivite e asma em crianças.	crianças entre 6-7 e 13-14 anos de idade	aumento na conc. PM10 média anual
Dales et al, 2009	2001 - 2005	7 cidades do Chile	Aumento nas hospitalizações por cefaleia.	população residente	aumento em 21.51 µg/m3 na conc. PM2.5 média diária e aumento em 37.79 µg/m3 na conc. PM10 média diária
Perez et al, 2009	Março de 2003 - dezembro de 2005	Barcelona (Espanha)	Aumento da mortalidade por causas cardiovasculares, cerebrovasculares e respiratórias.	população residente	aumento na conc. PM1, conc. PM2.5 e conc. PM10 médias diárias
Malig & Ostro, 2009	1999 - 2005	15 municípios da Califórnia (EUA)	Aumento nas mortes por causas cardiovasculares e por todas as causas	população residente	aumento na conc. PM10 média anual
Bell et al, 2009	2000 - 2005	Municípios dos EUA	Aumento em internações hospitalares por causas cardiovasculares e respiratórias	população residente	aumento na conc. PM2.5 média por estação (sazonal)

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Dvonch et al, 2009	maio de 2002 - abril de 2003	3 comunidades de Detroit (Michigan - EUA)	Aumento da pressão arterial sistólica	população residente com pressão aferida em unidades de saúde	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média diária
Linares & Díaz, 2009	2003 - 2005	Madri (Espanha)	Aumento das internações hospitalares em crianças	crianças de 0-10 anos de idade	aumento em 10 µg/m ³ na conc. PM2.5 média anual
O'Connor et al, 2008	agosto de 1998 - julho de 2001	7 comunidades urbanizadas do interior dos EUA	Redução da função respiratória e aumento do absentismo escolar relacionado a sintomas de asma	861 crianças em idade escolar com asma persistente	aumento na conc. PM2.5 média diária
Halonen et al, 2008	1998 - 2004	Helsinki (Finlândia)	Aumento do atendimento a crianças com asma e de idosos com asma e DPOC.	população residente atendida	aumento na conc. PM2.5 média diária
Host et al, 2008	2000 - 2003	6 cidades da França	Aumento nas hospitalizações por infecções respiratórias e doença isquêmica cardíaca em idosos	população residente	aumento de 10 µg/m ³ no PM2.5 médio diário e do PM10 médio diário
Lee et al, 2008	1988 - 2000	Londres (Inglaterra)	Ausência de efeitos em partos prematuros	482.568 partos ocorridos na maternidade St. Mary's (Londres)	aumento na conc. PM10 (agudo - até 6 dias)
Andersen et al, 2008	maio de 2001 - dezembro de 2004	Copenhague (Dinamarca)	Aumento de internações hospitalares de idosos por causas respiratórias e cardiovasculares	Idosos com 65 ou mais anos	aumento na conc. PM10 médio diário
Braga et al, 2007	janeiro de 2003 - junho de 2004	Itabira (MG-Brasil)	Aumento das internações hospitalares por causas cardiovasculares	Menores de 19 anos, maiores de 44 anos e idosos com 65 anos ou mais	aumento na conc. PM10 médio diário

Autor	Período de Estudo	Local	Efeitos descritos	População estudada	Principal componente da exposição com efeito
Prieto et al, 2007	maio - dezembro 2004	comunidade de Santiago (Chile)	Aumento de atendimentos a crianças por pneumonia e bronquite	crianças menores de 15 anos atendidas com infecções do trato respiratório inferior	aumento na conc. PM10 médio diário
Kettunen et al, 2007	1998 - 2004	Helsinki (Finlândia)	Aumento da mortalidade por acidentes vasculares cerebrais na estação mais quente	Idosos com 65 ou mais anos	aumento na conc. PM2.5 média diária
Kan et al, 2007	Março de 2004 - Dezembro de 2005	Shanghai (China)	Aumento na mortalidade por causas cardiovasculares, respiratórias e por todas as causas	população residente	aumento de 10 µg/m3 na PM2.5 médio diário
Chardon et al, 2007	2000 - 2003	grande Paris (França)	Aumento na solicitação por atendimento médico domiciliar para doenças respiratórias do trato superior ou inferior	População residente	aumento de 10 µg/m3 na PM2.5 médio diário e do PM10 médio diário
Gouveia et al, 2006	maio de 1996 - abril de 2000	São Paulo (SP - Brasil)	Aumento de internações por doenças respiratórias, pneumonia e asma	crianças menores de 5 anos e idosos com 65 anos ou mais	aumento em 10 µg/m3 na conc. PM10 média diária
Zeka et al, 2005	1989 - 2000	20 cidades dos EUA	Aumento das mortes por todas as causas, causas cardíacas e respiratórias	População residente	aumento na conc. PM10 médio diário
Nascimento et al, 2004	2001	Taubaté (SP - Brasil)	Aumento de internações por causas respiratórias	População residente	aumento na conc. PM10 médio diário
Bakonyi et al, 2004	1999 - 2000	Curitiba (PR - Brasil)	Aumento de atendimentos médicos às crianças por sintomas respiratórios	crianças de 0 a 14 anos	aumento na conc. PM10 médio diário