



UNIVERSIDADE
CATÓLICA
DE SANTOS

Grupo de Avaliação de
Exposição e Risco Ambiental

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS - UNISANTOS

ILANA ANDRADE SANTOS DO EGYPTO

**RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS
EM CRIANÇAS DE 0 A 5 ANOS NA PARAÍBA: CONTRIBUIÇÃO NA TOMADA DE
DECISÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS AO CONTROLE DA
POLUIÇÃO DO AR**

SANTOS-SP

2016

ILANA ANDRADE SANTOS DO EGYPTO

**RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS
EM CRIANÇAS DE 0 A 5 ANOS NA PARAÍBA: CONTRIBUIÇÃO NA TOMADA DE
DECISÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS AO CONTROLE DA
POLUIÇÃO DO AR**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Saúde Coletiva da
Universidade Católica de Santos como
requisito para obtenção do grau de Mestre
em Saúde Coletiva.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Lourdes Conceição Martins

SANTOS-SP

2016

E32r Egypto, Ilana Andrade Santos do

Relação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos na Paraíba: contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar. / Ilana Andrade Santos do Egypto; Orientadora Prof.^a Dr.^a Lourdes Conceição Martins. – 2016.

75 f. ; (Dissertação de Mestrado) - Universidade Católica de Santos, Programa de Mestrado em Saúde coletiva.

1. Poluição do ar. 2. Criança. 3. Doenças respiratórias. 4. Internação. 5. Paraíba. I. Martins, Lourdes Conceição. II. Universidade Católica de Santos. III. Relação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos na Paraíba: contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar.

CDU 614(043.3)

ILANA ANDRADE SANTOS DO EGYPTO

**RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS
EM CRIANÇAS DE 0 A 5 ANOS NA PARAÍBA: CONTRIBUIÇÃO NA TOMADA DE
DECISÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS AO CONTROLE DA
POLUIÇÃO DO AR**

Aprovado em: _____

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Lourdes Conceição Martins (Membro Nato)
Presidente da Banca

Prof.^a Dra. Ysabely de Aguiar Pontes Pamplona (Membro Externo)
Membro da Banca Examinadora

Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira (Membro Interno)
Membro da Banca Examinadora

Aos meus filhos: Sofia e Lucas
DEDICO.

RESUMO

INTRODUÇÃO: A maior parte dos Estados Brasileiros não possui rede de monitoramento da qualidade do ar, porém todos estão expostos a poluição atmosférica provenientes de indústrias, automóveis, queimadas e as produzidas naturalmente pelo meio ambiente. No Estado da Paraíba não há monitoramento da qualidade do ar e portanto, não há mensuração dos poluentes atmosférico e de variáveis climáticas. **OBJETIVO:** Avaliar a relação entre poluição atmosférica e internações de crianças menores de cinco anos por doenças respiratórias na Paraíba: contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar. **METODOLOGIA:** Estudo analítico e descritivo da distribuição espacial das áreas vulneráveis em relação a dados socioeconômicos, dados sobre informações de saúde (internações), população e fontes poluidoras (frota e queimadas). As tabulações e análises dos dados foram realizadas para o estado da Paraíba estratificada por região. Optou-se pela utilização da cartografia temática para a geração de mapas de vulnerabilidade ao considerar seu potencial como ferramenta intuitiva e de fácil visualização, para comunicar os resultados das avaliações de risco ambiental. Foi realizada a análise descritiva, testes de Qui-quadrado, Kruskal-Wallis, e de comparações múltiplas de Dunn. O nível de significância foi de 5%. **RESULTADOS:** Existe relação entre o aumento da poluição atmosférica e as admissões hospitalares de crianças de zero a cinco anos por problemas respiratórios. Com relação à distribuição espacial dos focos de calor e internação, temos que em 2010 foi o pior ano dentre os analisados neste estudo. As regiões com maiores números de casos são o sertão e litoral. **CONCLUSÃO:** É necessário um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Um plano de estratégias deve ser pensado e posto em prática, não dependendo apenas de uma instituição e sim do conjunto de ações de diversos órgãos para que os resultados sejam favoráveis tanto para a qualidade de vida da população como para a economia do Estado.

Palavras-chave: Relação entre poluição atmosférica. Doenças respiratórias em crianças políticas públicas. Controle da poluição do ar.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Most of Brazilian States has no network of air quality monitoring, but all are exposed to air pollution from industries, automobiles, fires and those produced naturally by the environment. In the State of Paraíba no monitoring of air quality and therefore, there is no measurement of atmospheric pollutants and climatic variables. **OBJECTIVE:** Assess the relationship between air pollution and hospital admissions of children under five by respiratory diseases in Paraíba: contribution in decision-making of public policies aimed at controlling air pollution. **METHODOLOGY:** Analytical and descriptive study of the spatial distribution of vulnerable areas in relation to socioeconomic data, data on health information (hospitalization), population and pollutant sources (fleet and burned). The tabs and data analyses were conducted for the State of Paraíba stratified by region. We opted for the use of thematic cartography for the generation of maps of vulnerability to consider its potential as a tool for easy and intuitive visualization, to communicate the results of the environmental risk assessments. Descriptive analysis, Chi-square test, Kruskal-Wallis, and multiple comparisons of Dunn. The significance level was 5%. **RESULTS:** There is no relationship between the increase of air pollution and hospital admissions of children from zero to five years for respiratory problems. With respect to the spatial distribution of the hotspots and hospitalization, we have that in 2010 was the worst year among the analyzed in this study. The regions with the largest numbers of cases are the hinterland and coast. **CONCLUSION:** There is a need for a balance between economic development and sustainability. A plan of strategies should be designed and implemented, not depending on only one institution and the set of actions of various organs for the results to be favourable both to the quality of life of the population as to the economy of the State.

Keywords: Relationship between air pollution. Respiratory diseases in children. Air pollution control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Particularidades das vias aéreas na criança.....	13
Figura 2 - Resistência das vias aéreas, Lei de Poiseuille.....	15
Figura 3 - Comparação do metabolismo da criança versus do adulto.....	16
Figura 4 - Fontes de Poluição e poluentes atmosféricos.....	18
Figura 5 - Figura demonstrativa sobre a ocorrência da asma.....	26
Figura 6 - Modelo Teórico Hierarquizado para Determinação das Doenças Respiratórias Agudas.....	28
Figura 7 - Mapa das regiões da Paraíba.....	30
Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade para 2009.....	41
Figura 9 - Mapa de vulnerabilidade para 2010.....	44
Figura 10 - Mapa de vulnerabilidade para 2011.....	47
Figura 11 - Mapa de vulnerabilidade para 2012.....	50
Figura 12 - Mapa de vulnerabilidade para 2013.....	53
Figura 13 - Mapa de vulnerabilidade para 2014.....	56
Figura 14 - Mapa de vulnerabilidade para 2015.....	59
Figura 15 - Taxa de internação média por região e ano de estudo.....	60
Figura 16 - Taxas anuais médias da frota de veículos para cada região da Paraíba por ano de estudo.....	62
Figura 17 - Taxas anuais médias das queimadas para cada região da Paraíba por ano de estudo.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990).....	19
Quadro 2 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.....	21
Quadro 3 - Efeitos agudos e crônicos dos poluentes sobre o sistema respiratório.....	23

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2009.....	39
Tabela 2 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2009.....	40
Tabela 3 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2010.....	42
Tabela 4 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2010.....	43
Tabela 5 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2011.....	45
Tabela 6 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2011.....	46
Tabela 7 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2012.....	48
Tabela 8 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2012.....	49
Tabela 9 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2013.....	51
Tabela 10 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2013.....	52
Tabela 11 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2014.....	54
Tabela 12 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2014.....	55
Tabela 13 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2015.....	57
Tabela 14 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2015.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GAERA	Grupo de Avaliação de Exposição e Risco Ambiental
VIGIAR	Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica
OMS	Organização Mundial de Saúde
SUS	Sistema único de Saúde
DRA	Doenças Respiratórias Agudas
LME	Limite Máximo de Emissão
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PRONAR	Programa Nacional do Controle da Qualidade de Ar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	O Contexto das Doenças Respiratórias nas Crianças Menores de Cinco Anos de Idade.....	12
1.2	Fontes, Locais de Ação e Fisiopatologia Decorrentes da Poluição do Ar.....	17
1.3	A Poluição Atmosférica e as Doenças Respiratórias.....	24
1.4	Caracterização das Regiões da Paraíba.....	28
1.5	Poluentes do Ar na Capital da Paraíba.....	30
2	OBJETIVOS.....	33
2.1	Objetivo Geral.....	33
2.2	Objetivos Específicos.....	33
3	CASUÍSTICA E MÉTODO.....	34
3.1	Vulnerabilidade e Risco.....	34
3.2	Comunicação do Índice de Risco.....	35
3.3	Análise Estatística.....	37
4	RESULTADOS.....	39
5	DISCUSSÃO.....	64
6	CONCLUSÃO.....	69
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71

1. INTRODUÇÃO

Este estudo faz parte dos projetos de pesquisa do Grupo de Avaliação de Exposição e Risco Ambiental (GAERA) da Universidade Católica de Santos em parceria com a Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (VIGIAR) do Ministério da Saúde que tem como objetivo assegurar que o desenvolvimento sócio-econômico aconteça de forma sustentável e segura.

A maior parte dos Estados Brasileiros não possui rede de monitoramento da qualidade do ar, porém todos estão expostos a poluição atmosférica provenientes de indústrias, automóveis, queimadas e as produzidas naturalmente pelo meio ambiente.

A poluição atmosférica se faz presente há mais de 250 anos, e em diversos cenários desde que a Revolução Industrial, acelerou a emissão de poluentes, antes limitado ao uso doméstico de combustíveis vegetais e minerais e às emissões vulcânicas. Temos hoje mais da metade da população vivendo em cidades e centros urbanos e assim expostas a níveis consideravelmente maiores de poluentes do ar (ARBEX et al., 2012). Entende-se que a industrialização é demandada pelo consumo das cidades em produzir produtos e auferir lucros, mas essa noção de vivência social tem acarretado sérios danos à saúde humana, desde os primeiros anos de vida.

A poluição do ar traz prejuízos à saúde e à qualidade de vida das pessoas, como também acarreta maiores gastos ao Estado, em decorrência da elevação do número de atendimentos, óbitos, internações hospitalares e absenteísmo (escolar e no trabalho), além do ônus com medicamentos, custos esses que poderiam ser evitados com a melhora da qualidade atmosférica dos centros urbanos (BRASIL, 2014).

Estima-se que a poluição ambiental externa no globo venha a causar 1,15 bilhões de óbitos por doenças respiratórias em todo o mundo – o que corresponde a cerca de 2% de total de óbitos – e seja responsável por 8,75 milhões de anos vividos a menos ou com incapacidade pulmonar. No Brasil, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que a poluição atmosférica cause cerca de vinte mil óbitos por ano, este valor é cinco vezes superior ao número de mortes estimado pelo tabagismo ambiental ou passivo (ARBEX et al., 2012).

As crianças são consideradas um dos grupos mais suscetíveis aos efeitos da exposição a poluição do ar. O volume de ar que passa pelo sistema respiratório de uma criança, em repouso e sobre as mesmas condições de saúde é o dobro de um adulto; levando em consideração o peso corporal, portanto as crianças são particularmente vulneráveis ao estresse adicional nas vias respiratórias, ocasionado por diferentes agentes agressores (NASCIMENTO, 2014). Assim, somando-se ao fato de um sistema imunológico ainda incompleto e um metabolismo basal acelerado, as crianças apresentam grande suscetibilidade aos efeitos da poluição atmosférica (ARBEX et al., 2012).

A relevância do presente trabalho está no fato de serem bastante limitados os registros históricos da qualidade do ar realizados no Estado da Paraíba no que tange a adoção de políticas públicas propensas a prevenir, minimizar ou remediar os efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde infantil.

1.1 O Contexto das Doenças Respiratórias nas Crianças Menores de Cinco Anos de Idade

Considerando as aglomerações urbanas de caráter metropolitano em todo o Brasil, onde residem pouco mais de 60% de toda a população urbana brasileira, as doenças do aparelho respiratório têm representado a segunda maior causa de internação hospitalar, principalmente para crianças de até cinco anos de idade (NÓBREGA, 2014).

As questões referentes às doenças respiratórias vêm sendo discutidas e estudadas nos tempos hodiernos, com o fito de consolidar sua base de conhecimento, bem como a identificação de abordagens metodológicas e as lacunas no conhecimento para lidar com essas enfermidades. Nesse contexto, Prato et al., (2014) apontam que “para ampliar as discussões sobre as doenças respiratórias e o processo de seguimento do crescimento e desenvolvimento infantil é relevante, entre outros aspectos, a revisão da literatura, com vistas a contribuir para reflexões na atenção à saúde da criança”. Alguns aspectos são apontados como determinantes:

- 1- Vulnerabilidade social, a idade da criança;
- 2- Escolaridade da mãe;
- 3- Renda familiar e o número de moradores no domicílio.

Também foi evidenciada a falta de planejamento à assistência da criança promovendo apenas ações curativas e emergenciais (PRATO et al., 2014).

As doenças respiratórias podem se estender por períodos maiores de tempo e, caso a doença não seja tratada tempestivamente, a criança correrá sério risco de vida. Como estratégias para diminuir os episódios de patologias respiratórias, Prato et al., (2014) citam:

- 1-Qualidade e atendimento pré-natal;
- 2-Assistência obstétrica;
- 3-Cobertura vacinal;
- 4-Aleitamento materno;
- 5-Intensificação da assistência hospitalar;
- 6-Fortalecimento dos programas de promoção de saúde;
- 7-Controle das enfermidades

As diferenças anatômicas, fisiológicas e imunológicas demonstram a fragilidade do sistema respiratório infantil, quando comparado ao de um adulto (Figura 1).



Figura 1 - Particularidades das vias aéreas na criança
Fonte: Carraretto (2015).

Em relação ao resto do corpo, Nelson (2006) descreve a cabeça da criança sendo proporcionalmente maior do que a do adulto. Em contrapartida, mesmo com a cabeça maior, a passagem nasal é proporcionalmente menor do que a de um adulto. A laringe encontra-se anatomicamente mais superior no pescoço do que nos anos seguintes, a glote localiza-se entre C3 e C4 e é mais afunilada do que a de um adulto. A epiglote infantil é mais cefálica, flexível, mais horizontal e alongada. Desta forma, durante a deglutição a laringe possui uma ligação com a nasofaringe, criando duas passagens praticamente separadas, uma para a respiração e outra para alimentação.

É importante enfatizar que a mucosa da via aérea superior da criança é fina e facilmente traumatizável. Aspirações frequentes e contínuas podem causar edema e obstrução destas áreas. Além disto, a estimulação mecânica da laringe na criança pode resultar em estimulação vagal e bradicardia. As vias aéreas são uma conexão direta entre os pulmões e a atmosfera, sendo o nariz o principal filtro para as partículas grandes. O epitélio ciliado transporta as partículas filtradas para a faringe, estas, sendo menores que 10µm de diâmetro conseguem alcançar a traqueia e os brônquios, aquelas menores que 1µm de diâmetro, podem atingir os alvéolos pulmonares, onde serão expelidas ou depositadas (NELSON, 2006).

É importante frisar que a mucosa da via aérea superior da criança é fina e mais facilmente traumatizável. Traumatismos mecânicos e ou químicos frequentes e contínuos podem causar obstrução e edemas nas mesmas. A estimulação mecânica da laringe pode desencadear estímulo vagal e bradicardia. As vias aéreas aumentam seu comprimento e diâmetro com o crescimento infantil no decorrer da idade. No entanto, o crescimento das vias aéreas distais é mais lento que o das vias aéreas proximais durante os primeiros 5 anos (NELSON, 2006).

As vias aéreas são menores e mais estreitas durante a infância. A traqueia do recém-nascido tem aproximadamente 5 a 6 cm de comprimento e 4mm de diâmetro, enquanto em pre-terms pequenos, ela pode medir apenas 2cm de comprimento e 2-3mm de diâmetro. As vias aéreas aumentam de largura e comprimento com a idade. No entanto, parece haver evidências de que as vias aéreas distais têm um ritmo de crescimento mais lento do que as durante os primeiros 5 anos de vida. Estas vias relativamente mais estreitas até a idade de 5 anos é presumivelmente responsável pela alta resistência periférica ao fluxo aéreo neste grupo (NELSON, 2006).

A lei de Poiseuille (Figura 2) estabelece que a resistência ao fluxo de ar em um tubo é inversamente proporcional à quarta potência do raio (r) do tubo. Portanto, uma pequena redução no calibre da via aérea da criança devido à inflamação ou edema pode levar a um aumento muito grande na resistência da via aérea periférica. Este fenômeno explica por que infecções virais das vias aéreas inferiores (periféricas) representa uma grande ameaça à recém-nascidos e crianças pequenas (CARRARETTO, 2015).

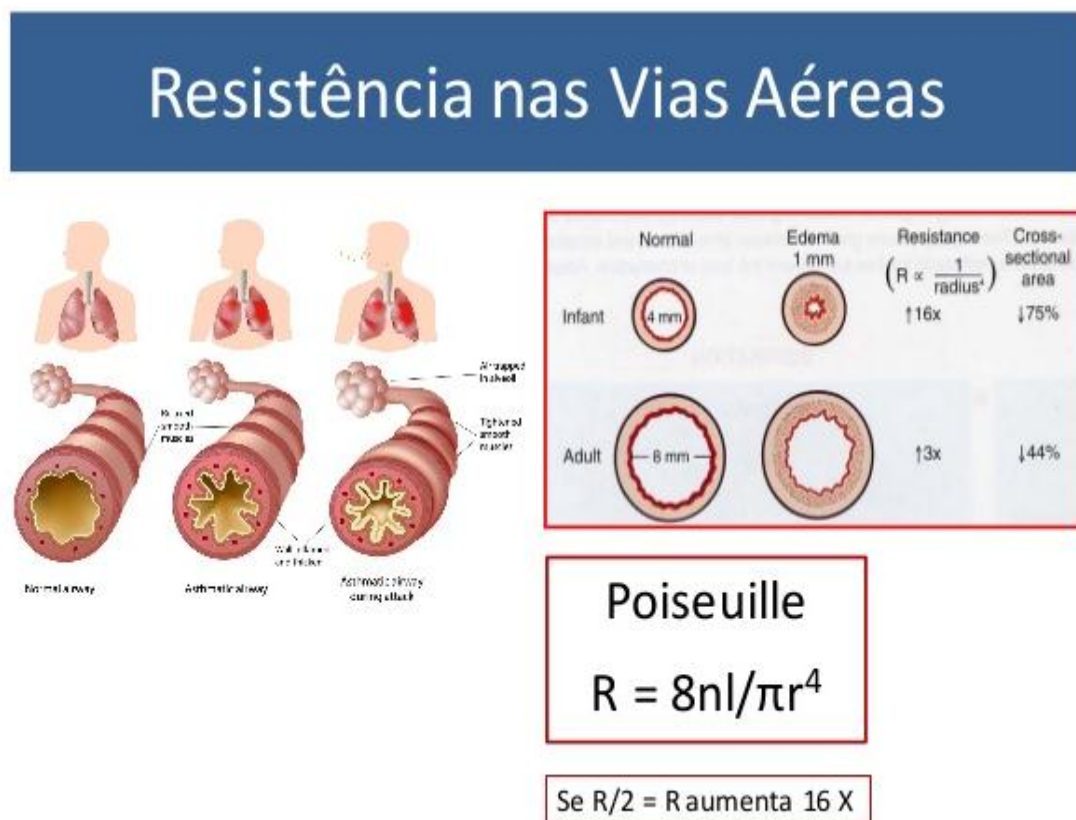


Figura 2 - Resistência das vias aéreas, Lei de Poiseuille

Fonte: Carraretto (2015).

Dentre os grupos suscetíveis a problemas respiratórios ocasionados devido a exposição a poluição do ar; as crianças apresentam uma considerável suscetibilidade, visto que elas apresentam grande ventilação minuto, por conta do metabolismo basal acelerado e à maior atividade física em relação aos adultos (Figura 3). Ademais, as crianças tendem a permanecer mais tempo em ambientes externos que os adultos (ARBEX et al., 2012).

O volume de ar que passa por meio das vias respiratórias da criança em repouso é o dobro daquele nos adultos nas mesmas condições, tomando por base o

peso corporal. Em adendo ao exposto, pode-se explicar o que Arbex et al., (2012) referenda dizendo que “a irritação pelos poluentes que produziria uma débil resposta em adultos pode resultar potencialmente numa significativa obstrução na infância”. Complementarmente, o sistema imunológico ainda não total formado corrobora para um aumento significativo das possibilidades de infecções respiratórias.

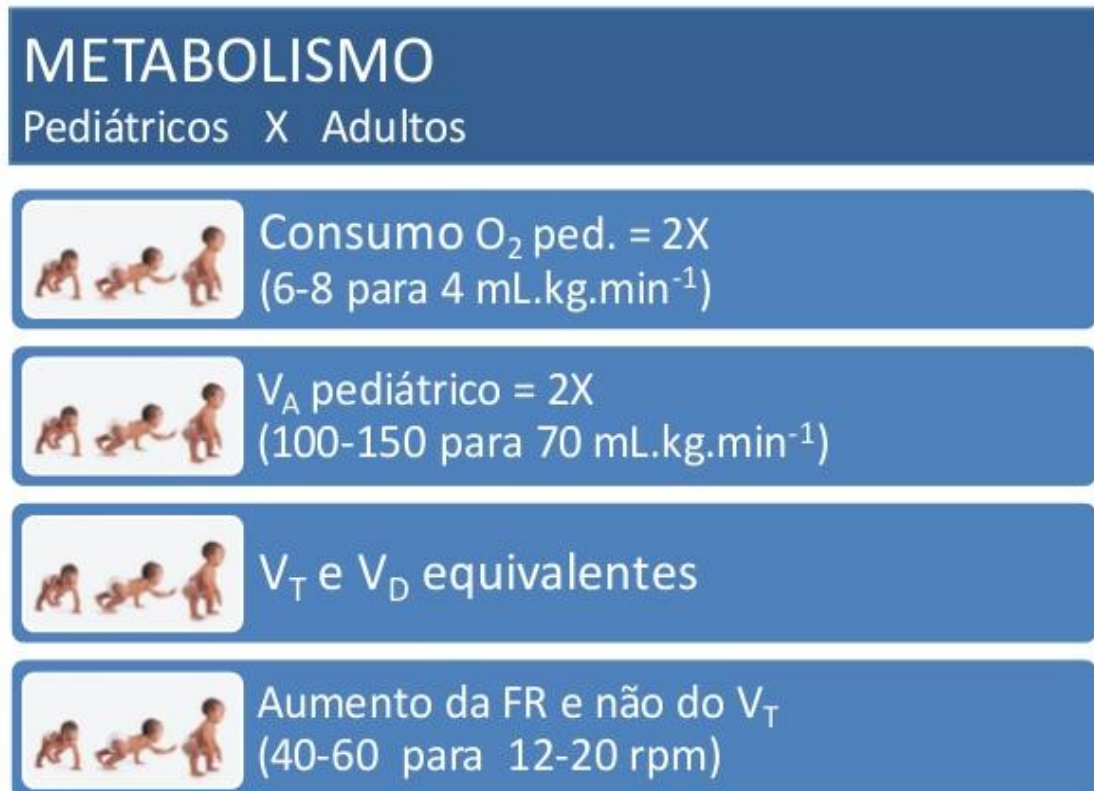


Figura 3 - Comparação do metabolismo da criança versus do adulto
Fonte: Carraretto (2015).

As doenças respiratórias tanto podem ser desenvolvidas quanto fortalecidas pelas variações climáticas. Ademais, o clima frio tem interferência no desencadeamento de problemas respiratórios e cardiovasculares em crianças tais como asma, bronquite, sinusite e afins. Não se pode olvidar para o fato de que a poluição atmosférica é um dos agentes responsáveis pelo desencadeamento das doenças respiratórias. Assim sendo, os efeitos das variáveis meteorológicas na saúde infantil, segundo Cavalcanti (2010), apresentam-se da seguinte forma:

- 1) **Agudos** – apresentam-se tendo um caráter temporário, efeitos imediatos tais como irritação nos olhos, tosse, irritação na vista e até efeitos graves,

como a majoração da mortalidade. A maioria desses efeitos é tida como reversível, ocorrendo sempre quando as condições do tempo são adversas, com o corolário aumento da concentração de poluentes.

- 2) **Crônicos** – possuem uma característica permanente, com sérios prejuízos à saúde das pessoas, causando-lhes incômodos e desconfortos. Dentre seus efeitos tidos como consistentes, pode-se citar que causa uma intoxicação gradativa, causada pela presença de gases tóxicos e partículas em suspensão no ar, provocando infecções das vias respiratórias mais ou menos permanentes tais como asma e bronquite.

A mortalidade infantil evitável é um fator de direcionamento para identificar como as políticas públicas devem ser aplicadas, cuja finalidade é diminuir a incidência das doenças respiratórias (OLIVEIRA, 2010).

1.2 Fontes, Locais de Ação e Fisiopatologia Decorrentes da Poluição do Ar

Os processos industriais e de produção de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades humanas, as maiores causas da inserção de poluentes na atmosfera, que são tóxicos à saúde humana (CETESB, 2014).

As fontes emissoras de poluentes são numerosas, variáveis e podem ser antropogênicas (resultantes das atividades do homem) ou naturais (englobam os fenômenos da natureza) (CETESB, 2015).

A poluição do ar consiste numa mistura de partículas – material particulado (MP) – e gases que são emitidos para a atmosfera, mormente por meio de indústrias, veículos automotivos, termoelétricas, queima de biomassa e combustíveis fósseis. Esses poluentes podem ainda ser classificados como primários e secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente para a atmosfera, e os secundários são resultantes de reações químicas entre os próprios poluentes primários (ARBEX et al., 2012) (Figura 4).

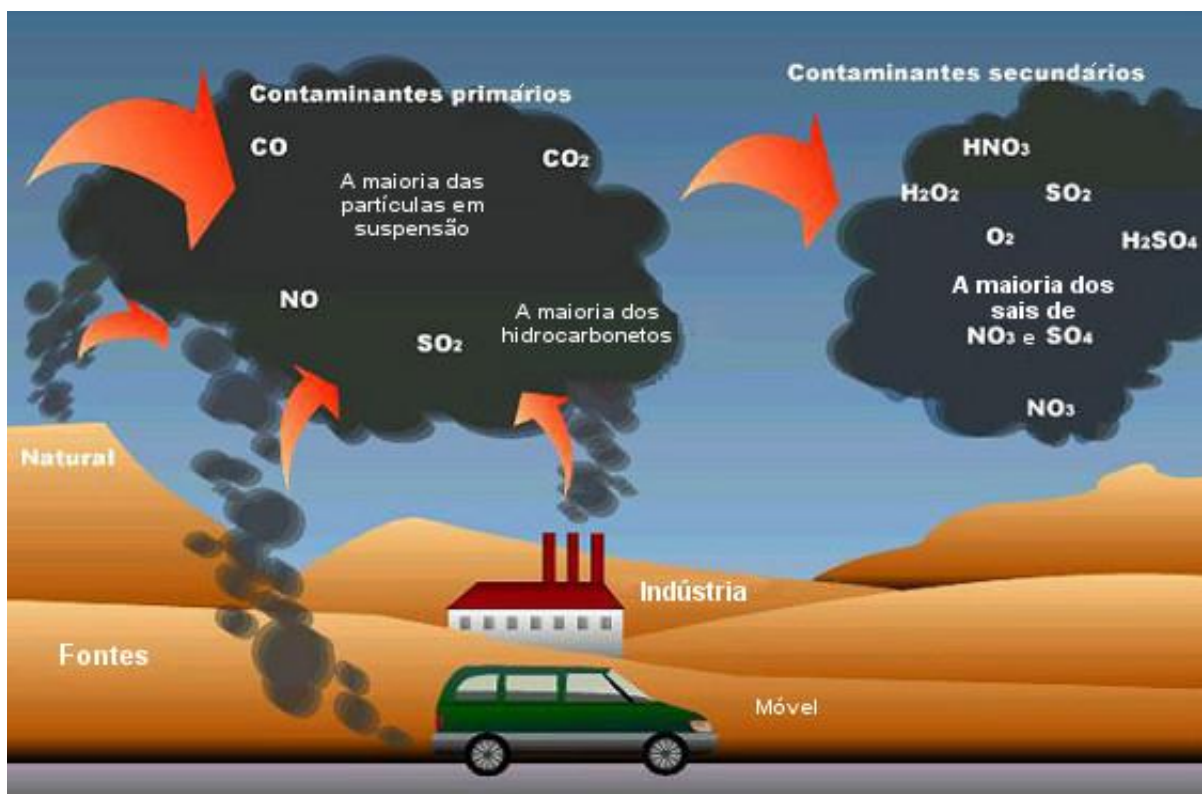


Figura 4 - Fontes de Poluição e poluentes atmosféricos
Fonte: Nóbrega (2014).

Os principais poluentes monitorados no Brasil, e pelas principais agências ambientais em todo o mundo são Óxidos de Nitrogênio (NO_2 ou NO_x), Ozônio (O_3), Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Enxofre (SO_2) (CETESB, 2014).

Os padrões Nacionais de qualidade do ar foram definidos através da Resolução Nº 3 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 1990, o qual definiu os limites aceitáveis de qualidade do ar (Quadro 1).

Na Resolução CONAMA nº 03/90 em seu artigo 4º, informa que o monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados. Essa fiscalização quanto a emissão de poluentes do ar ajuda a evitar os episódios críticos de poluição do ar, gerando informações para cooperar na tomada de decisões pelo gestor público de cada ente federativo. Neste contexto, Nóbrega (2014) aponta que os principais objetivos de uma rede de monitoramento da qualidade do ar são:

- 1) Avaliar a eficácia de ações de controle;
- 2) Criar um supedâneo científico para a geração e priorização de ações de saúde que visem ao controle desses poluentes;

- 3) Avaliar se os níveis de poluição estão atendendo aos padrões legais;
- 4) Informar a sociedade sobre os níveis de poluição do ar;
- 5) Avaliar as tendências da qualidade do ar, viabilizando a identificação de futuras vicissitudes de poluição do ar;
- 6) Comedir os níveis de poluição aos quais a população está exposta e oferecer subsídios para a avaliação dos efeitos da poluição sobre a saúde;
- 7) Comedir o impacto de determinadas fontes;
- 8) Viabilizar informações para o gerenciamento da qualidade do ar, em termos de planejamento de tráfego e uso do solo;
- 9) Identificar as principais fontes poluidoras;
- 10) Elaborar mecanismos para o desenvolvimento e validação de ferramentas de gestão atmosférica (modelos de qualidade do ar, sistemas de informações geográficas, dentre outros);
- 11) Identificar a interferência que pode ocorrer sobre os ecossistemas em geral.

Quadro 1 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de Medição
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
Partículas inaláveis (PM 10)	24 horas ¹	150		Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
Fumaça* (FMC)	24 horas ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365	100	Pararosanilina
	MAA ³	80	40	
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 horas ¹	320	190	Quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
Monóxido de carbono (CO)	1 horas ¹	40000 35 ppm	40000 35 ppm	Infravermelho não dispersivo
	8 horas ¹	10000 9 ppm	10000 9 ppm	
Ozônio (O ₃)	8 horas ¹	160	160	Quimiluminescência

1- Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 - Média geométrica anual. 3 - Média aritmética anual.

Fonte: Relatório CETESB (2014).

O ozônio é tido como um poluente secundário formado a partir da reação química induzida por meio da oxidação fotoquímica dos COVs e do NO₂ na presença de raios ultravioleta advindos da luz solar, o MP é o poluente mais estudado e pode ter origem tanto primária quanto secundária e ele difere quanto ao tamanho, formato, área de superfície, composição química e local de sua produção (CETESB, 2014).

O MP é classificado pelo seu tamanho em partículas totais em suspensão da seguinte forma: as que possuem o diâmetro médio no intervalo de 2,5 a 10 µm (MP_{2,5-10}) e as partículas finas (MP_{2,5}) são as inferiores a 2,5 µm. Nesse contexto, pode-se explanar o que se segue:

O MP é formado por múltiplos constituintes químicos, incluindo um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos, como sulfatos e nitratos, metais de transição sob a forma de óxidos, sais solúveis, compostos orgânicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, e material biológico, como pólen, bactérias, esporos e restos animais (ARBEX et al., 2012, p. 02).

As altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidos nos poluentes ambientais, como MP de diversos tamanhos e composição, e nos gases, como O₃ e óxidos de nitrogênio, em contato com o epitélio respiratório, ocasionam a formação de radicais livres de oxigênio e de nitrogênio que, por corolário, induzem o estresse oxidativo nas vias aéreas. Em outras linhas, uma majoração na presença de radicais livres que não foram neutralizados pelas defesas antioxidantes propicia o começo de uma resposta inflamatória com a liberação de células e mediadores inflamatórios – citocinas, quimiocinas e moléculas de adesão – que atingem a circulação sistêmica. Ocorrido isso, a circulação sistêmica é atingida, ocasionando uma inflamação subclínica com repercussão não somente no sistema respiratório, mas também causando repercussões gerais no corpo (Quadro 2) (ARBEX et al., 2012).

A combustão resulta na emissão de cerca de 21 tipos de poluentes diferentes que são: Material Particulado, Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis, Partículas Inaláveis Finas, Fumaça, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio (O₃) e Oxidantes Fotoquímicos, Hidrocarbonetos, Óxido de Nitrogênio (NO) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Chumbo, Enxofre Reduzido Total e etc. Onde os em maior quantidade gerados por automóveis são: Material Particulado (MP); Dióxido de Enxofre (SO₂); Monóxido de Carbono (CO); Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O₃); Hidrocarbonetos (HC); Óxidos de Nitrogênio (NO_x) (MMA, 2014).

Quadro 2 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana

Poluentes	Fontes	Penetração no Sistema Respiratório	Fisiopatologia
PTS MP10	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta Traqueia, brônquios, bronquíolos	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC (doença pulmonar obstrutiva crônica). Pode ser cancerígeno.
MP2,5 MP0,1	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas termoeletricas	Alvéolos Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea	
O ₃	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NOx) na presença de luz solar. A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NOx são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	É um agente oxidante fotoquímico e muito irritante. Provoca inflamação da mucosa do trato respiratório. Em altas concentrações, irrita os olhos, mucosa nasal e da orofaringe. Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca inflamação e obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios.
NOx, NO ₂	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior, Aumenta a reatividade brônquica e a susceptibilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.

SO ₂	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição
CO	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal

Fonte: Arbex et al., (2012).

Os efeitos dos poluentes sobre a saúde podem ser agudos ou crônicos. Assim sendo, os efeitos agudos se manifestam após um curto espaço de tempo entre a exposição e os efeitos, cuja duração pode ser de horas até dias. Por outro lado, os efeitos crônicos são avaliados geralmente em estudos longitudinais, cuja duração pode durar anos ou, em certos casos, décadas.

Quadro 3 - Efeitos agudos e crônicos dos poluentes sobre o sistema respiratório

Efeitos da exposição aguda (horas e dias após a elevação da poluição)
Aumento da mortalidade Exacerbação dos sintomas em indivíduos com DPOC e asma Aumento da mortalidade por doenças respiratórias Maior frequência de infecções respiratórias agudas Aumento do número de internações hospitalares por pneumonia Aumento da prevalência de sintomas e sinais de irritação nos olhos, narinas e garganta Aumento da prevalência de sintomas respiratórios agudos (sibilância, tosse e expectoração) Necessidade de aumentar a dose de uso de medicamentos Alterações agudas na função pulmonar Aumento do número de consultas médicas, de atendimentos de emergência e de internações Maior taxa de absenteísmo no trabalho e na escola
Efeitos da exposição crônica (anos de exposição crônica)
Aumento da mortalidade por doenças respiratórias Aumento da incidência e prevalência de asma e DPOC Aumento da incidência e mortalidade por câncer de pulmão Aumento da incidência e de mortalidade por pneumonia e influenza Alterações crônicas na função pulmonar Redução crônica do VEF1 (Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo) e CVF (Capacidade Vital Forçada) Menor desenvolvimento pulmonar em crianças e jovens Aumento da prevalência de pessoas com VEF1 abaixo da normalidade Aumento na taxa de declínio do VEF1
Outros efeitos
Recém-nascidos com baixo peso Partos prematuros Alteração no desenvolvimento cognitivo das crianças

Fonte: Arbex et al., (2012).

Estudos epidemiológicos evidenciam que a exposição a poluentes gasosos e MP está correlacionada a maior incidência de sintomas das vias aéreas superiores,

como rinorreia, tosse, obstrução nasal, laringoespasmo e disfunção de cordas vocais, e das vias aéreas inferiores, como tosse, dispneia e sibilância, especialmente em crianças. Em termos fisiológicos, sabe-se que o pulmão é um referencial importante dos efeitos da poluição do ar na população exposta, sendo um preditor objetivo, quantitativo e precoce de morbidade e de mortalidade cardiorrespiratória (ARBEX et al., 2012).

Os poluentes aéreos estão associados com o aumento de visitas aos serviços de emergência e de hospitalização por parte de crianças por crise aguda de asma, bem como o aumento de sintomas respiratórios, sibilos expiratórios e uso de medicação preventiva. De outro modo, a prevalência de asma brônquica tem aumentado particularmente em regiões urbanas densamente industrializadas. Nas comunidades que apresentavam altas concentrações de ozônio, o risco das crianças que praticavam três ou mais esportes a céu aberto em desenvolver asma era 3,3 vezes maior, em comparação com aquelas que não se prostavam tanto a tais condições (ARBEX et al., 2012).

É comum que os efeitos da má qualidade do ar não sejam tão visíveis quando em comparação com outros fatores mais facilmente identificados. Contudo, estudos epidemiológicos têm demonstrado, associação da exposição aos poluentes atmosféricos e os efeitos de morbidade e mortalidade, causadas por problemas respiratórios (asma, bronquite, enfisema pulmonar e câncer de pulmão) e cardiovasculares, mesmo quando as concentrações dos poluentes na atmosfera não ultrapassam os padrões de qualidade do ar vigentes. As populações mais vulneráveis são as crianças, os idosos e as pessoas que já apresentam doenças respiratórias (MMA, 2014).

1.3 A Poluição Atmosférica e as Doenças Respiratórias

Desde a Revolução Industrial, a poluição atmosférica tem se tornado um risco consideravelmente relevante para a saúde humana, em especial nos principais centros urbanos de todo o mundo. Em meados do século XX, medidas passaram a ser adotadas, em vários países, para o controle das emissões de poluentes atmosféricos, a fim de salvaguardar a saúde da população, principalmente a infantil. Mesmo assim, os poluentes atmosféricos continuam ocasionando efeitos deletérios à saúde humana (JASINSKI; PEREIRA; BRAGA, 2011).

Os padrões de morbidade e mortalidade de crianças de até cinco anos de idade com problemas no trato respiratório, bem como com outras doenças, têm sofrido modificações, mormente no que diz respeito a segunda metade do século XX, passando a ser, as doenças respiratórias, a principal causa de mortalidade infantil, em menores de cinco anos (PRATO, 2014).

Jasinski, Pereira e Braga (2011) apontam que as questões como qual ou quais poluentes têm associação mais robusta com os efeitos danosos na saúde infantil ainda não estão completamente esclarecidas. Por outro lado, sabe-se que quanto mais industrializado um espaço for, maiores são os níveis de poluição do ar.

A via aérea é um elo entre nosso meio interno (pulmões) e o meio externo (atmosfera), a qual não é estéril e encontra-se em permanente modificações. Assim, a poluição atmosférica é responsável por alterações na homeostase do nosso organismo, no qual contamos com vários mecanismos de defesa pulmonares: os cílios, que movem a camada fina de muco em direção à boca carregando partículas inaláveis; macrófagos e células polimorfonucleares são capazes de englobar partículas ou patógenos opsonizados por anticorpos IgA; mecanismos reflexos, sendo o mais importante, a tosse que remove material estranho ou infectado das vias aéreas (NELSON, 2006).

As crianças portadoras de asma (Figura 5) são particularmente vulneráveis ao estresse adicional das vias respiratórias, ocasionado por diferentes agentes agressores, como tabagismo que é reconhecido como o mais importante fator para o desenvolvimento da asma, mormente nos grandes centros urbanos. Porém, nos últimos anos, estudos têm demonstrado que, além do tabagismo, os poluentes do ar em ambientes internos e externos têm corroborado para o surgimento dessa doença em crianças. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a asma será a terceira principal causa de morte em 2020 (NASCIMENTO, 2014).

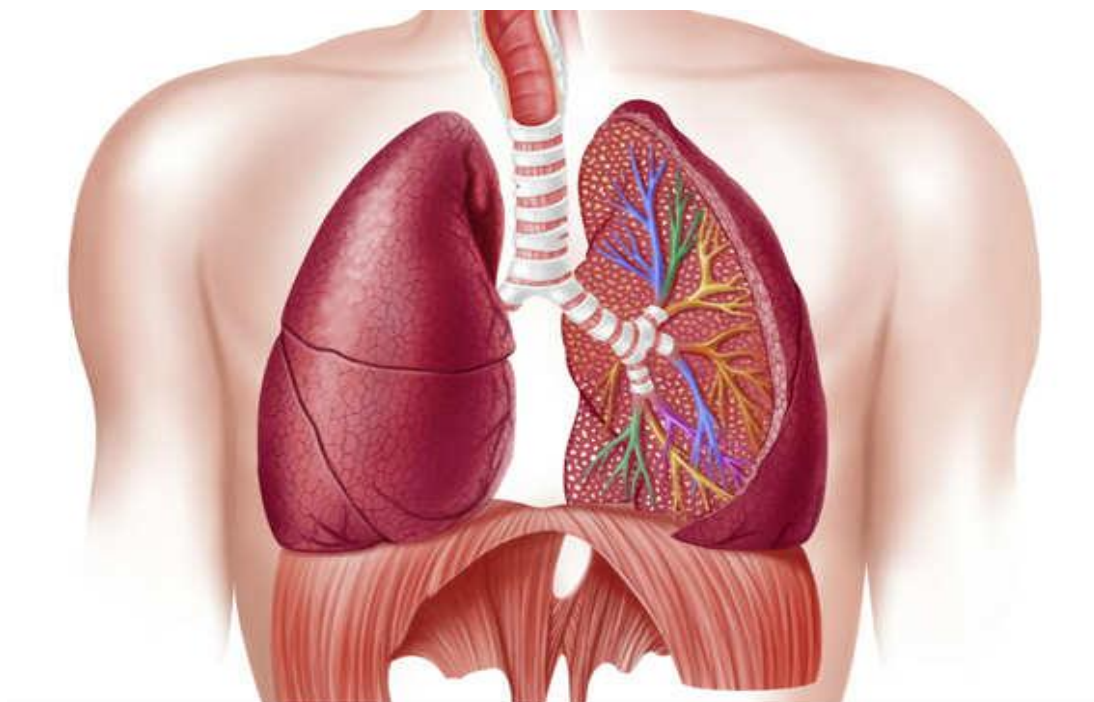


Figura 5 - Figura demonstrativa sobre a ocorrência da asma
Fonte: Nascimento (2014).

Para entender melhor a forma como o processo respiratório acontece e é interferido pela asma, é importante explicar sobre o que se segue:

Quando você respira, entra ar nos seus pulmões através de dois grandes tubos, chamados brônquios. Dentro de seus pulmões, estes tubos criam diversas ramificações, como uma árvore, que terminam em aglomerados de pequenos sacos de ar (alvéolos). Os sacos de ar têm paredes muito finas cheias de pequenos vasos sanguíneos, chamados capilares. O oxigênio do ar que você inala passa para estes vasos sanguíneos e entra na corrente sanguínea. Ao mesmo tempo, o dióxido de carbono - um gás que é produzido durante esse processo - é exalado. Seus pulmões contam com a elasticidade natural dos brônquios e sacos aéreos para forçar o ar para fora do seu corpo - por isso seu peito infla na inspiração e desincha na expiração. A asma faz com que eles percam essa elasticidade, o que deixa um pouco de ar preso em seus pulmões quando você expira (NASCIMENTO, 2014, p. 02).

As inúmeras evidências que indicam que a poluição do ar na sociedade é suficientemente potencial para causar danos à saúde advêm da constante procura por atendimento médico, devido problemas respiratórios em crianças de até cinco anos de idade. Apesar dos constantes esforços para obtenção de um ar menos poluído, os atuais níveis de poluição continuam a se mostrar consideravelmente maléficos para a maioria da população. No Brasil, o Ministério da Saúde tem implantado o programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição

Atmosférica (VIGIAR). Essas ações visam a comedir a demanda por tratamentos contra as doenças respiratórias, bem como quais são os principais agentes patológicos existentes no ar das cidades brasileiras que mais incidem sobre as crianças de zero a cinco anos (GOUVEIA, 2006).

Dentre todas as internações hospitalares pelo SUS em todo o Brasil, as crianças tendem a se internar mais por causa das doenças do aparelho respiratório, em relação aos demais grupos de idade. Isso demanda ações mais específicas para a prevenção desses agravos. Por outro lado, os estudos por hospitalizações em decorrência das causas evitáveis em crianças de um a cinco anos na região Nordeste, nos últimos dez anos, encontraram uma taxa de hospitalização de quase 25% das doenças respiratórias, sendo a maioria por pneumonia. Dentro desse mesmo estudo, a mortalidade infantil evitável foi um fator de direcionamento para identificar como as políticas públicas devem ser aplicadas, com o objetivo de diminuir a incidência dessas doenças respiratórias (OLIVEIRA, 2010).

Em relação aos fatores de risco para as Doenças Respiratórias Agudas (DRA), a literatura médica aponta alguns resultados controversos, cujo risco é observado apenas para certos grupos de DRA, ou para específicos desfechos clínicos. Os principais fatores de risco envolvidos na ocorrência das DRA na infância são aqueles concernentes aos fatores ambientais insalubres, relacionados às condições nutricionais, a existência de doenças pré-existentes na criança entre outros fatores (Figura 6) (MACEDO et al., 2007).

Há uma considerável dificuldade de discriminar quadros de infecções de vias aéreas inferiores de crises asmáticas na prática pediátrica. Em certas ocasiões, torna-se bastante complexo discernir as condições respiratórias agudas entre as lactentes. Dentro deste contexto, pode-se admoestar o que se segue:

[...] não é incomum, que os quadros infecciosos de vias aéreas altas ou baixas, especialmente os virais, sejam responsáveis por exacerbações de asma. Dessa forma, observa-se na literatura uma variedade de expressões na definição das condições respiratórias agudas em lactentes. Expressões como “doença respiratória baixa”, “doença do trato respiratório inferior” ou “doença respiratória baixa sibilante”, “doença respiratória aguda baixa” são vistas com certa frequência (MACEDO et al., 2007, p. 03).

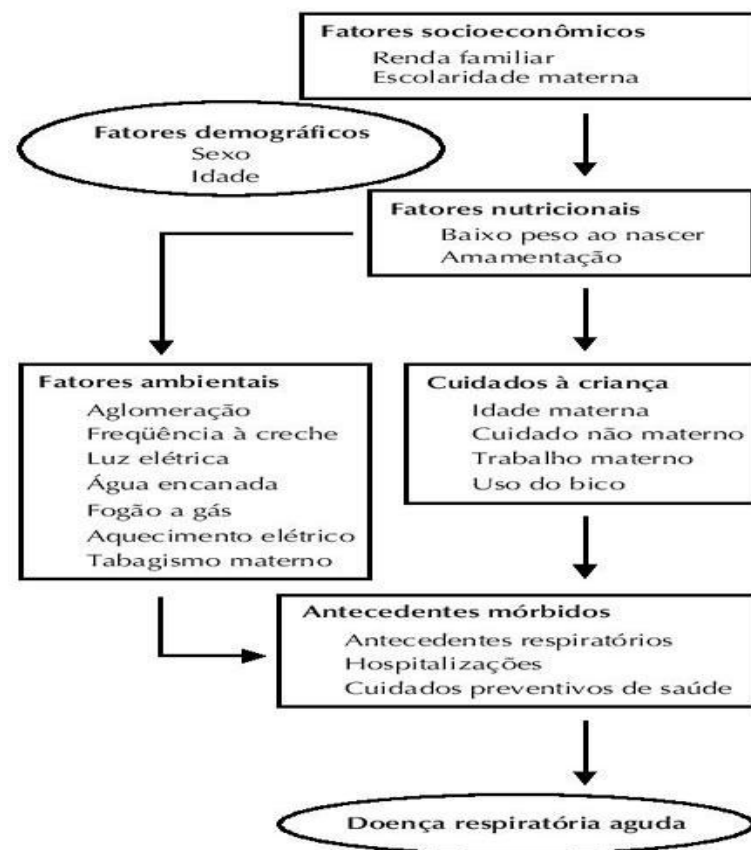


Figura 6 - Modelo Teórico Hierarquizado para Determinação das Doenças Respiratórias Agudas
Fonte: Macedo et al., (2007).

Uma questão que dificulta a real gravidade dos problemas de saúde respiratória sofridas por crianças menores de cinco anos consiste no fato de que uma boa parcela desse grupo não utiliza o serviço público de saúde por optar pelo serviço de saúde privado. Dessa forma, não há como ser contabilizado, perante a visibilidade pública, sobre as estatísticas reais desse quadro clínico. Apesar de bastante expressivo, o número de internações por problemas respiratórios nos grandes centros urbanos do Brasil poderia ser ainda mais expressivo (NÓBREGA, 2014).

1.4 Caracterização das Regiões da Paraíba

A Paraíba é um Estado brasileiro que se encontra na região Nordeste, ocupa uma área de 56.469,466 km², com uma variedade de paisagens naturais, das quais as que possuem maior destaque são: relevo, clima, vegetação e hidrografia. Assim

como a maioria dos Estados nordestinos, a Paraíba possui clima tropical úmido nas áreas litorâneas. Nessas regiões, as chuvas são regulares, com índices pluviométricos relativamente elevados. No entanto, no interior do Estado é identificado o clima semi-árido, com índices pluviométricos baixos e temperaturas que giram em torno dos 26°C, exceto em alguns pontos, nas proximidades do Planalto da Borborema, onde a média é de 24°C (FRANCISCO, 2016).

No tocante aos aspectos econômico, social e político, a Paraíba está dividida em 4 mesorregiões, assim denominadas, de acordo com a classificação estabelecida pelo IBGE.

- **Mata Paraibana (litoral)** – Faixa de clima úmido que acompanha o litoral. A mata que existia foi substituída pela cana-de-açúcar. É a parte mais povoada e mais urbanizada do estado.
- **Agreste Paraibano** – Região de transição entre a zona da mata e a tradicional região do sertão. O clima é semi-árido, embora chova mais do que na Borborema e no sertão. Economia: cana-de-açúcar, algodão, sisal, pecuária.
- **Borborema** - Localiza-se no planalto da Borborema, entre o sertão e o agreste é a região onde as chuvas são mais escassas. Economia: Extração mineral, sisal, algodão, pecuária de caprinos. É principalmente na Borborema que ocorre o fenômeno das secas.
- **Sertão** – É a região da vegetação da caatinga, de clima menos seco que a Borborema, dos rios temporários, da pecuária extensiva de corte e do cultivo do algodão, principal produto cultivado na região.

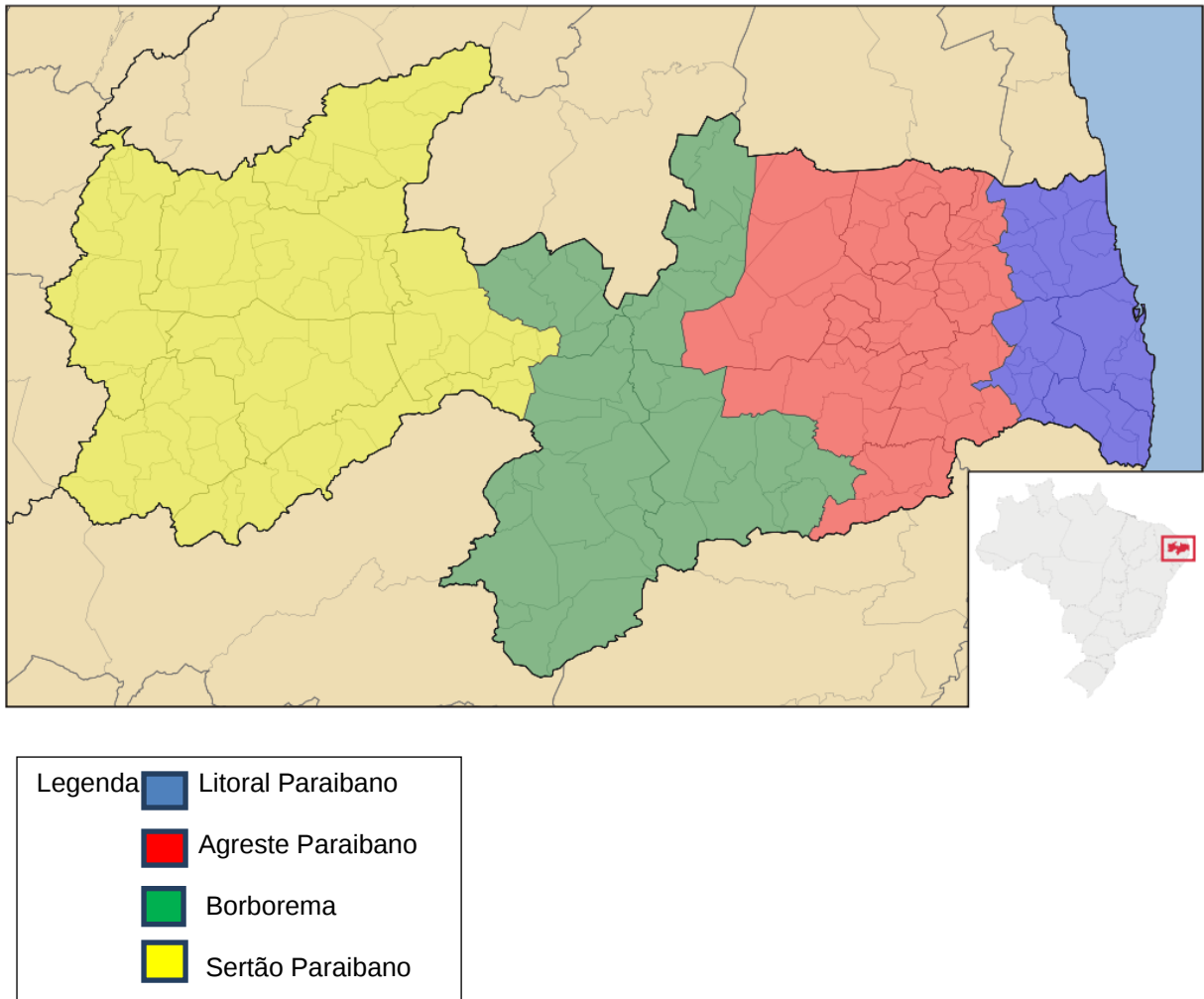


Figura 7- Mapa das regiões da Paraíba
Fonte: IBGE 2000.

1.5 Poluentes do Ar na Capital da Paraíba

Poluente do ar é “Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” de acordo com Resolução CONAMA 03/90.

O controle da qualidade do ar é importantíssimo para a conservação do equilíbrio energético do planeta, visto que sem essa manutenção a vida no planeta poderia se comprometer. Através do conhecimento dos dados de concentração de poluentes no ar e condições meteorológicas locais é possível determinar o nível de

controle, bem como os recursos necessários para atenuar os impactos da poluição do ar no meio ambiente e na saúde humana (CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 2014).

O aumento da frota veicular no município de João Pessoa, capital da Paraíba, cresce diariamente, sem qualquer controle desse crescimento e dos poluentes emitidos por esses veículos. Assim sendo, considerando uma média de 25 km/dia para cada veículo da frota pessoense, o estudo “Qualidade do Ar no Município de João Pessoa” (2014) aponta que a média encontrada para emissão de poluentes apresenta-se da seguinte forma:

- 1) 15.106,2 kg de Monóxido de Carbono (CO);
- 2) 337,6 Kg de material particulado (MP);
- 3) 1.295,3 Kg de hidrocarbonetos (HC).

A concentração de poluentes é função do acúmulo de substâncias emitidas pelas diversas fontes. Assim, outro nível de referência empregado é o limite de emissão. Segundo a Resolução CONAMA 382, sua definição consiste em: “Limite máximo de emissão (LME) - quantidade máxima de poluentes permissível de ser lançada para a atmosfera por fontes fixas”.

Dentre os grandes problemas ocasionados pela emissão de poluentes no ar da cidade de João Pessoa, destaca-se as doenças respiratórias. Dessa forma, a poluição que se concentra nas grandes cidades e capitais tem concentração bem mais elevada, desencadeando sérios prejuízos à saúde da população. No inverno, frequentemente ocorrem dias com baixa umidade do ar e alta concentração de poluentes. Nessas situações mencionadas, é muito comum ocorrerem complicações respiratórias, devido ao ressecamento das mucosas, ocasionando sangramento pelo nariz, ressecamento da pele e irritação dos olhos (CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 2014).

Segundo Quintella (2014), a frota de veículos que emitem poluentes é composta por 36% de caminhões, 13% de ônibus, 40% de automóveis e 3% de motocicletas. Ao contrário do que pode se imaginar, o etanol traz grandes benefícios a sociedade e ao meio ambiente, visto que, apesar de haver um aumento da queima de combustível de 20%, há um decréscimo de 39% na emissão de poluentes. Dessa

maneira, imagina-se que a poluição expelida por indústrias e desmatamentos provoquem danos ao meio ambiente por meio da majoração da poluição do ar em níveis consideravelmente maiores que os vistos pela poluição dos veículos.

Segundo dados fornecidos pela Semam, a poluição atmosférica da capital paraibana ocorre por motivo dos fornos de padarias e de indústrias, queima de lixos em terrenos baldios e as oficinas mecânicas que trabalham com lanternagem e pintura. Durante entrevista ao jornal da Paraíba (2012), o pneumologista Ronaldo Travassos fala que a poluição atmosférica gera ou agrava alterações alérgicas, como bronquite e asma e, em casos mais graves, contribui para a pneumoconiose e o câncer de pulmão. Por outro lado, a Sudema faz controle de emissão de poluentes apenas nas indústrias atualmente, cuja verificação dos níveis de poluição nessas empresas é feita por elas mesmas (JORNAL DA PARAÍBA, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a relação entre poluição atmosférica e internações de crianças menores de cinco anos por doenças respiratórias na Paraíba: contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição do ar.

2.2 Objetivos Específicos

- Construir o mapa de vulnerabilidade por região da Paraíba entre 2009 a 2015;
- Comparar as internações de crianças por doenças respiratórias pelas regiões da Paraíba;
- Comparar os focos de queimadas por região da Paraíba;
- Comparar a quantidade de frota por região da Paraíba;
- Avaliar a distribuição temporal (2009-2015) dos focos de calor detectados na Paraíba;
- Avaliar a distribuição temporal (2009-2015) das hospitalizações por problemas respiratórios em crianças de zero a cinco anos na Paraíba.

3. CASUÍSTICA E MÉTODO

Optou-se pela utilização da cartografia temática para a geração de mapas de vulnerabilidade ao considerar seu potencial como ferramenta intuitiva e de fácil visualização, para comunicar os resultados das avaliações de risco ambiental às partes interessadas.

A utilização correta do método para fins de comunicação do risco é fundamental para o processo de gerenciamento desse risco, de tomada de decisão e de desenvolvimento e implementação de políticas públicas satisfatórias (LAHR; KOOISTRA, 2010).

3.1 Vulnerabilidade e Risco

Todas as atividades humanas possuem certo nível de risco. O risco pode ser definido como sendo a probabilidade de dano ou os efeitos adversos provocados a um sistema devido à exposição ao perigo. Por essa razão, que se faz necessário identificar e classificar o risco para determinar se o nível de risco apresentado é aceitável ou necessita ser reduzido. Para poder avaliar os graus de risco, torna-se necessário conhecer os perigos associados a ele. Pode-se definir perigo como sendo uma fonte potencial de danos, podendo ser uma situação, um agente ou um elemento. O resultado final do risco em um sistema depende da sua vulnerabilidade, que pode ser definida como sendo a suscetibilidade de um sistema ser afetada por um certo nível de risco (FLORES et al., 2012).

O grau de vulnerabilidade em um sistema não é fixo, sendo que depende do sistema atualizado, com diferentes sistemas apresentando diferentes graus de vulnerabilidade para o mesmo grau de perigo. A vulnerabilidade de um sistema está correlacionada a uma escala de espaço e tempo. Torna-se importante na análise, conhecer como os riscos e vulnerabilidades mudam no curto e longo espaço de tempo e como afetam a efetividade das ações tomadas para reduzir ou eliminar o risco (FLORES et al., 2012).

A metodologia usada para uma análise de risco e vulnerabilidade deve ser adaptada para as características especiais de cada caso, e levar em conta a quantidade e qualidade das informações disponíveis, bem como a possibilidade de

ser representado espacialmente. Na maioria dos casos, torna-se desejável a utilização de uma metodologia específica para a análise do caso. No estudo em questão, foi necessária a construção de um método para analisar os riscos à saúde associados à poluição atmosférica, devido a não disponibilidade de dados disponíveis para a medição de poluição e a necessidade dos órgãos públicos serem capaz de elaborar as políticas públicas de controle à poluição.

3.2 Comunicação do Índice de Risco

A comunicação do risco é algo desafiador, especialmente quando os dados se referem a residentes e usuários de uma área particular. Sendo que cientistas e não cientistas classificam os riscos de maneiras diferentes, sendo o público, na grande maioria das vezes, incrédulo das chamadas “ameaças invisíveis” como radiação, doenças infecciosas e poluentes ambientais (LAHR; KOOISTRA, 2010).

Existem muitos fatores que influenciam na percepção do risco a saber: tipo de percepção de risco e dimensões sociais do risco. E para cada indivíduo, existe a influência de fatores comportamentais e de personalidade. Portanto, especial atenção deve ser dada à comunicação do risco. A comunicação do risco é um processo de duas vias, sendo necessário que todos envolvidos no projeto (*stakeholder*) e o público em geral participem, tendendo a uma maior consciência e aceitação do risco, assim como um maior consentimento das estratégias de administração do risco. Para a comunicação de mapas de risco, torna-se quase mandatório a utilização de Sistemas de Gerenciamento da Informação (SIG) para a resolução de possíveis conflitos (LAHR; KOOISTRA, 2010).

Estudo analítico e descritivo da distribuição espacial das áreas vulneráveis em relação a dados socioeconômicos, dados sobre informações de saúde e fontes poluidoras. As tabulações e análises dos dados foram realizadas para o estado da Paraíba.

Para o estudo descritivo, considerou-se os dados socioeconômicos do censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e uma série histórica de 2009 a 2015 para os dados de saúde (*morbidade das doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos*) do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) e referentes aos anos de 2009 a 2015. Foram

consideradas como doenças respiratórias classificadas no CID-10 Capítulo X (J00-J99), foco de queimadas e frota veicular.

Os dados foram tabulados com o auxílio das planilhas do Microsoft Excel e do Tabwin.

A construção e uso de índices de risco ambiental e poluição do ar tem sido documentada na literatura: Sicarde et al., (2012), Wong et al., (2013), El-Harbawi (2013), Ahmadi et al., (2015), Lokys, Junk e Krein (2014), Chen et al., (2013), Li et al., (2015), Perlmutter, Stieb e Cromar (2015), Szyszkowicz (2015), Sicard et al., (2011). Cada índice está associado com diferentes fontes de risco, informações disponíveis, usuários do índice, níveis de risco e ecossistemas, todos objetivando prover informação no processo de tomada de decisão, buscando reduzir os riscos associados a uma ação ou processo.

Buscando identificar as zonas de risco ambiental e devido à falta de dados disponíveis, tornou-se necessário a construção de um método baseado nos índices de riscos e vulnerabilidade. O primeiro passo foi a identificação das variáveis que influenciariam na população.

Neste estágio, torna-se importante evitar a superparametrização das variáveis, pois tende a aumentar os custos de aplicação e desencoraja a implementação pelos potenciais usuários. Torna-se uma boa estratégia, utilizar os dados indisponíveis (FLORES et al., 2012).

Para a construção desta metodologia simplificada de mapa de risco foi considerado os seguintes indicadores: população, número de internação por doenças respiratórias, taxa de morbidade, número de frota veicular e números de queimadas, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição das variáveis

Variável	Fonte Principal	Descrição
População	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS	População residente no Brasil. Dados coletados e agrupados pelos Censos de 1980, 1991, 2000 e 2010, Contagem (1996) e projeções intercensitários (1981 a 2012), segundo faixa etária, sexo e situação de domicílio.
Número de internação por doenças respiratórias	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS	Número de internação ocorridos em crianças no ano 2009 a 2015 estratificado no Capítulo do CID 10 - Doenças do Aparelho Respiratório
Número de frota veicular	Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN	Número total de veículos do ano de 2009 a 2015 movidos por motor a combustão.
Número de queimadas	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE	Número de emissões de um material em chamas que emite energia na faixa termal-média de 3,7 mm a 4,1mm do espectro ótico.

Após a coleta e compilação dos dados, foi realizada a análise dos indicadores a partir do percentil, sendo divididos em quatro faixas a saber: Muito Baixo, Baixo, Médio e Alto. Por fim, foi atribuído um escore para cada faixa.

Os valores das variáveis foram dispostos em ordem crescente. Em seguida foi calculado o quartil sendo que no método de quartil a classificação segue da seguinte forma: o primeiro quartil (Q1) é formado por 25% do número de municípios, o segundo quartil (Q2) por 50%, o terceiro (Q3) por 75% e o quarto (Q4) por 100%, independentemente do valor das variáveis, ou seja, municípios com o mesmo valor de determinada variável podem estar em quartis diferentes. Para melhorar a classificação e definir o grau de vulnerabilidade dos municípios, considerando as variáveis, foram estabelecidos pesos de 1 a 4, sendo que o peso 1 foi atribuído ao menor grau de vulnerabilidade (muito baixa) e o peso 4 ao maior grau (alta). Os pesos intermediários 2 e 3 foram classificados em baixa e média vulnerabilidade, respectivamente. O peso 1 corresponde aos municípios que possuem valores menores ou iguais ao valor máximo do primeiro quartil ($\leq Q1$); o peso 2 corresponde aos municípios com valores maiores que o valor máximo do primeiro quartil e menores ou iguais ao valor máximo do segundo quartil ($Q1 >$ ou $\leq Q2$); o peso 3 corresponde aos municípios com valores maiores que o valor máximo do segundo quartil e menores ou iguais ao valor máximo do terceiro quartil ($Q2 >$ ou $\leq Q3$); o peso 4 corresponde aos municípios com valores maiores que o valor máximo do

terceiro quartil ($>Q_3$). Nos casos em que o valor máximo do terceiro quartil coincidiu com o valor máximo do quarto quartil, considerou-se o peso 3 correspondentes aos municípios com valores maiores que Q_2 e menores que Q_3 e o peso 4 aos municípios com valores maiores ou iguais ao Q_3 .

Esse sistema de classificação foi aplicado para cada variável, depois para cada grupo de variáveis e para obter a risco total, considerando os três grupos citados. Após a classificação, foi elaborado o mapa de risco no Tabwin 32.

3.3 Análise Estatística

Foi realizada a análise descritiva de todas as variáveis do estudo. As variáveis quantitativas foram apresentadas em termos de seus valores de tendência central e de dispersão e as variáveis qualitativas em termos de seus valores absolutos e relativos (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Para se avaliar a associação entre as variáveis qualitativas foi utilizado o teste de Qui-quadrado (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Para as variáveis quantitativas foi utilizado os testes de Kruskal-Wallis e de comparações múltiplas de Dunn, pois as variáveis não apresentaram distribuição normal (Teste de Kolmogorov-smirnov) e nem variâncias homogêneas (Teste de Levene) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

O nível de significância foi de 5%.

Pacote estatístico utilizado foi o SPSS 17.0 for Windows.

4. RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (pelo teste do Qui-quadrado). No ano de 2009 com $p=0,008$ ($p<0,05$), onde a região do sertão apresentou risco médio a alto.

Tabela 1 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2009

						Nível de significância ^s
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_ 2009						
Baixo	Nº	5	23	26	19	
	%	16,7%	35,4%	57,8%	23,2%	
Médio	Nº	8	17	9	26	0,008
	%	26,7%	26,2%	20%	31,7%	
Médio alto	Nº	15	23	10	32	
	%	50,0%	35,4%	22,2%	39%	
Alto	Nº	2	2	0	5	
	%	6,7%	3,1%	0%	6,1%	

^s: Teste de Qui-quadrado

Tabela 2 – Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2009

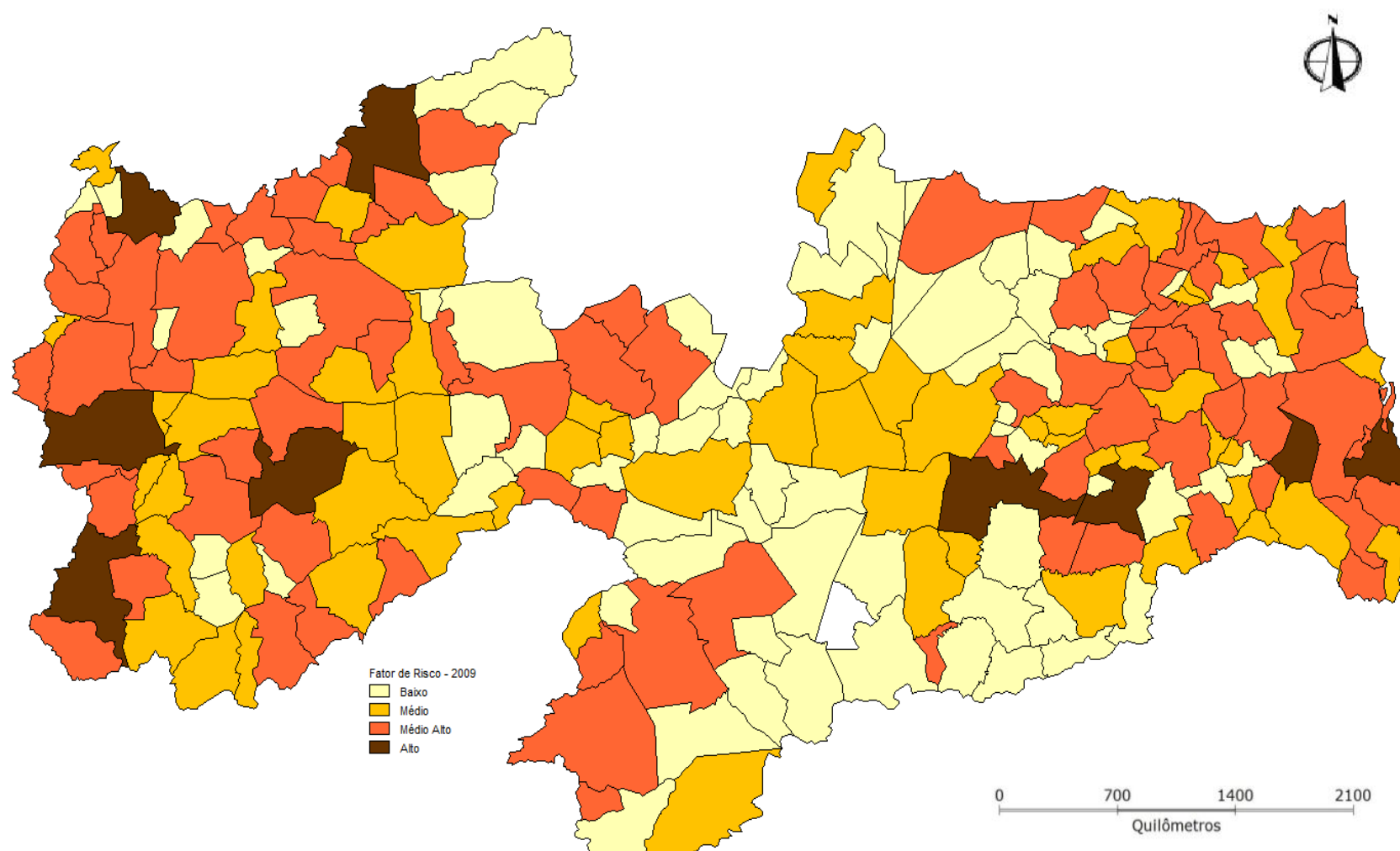
2009	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Média (dp)	36,23 (21,16)	33,53(29,88)	28,18(18,54)	27,66(21,35)	0,007
Mínimo-máximo	7,42 - 90,91	3,04 -132,18	0-89,62	5,02-105,83	
Frota					
Média (dp)	8385,80 (37201,86)	2707,05(12648,19)	979,84(2408,05)	1711,48(3773,49)	0,017
Mínimo-máximo	93 - 204679	108 - 102279	101- 155358	87-24732	
Queimadas					
Média (dp)	17,07 (23,95)	3,65(4,57)	5,33(11,93)	31,66(31,91)	<0,001
Mínimo-máximo	0-118	0-22	0-64	0-134	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2009, pelo teste de Kruskal – Wallis, temos uma taxa de internação com $p=0,007$ e frota com $p= 0,017$ e portanto, aceitamos a hipótese nula por não haver significância. Já com relação as queimadas, $p<0,001$ temos que a distribuição não é a mesma entre as categorias do grupo.

Com relação a taxa de internação em 2009, observa-se pelo teste de comparação múltiplas de Dunn que a região do litoral difere do sertão ($p<0,05$), com relação a frota, a região do litoral difere da Borborema ($p=0,04$) e do sertão ($p=0,04$), já para a variável queimadas, o litoral difere de todas as demais regiões.

Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade para 2009



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2009 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo no sertão os riscos mais altos.

Tabela 3 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2010

						Nível de significância [§]
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_2010						
Baixo	Nº	9	50	29	21	
	%	30,0%	76,9%	64,4%	25,6%	
Médio	Nº	8	14	10	27	<0,001
	%	26,7%	21,5%	22,2%	32,9%	
Médio alto	Nº	12	1	6	33	
	%	40%	1,5%	13,3%	40,2%	
Alto	Nº	1	0	0	1	
	%	3,3%	0,0%	0,0%	1,2%	

[§]: Teste de Qui-quadrado

A tabela 3 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (teste de Qui-quadrado). No ano de 2010, com $p < 0,001$ ($p < 0,05$), onde a região do sertão apresentou risco médio a alto.

Tabela 4 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2010

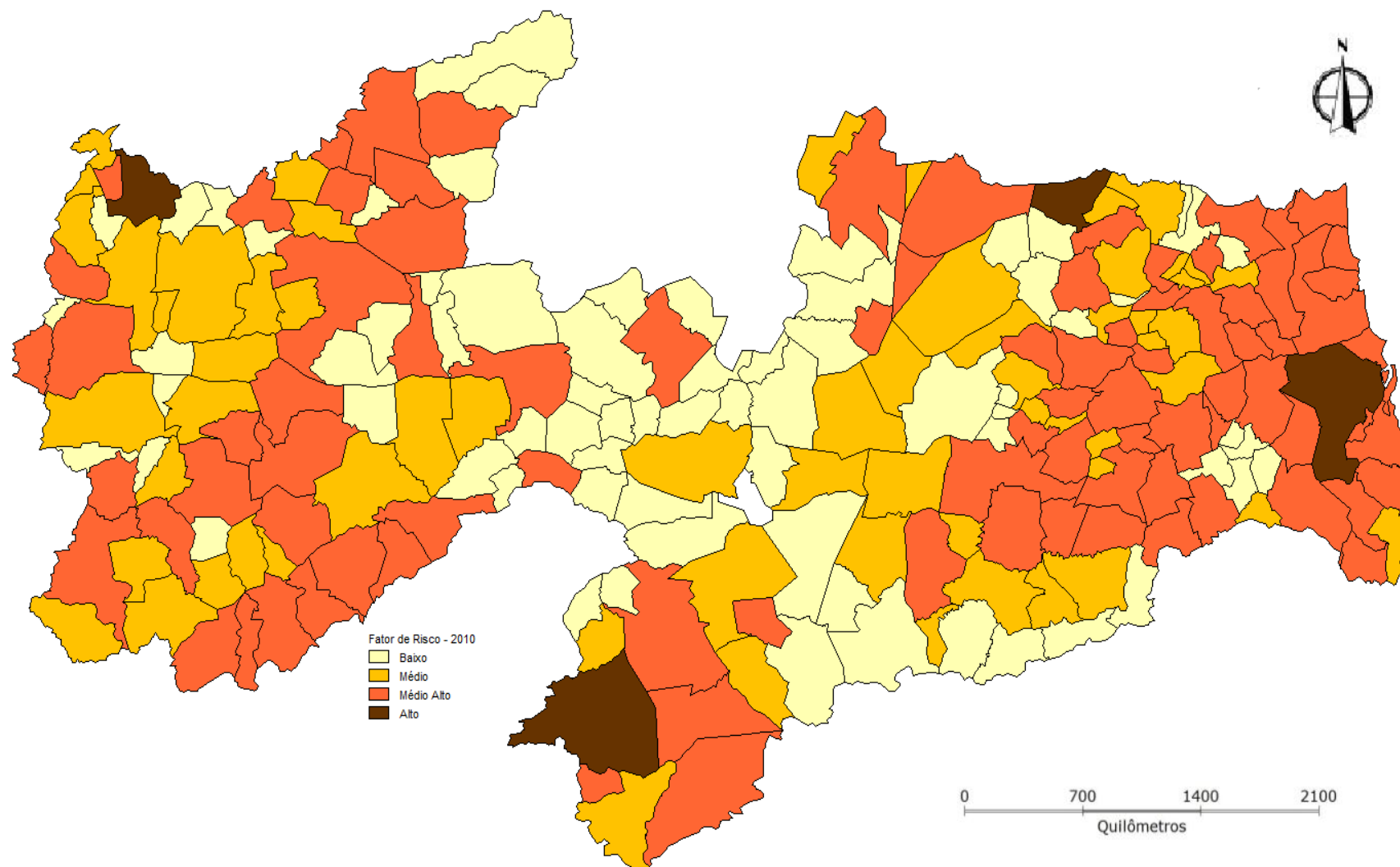
2010	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	34,04(19,09)	37,65(22,86)	25,73(21,10)	21,21(19,00)	<0,001
Mínimo-máximo	3,91-94,02	4,10-156,81	0-96,05	0-123,32	
Frota					
Media (dp)	2824,73(4827,75)	3062,31(13969,01)	1488,29(3003,81)	4217,45(25617,13)	<0,001
Mínimo-máximo	158-18707	135-113010	104-18197	133-230820	
Queimadas					
Media (dp)	23,40(31,74)	2,38(3,26)	5,58(11,81)	18,70(20,88)	<0,001
Mínimo-máximo	0-150	0-14	0-56	0-103	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2010, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2010, pelo teste de comparação múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação a região do sertão difere do agreste ($p < 0,05$) e do litoral ($p < 0,01$), e o agreste difere da Borborema ($p = 0,03$). Com relação a frota apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Já para a variável queimadas, observa-se que as regiões do litoral e sertão apresentam maior nível de queimadas do que as outras regiões ($p < 0,05$).

Figura 9 - Mapa de vulnerabilidade para 2010



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2010 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo no litoral, os riscos mais altos.

Tabela 5 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2011

						Nível de significância ^{\$}
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_2011						
Baixo	Nº	5	29	22	18	
	%	16,7%	44,6%	48,9%	22,0%	
Médio	Nº	7	28	12	43	<0,001
	%	23,3%	43,1%	26,7%	52,4%	
Médio alto	Nº	17	8	10	21	
	%	56,7%	12,3%	22,2%	25,6%	
Alto	Nº	1	0	1	0	
	%	3,3%	0%	2,2%	0%	

^{\$}: Teste de Qui-quadrado

A tabela 5 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (teste do Qui-quadrado). No ano de 2011 com $p < 0,001$ ($p < 0,05$), onde a região do sertão apresentou risco médio.

Tabela 6 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2011

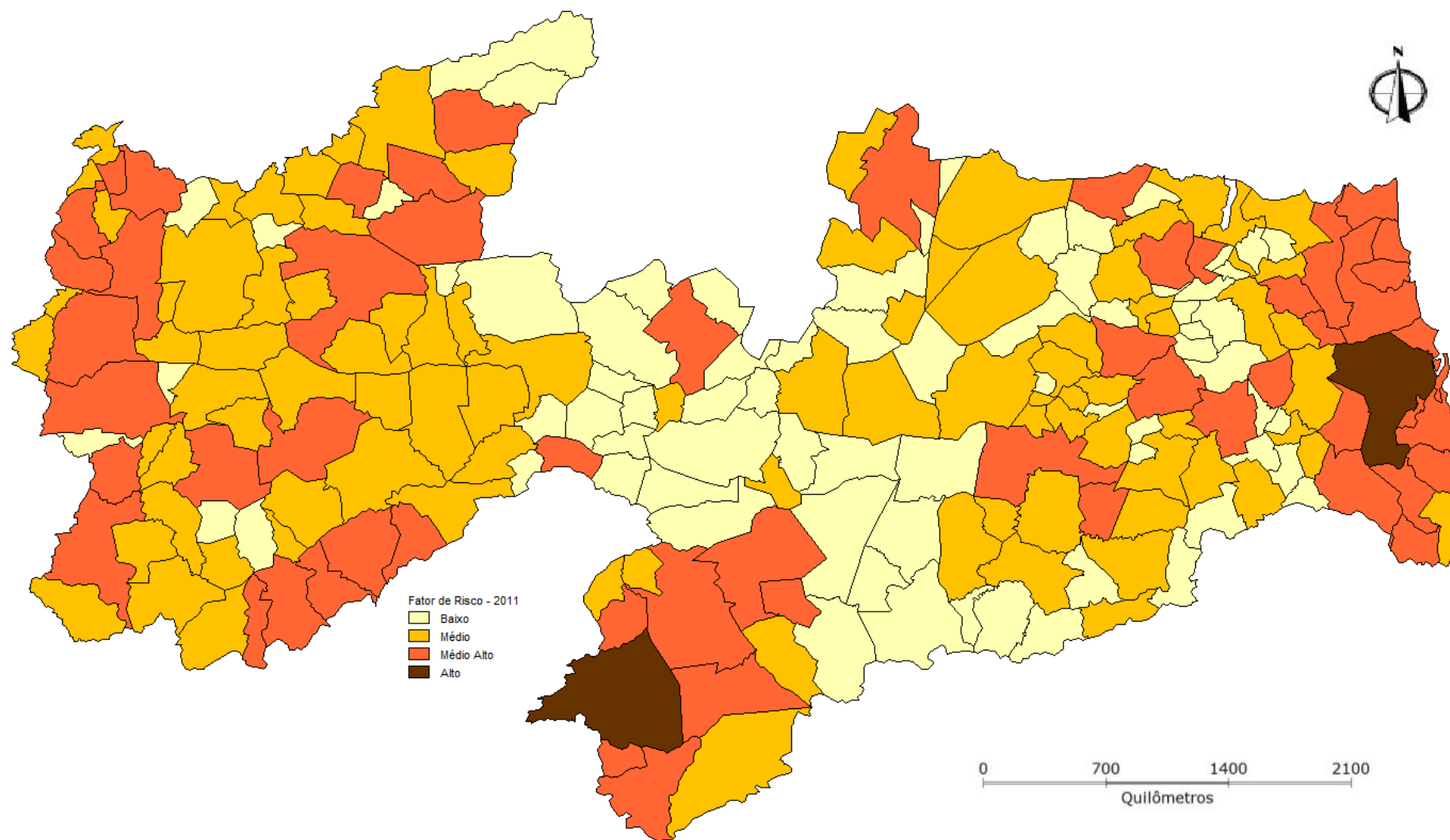
2011	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	31,17(17,38)	18,97(12,74)	24,1583(23,76)	21,9676(17,72)	<0,001
Mínimo-máximo	0-69,17	0-76,34	0-124,29	0-112,11	
Frota					
Media (dp)	3308,53(5652,97)	3453,45(15291,63)	1737,36(3329,81)	4754,94(28458,53)	<0,001
Mínimo-máximo	199-22490	169-123747	132-19812	164-256381	
Queimadas					
Media (dp)	19,27(32,01)	1,29(1,72)	5,60(18,37)	18,94(20,88)	<0,001
Mínimo-máximo	0-149	0-9	0-121	0-80	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2011, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2011, pelo teste de comparação múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação, a região do litoral difere do agreste ($p<0,05$) e do sertão ($p=0,01$). Com relação a frota apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Já para a variável queimadas, observa-se que as regiões do litoral e sertão apresentam maior nível de queimadas do que as outras regiões ($p<0,05$).

Figura 10 - Mapa de vulnerabilidade para 2011.



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2011 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo no litoral, os riscos mais altos.

Tabela 7 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2012

						Nível de significância ^s
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_2012						
Baixo	Nº	3	28	22	21	
	%	10%	43,1%	48,9%	25,6%	
Médio	Nº	3	15	12	29	<0,001
	%	10%	23,1%	26,7%	35,4%	
Médio alto	Nº	22	21	9	29	
	%	73,3%	32,3%	20%	35,4%	
Alto	Nº	2	1	2	3	
	%	6,7%	1,5%	4,4%	3,7%	

^s: Teste de Qui-quadrado

A tabela 7 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (pelo teste do Qui-quadrado). No ano de 2012 com $p < 0,001$ ($p < 0,05$), onde a região do sertão apresentou risco médio e médio a alto.

Tabela 8 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2012

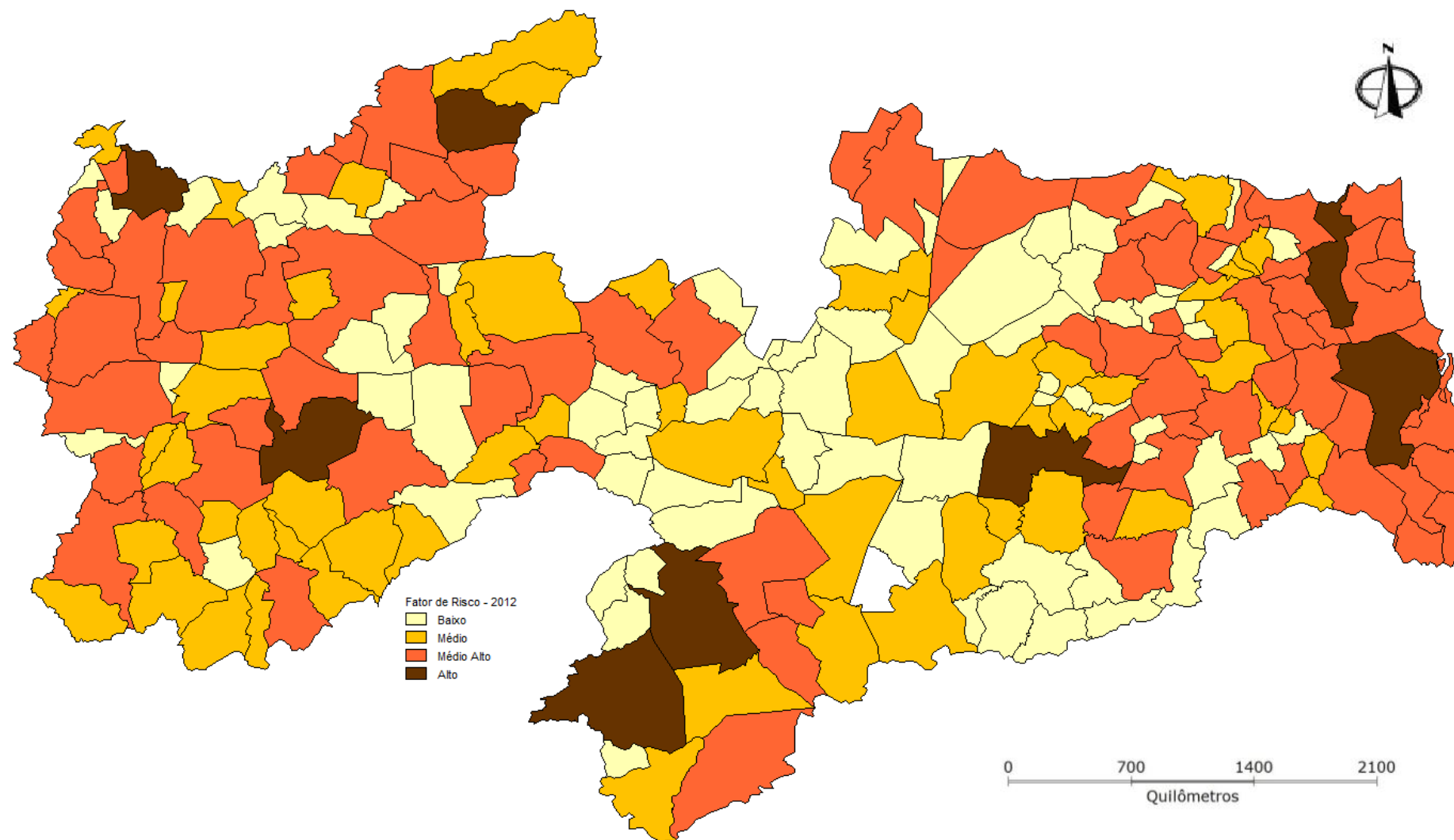
2012	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	26,84(13,68)	16,68(12,35)	16,17(11,77)	13,48(16,93)	<0,001
Mínimo-máximo	6,38-57,25	1,15-81,16	0-57,48	0-108,89	
Frota					
Media (dp)	3676,20(614 0,83)	3824,37(1649 2,60)	1969,11(367 2,81)	5228,59(3091 6,06)	<0,001
Mínimo-máximo	221-24662	205-133515	150-21594	184-278565	
Queimadas					
Media (dp)	23,87(36,12)	2,48(3,35)	6,16(14,95)	21,78(23,15)	<0,001
Mínimo-máximo	0-169	0-15	0-85	0-112	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2012, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2012, pelo teste de comparação múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação o litoral apresenta taxas maiores que as demais regiões ($p < 0,05$). Com relação a frota apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Já para a variável queimadas, observa-se que as regiões do litoral e sertão apresentam maior nível de queimadas do que as outras regiões ($p < 0,05$).

Figura 11 - Mapa de vulnerabilidade para 2012



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2012 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo um crescimento no sertão dos riscos mais altos.

Tabela 9 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2013

						Nível de significância ^{\$}
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore _2013						
Baixo	Nº	6	19	18	25	
	%	20,0%	29,2%	40%	30,5%	
Médio	Nº	4	22	15	24	0,041
	%	13,3%	33,8%	33,3%	29,3%	
Médio alto	Nº	17	24	11	30	
	%	56,7%	36,9%	24,4%	36,6%	
Alto	Nº	3	0	1	3	
	%	10%	0,0%	2,2%	3,7%	

^{\$}: Teste de Qui-quadrado

A tabela 9 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (pelo teste do Qui-quadrado). No ano de 2013 com $p=0,041(p<0,05)$, onde a região do sertão apresentou risco médio a alto.

Tabela 10 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2013

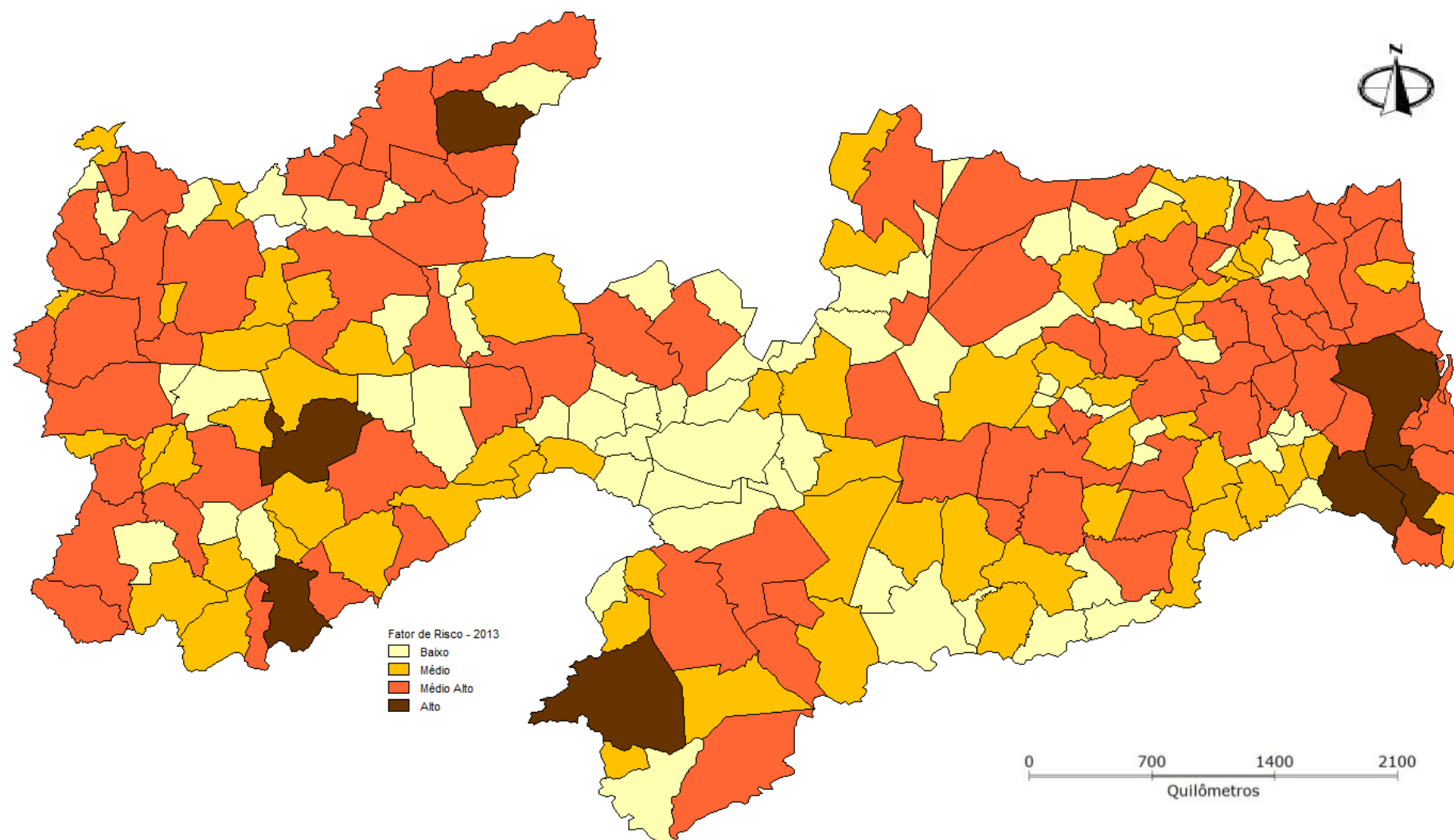
2013	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	231,63(122,50)	202,79(143,71)	176,31(121,30)	139,88(168,63)	<0,001
Mínimo-máximo	38,68-559,33	31,10-859,70	0-446,33	0-1244,44	
Frota					
Media (dp)	4064,00(6687,68)	4172,88(17569,03)	2188,38(4029,57)	5665,04(33162,54)	<0,001
Mínimo-máximo	237-27140	243-142277	173-23541	192-298796	
Queimadas					
Media (dp)	13,00(20,45)	3,09(4,17)	7,16(12,82)	13,51(13,10)	<0,001
Mínimo-máximo	0-97	0-16	0-60	0-78	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2013, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2013, pelo teste de comparação múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação o sertão apresenta taxas maiores que as regiões do litoral ($p < 0,05$) e agreste ($p = 0,01$). Com relação a frota apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Já para a variável queimadas, observa-se que as regiões do litoral e sertão apresentam maior nível de queimadas do que as outras regiões ($p < 0,05$).

Figura 12 - Mapa de vulnerabilidade para 2013



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2013 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo no sertão e no litoral, os riscos mais altos.

Tabela 11 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2014

						Nível de significância ^s
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_2014						
Baixo	Nº	4	23	20	23	
	%	13,3%	35,4%	44,4%	28,0%	
Médio	Nº	8	15	11	27	0,087
	%	26,7%	23,1%	24,4%	32,9%	
Médio alto	Nº	15	26	13	30	
	%	50,0%	40,0%	28,9%	36,6%	
Alto	Nº	3	1	1	2	
	%	10,0%	1,5%	2,2%	2,4%	

^s: Teste de Qui-quadrado

A tabela 11 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que não há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (pelo teste do Qui-quadrado). No ano de 2014 apresentou $p=0,087$.

Tabela 12 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2014

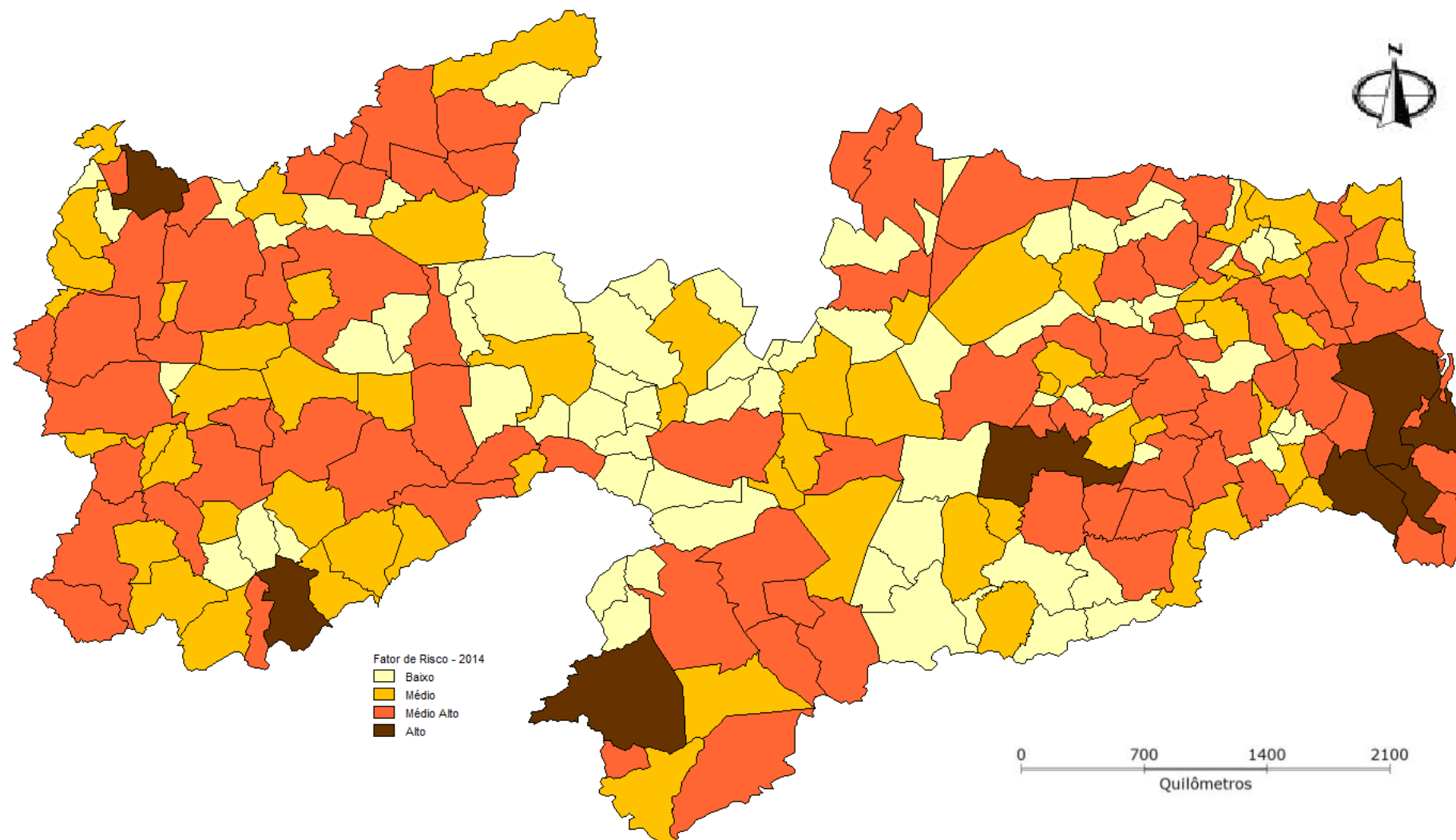
2014	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	17,54(9,02)	21,29(14,38)	17,87(11,09)	14,86(15,05)	<0,001
Mínimo-máximo	2,00-36,75	0-83,22	0-51,90	0-106,67	
Frota					
Media (dp)	4465,03(724 1,51)	4499,58(1851 4,44)	2403,16(437 5,31)	6076,67(3521 7,00)	<0,001
Mínimo-máximo	264-29831	280-149975	185-25463	207-317343	
Queimadas					
Media (dp)	11,80(15,002)	2,17(3,61)	2,51(6,86)	14,66(18,42)	<0,001
Mínimo-máximo	0-65	0-17	0-44	0-97	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2014, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2014, pelo teste de comparação múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação, a região do agreste apresenta taxas maiores do que a região do sertão ($p < 0,05$), com relação a frota de 2014, apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Já para a variável queimadas, observa-se que as regiões do litoral e sertão apresentam maior nível de queimadas do que as outras regiões ($p < 0,05$).

Figura 13 - Mapa de vulnerabilidade para 2014



O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2014 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Ocorrendo no litoral os riscos mais altos.

Tabela 13 - Análise descritiva do escore de risco por região para o ano de 2015

						Nível de significância ^{\$}
		LITORAL	AGRESTE	BORBOREMA	SERTÃO	
Escore_2015						
Baixo	Nº	3	19	23	22	
	%	10,0%	29,2%	51,1%	26,8%	
Médio	Nº	4	20	12	26	0,001
	%	13,3%	30,8%	26,7%	31,7%	
Médio alto	Nº	22	26	10	33	
	%	73,3%	40,0%	22,2%	40,2%	
Alto	Nº	1	0	0	1	
	%	3,3%	0,0%	0,0%	1,2%	

^{\$}: Teste de Qui-quadrado

A tabela 13 apresenta a análise descritiva do escore de classificação de risco por região da Paraíba. Observa-se que há uma associação entre a classificação de risco e as regiões (pelo teste do Qui-quadrado). No ano de 2015 com $p=0,001$ ($p<0,05$), onde a região do sertão apresentou risco médio a alto.

Tabela 14 - Análise descritiva da taxa de internação, frota veicular e queimadas por região para o ano de 2015

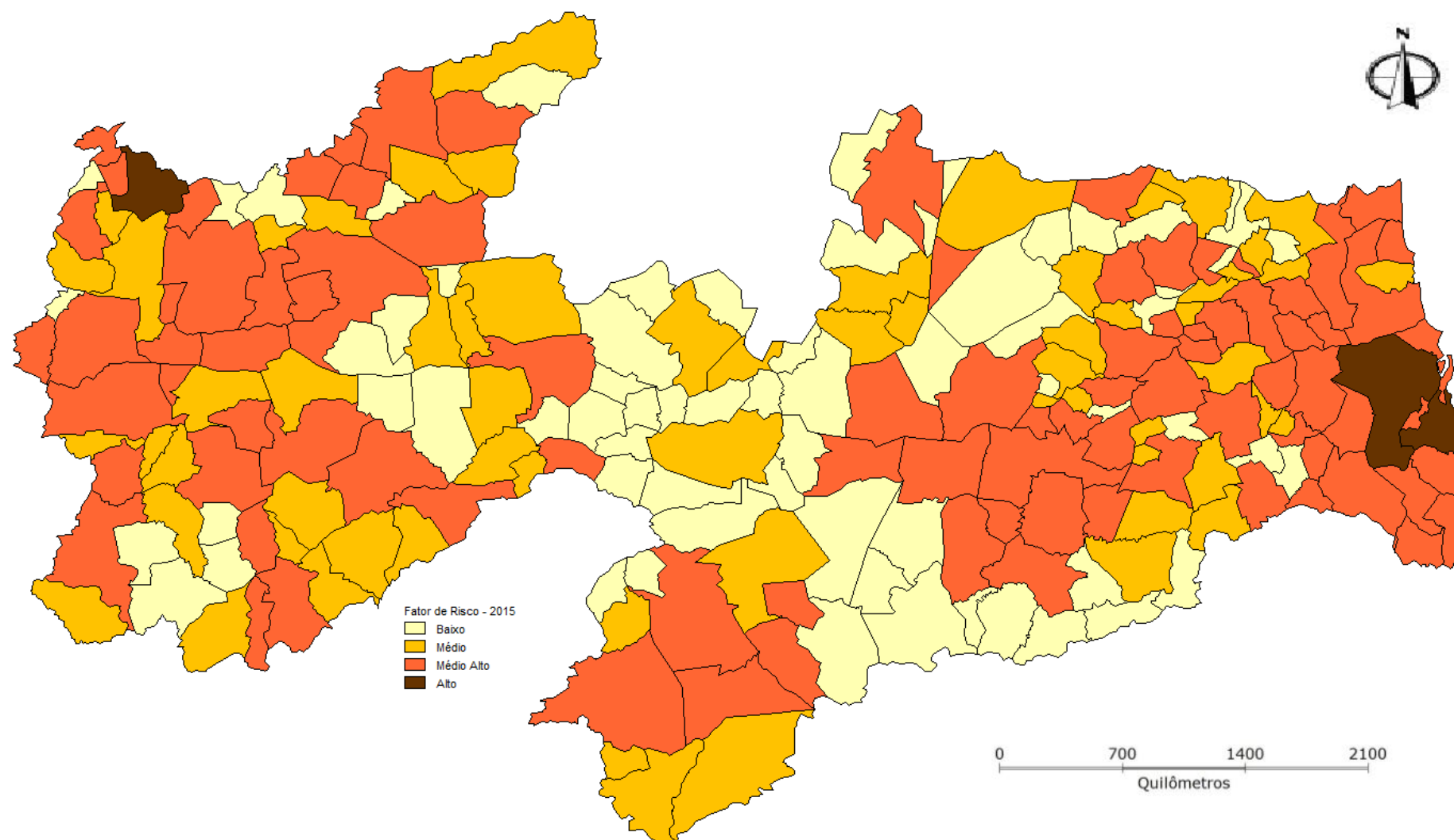
2015	Litoral	Agreste	Borborema	Sertão	Nível de significância ^{&}
Taxa de internação					
Media (dp)	16,68(11,27)	21,01(13,22)	14,67(10,10)	14,79(13,46)	<0,001
Mínimo-máximo	0-38,68	2,25-62,77	0-48,25	0-88,35	
Frota					
Media (dp)	4868,80(778 1,96)	4850,85(1965 4,80)	2603,29(469 4,18)	6499,05(3741 9,09)	<0,001
Mínimo-máximo	278-32269	296-159179	209-27160	227-337157	
Queimadas					
Media (dp)	47,17(59,75)	6,03(7,12)	5,49(12,88)	29,06(33,20)	<0,001
Mínimo-máximo	0-236	0-32	0-66	0-213	

[&]: Teste de Kruskal-Wallis

Em 2015, pelo teste de Kruskal – Wallis, observa-se uma diferença entre as regiões (litoral, agreste, borborema e sertão) para todas as variáveis descritas (taxa de internação, frota e queimadas), apresentando nível de significância assintomáticas.

Em 2015, pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, observa-se que em relação a taxa de internação, foi maior na região do agreste do que nas regiões da Borborema ($p < 0,05$) e do sertão ($p < 0,05$); com relação a frota de 2015, apesar de observarmos diferenças pelo teste de Kruskal-Wallis, o teste de comparações múltiplas não conseguiu detectar aonde estavam as diferenças. Observou-se um maior numero de queimadas na região do litoral com relação as demais regiões ($p < 0,05$), e a região do sertão também difere das demais regiões ($p < 0,05$).

Figura 14 - Mapa de vulnerabilidade para 2015

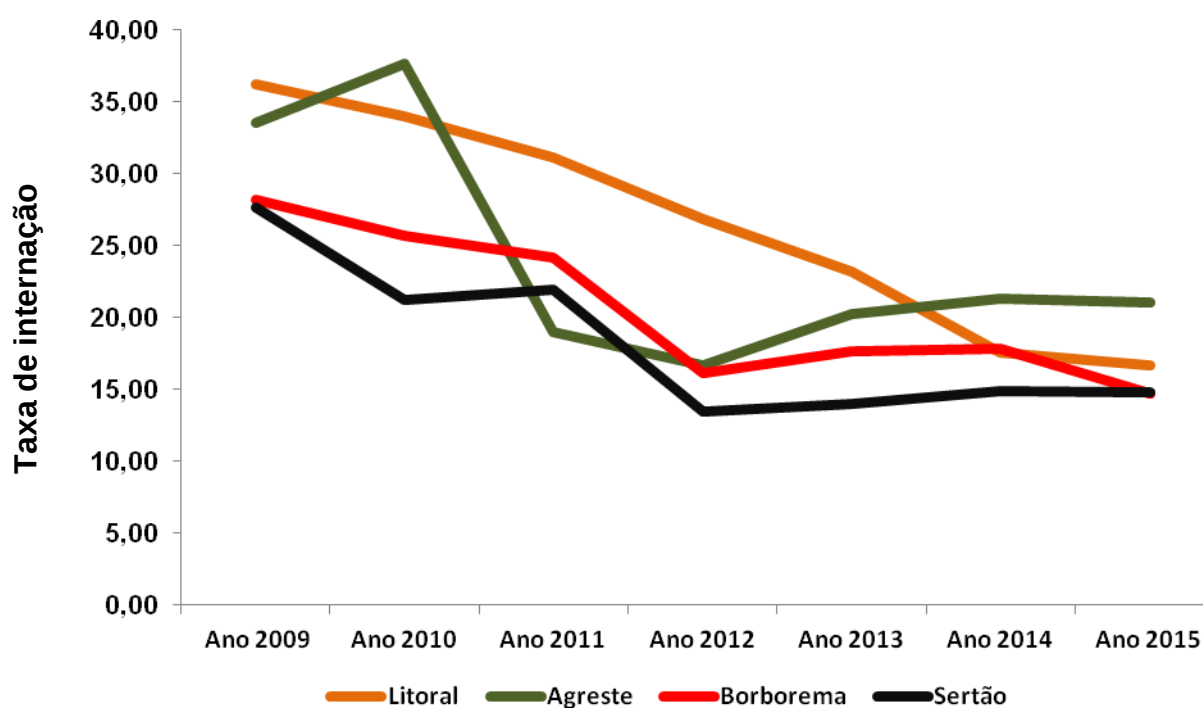


O mapa de vulnerabilidade da Paraíba para 2015 apresenta um predomínio de fator de risco médio e médio alto. Diminuindo os riscos altos na borborema e no agreste.

ANALISE POR REGIÃO

A figura 15 apresenta a análise das taxas de internação média pó ano de estudo e região da Paraíba.

Figura 15 - Taxa de internação média por região e ano de estudo



Para a região do litoral, observou-se pelo teste de Kruskal-Wallis que há uma diferença entre os anos ($p < 0,001$) com relação a taxa de internação, as taxas de internação para o ano de 2013 difere das taxas de internação dos demais anos (teste de comparações múltiplas de Dunn, $p < 0,001$) (figura 15).

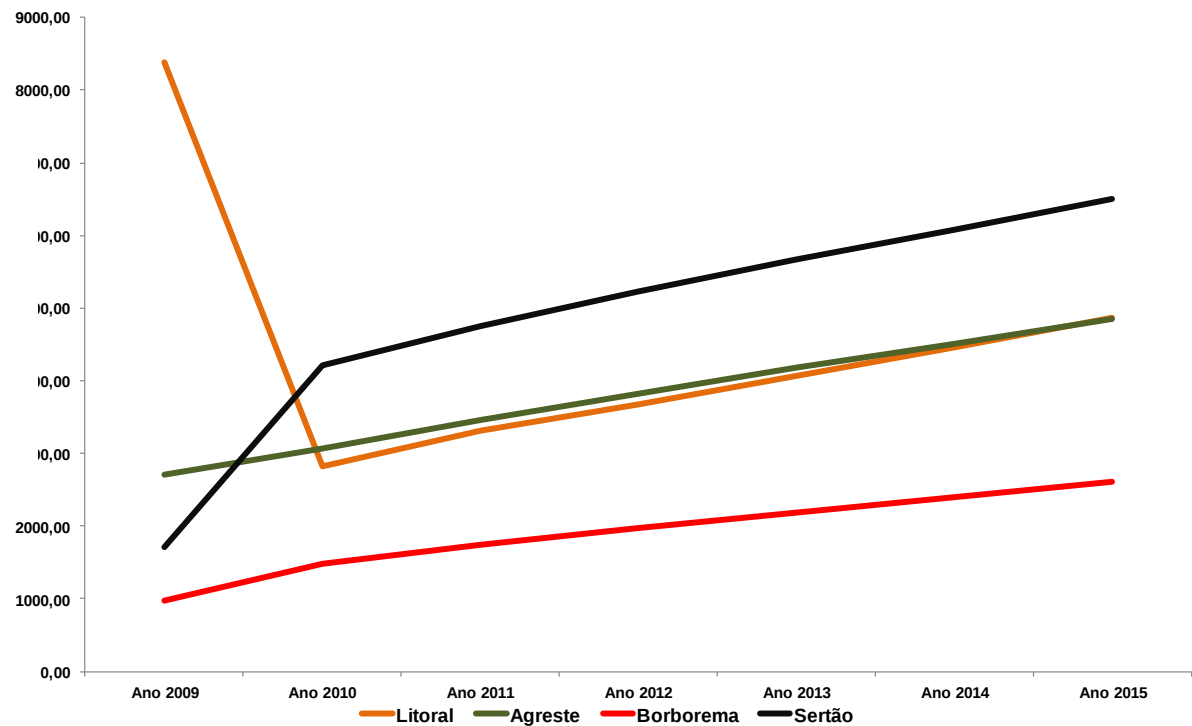
A taxa de internação na região do agreste difere entre os anos de estudo (teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$), observa-se pelo teste de comparações múltiplas de Dunn que a taxa de internação do ano de 2013 difere das taxas de internação dos demais anos do estudo ($p < 0,001$), e que a taxa de internação de 2010 difere da taxa de internação para o ano de 2012 ($p < 0,001$) (figura 15).

Com relação a região de borborema, observa-se pelo teste de Kruskal-Wallis, que há uma diferença entre as taxas de internação ($p < 0,001$). Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que a taxa de internação do ano de 2013 difere da taxa de internação dos demais anos ($p < 0,001$) (figura 15).

Para a região do sertão, pelo teste de Kruskal-Wallis, temos que as taxas de internação são diferentes entre os anos de estudo ($p < 0,001$). Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que as taxas de internação em 2013 diferem dos demais anos ($p < 0,001$) (figura 15).

A figura 16 apresenta as taxas anuais médias da frota de veículos por ano de estudo e região da Paraíba.

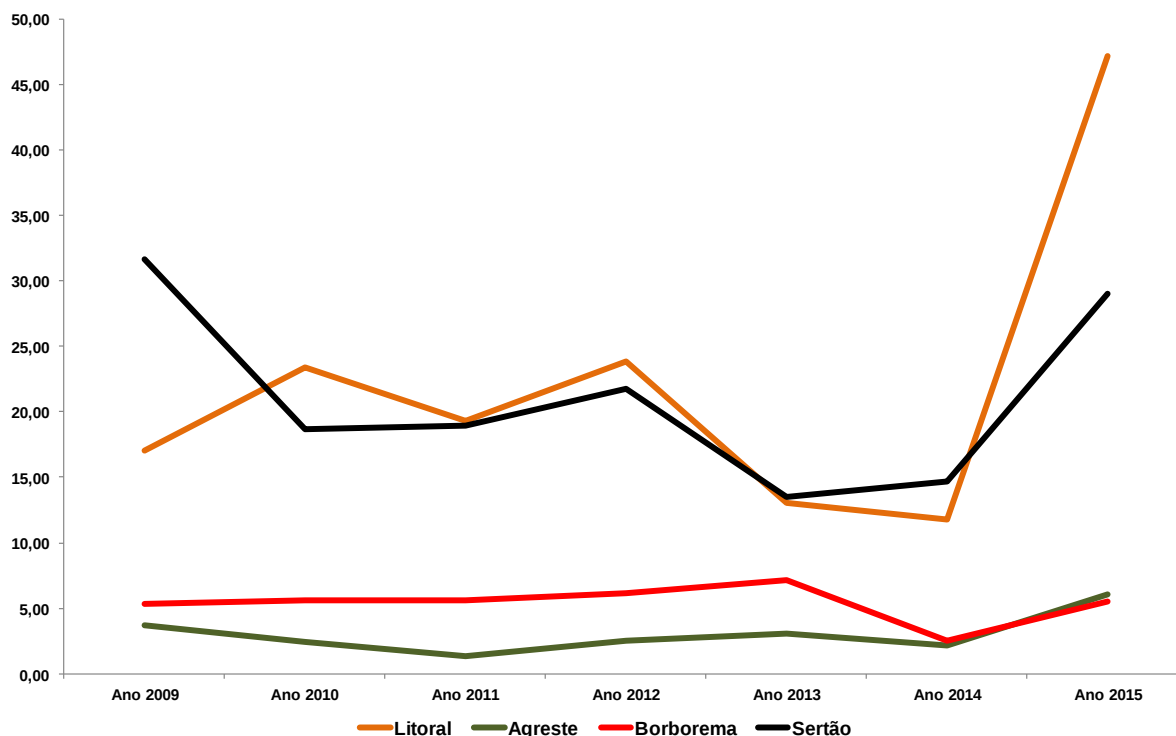
Figura 16 - Taxas anuais médias da frota de veículos para cada região da Paraíba por ano de estudo



Para as regiões do litoral, agreste e sertão, observou-se pelo teste de Kruskal-Wallis uma diferença entre os anos ($p < 0,001$) com relação a frota de veículos, porém não foi possível detectar qual ano que difere (figura 16).

Com relação a região de borborema, observa-se pelo teste de Kruskal-Wallis, que há uma diferença entre os anos com relação a frota de veículos ($p < 0,001$). Pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, temos que a frota de veículos aumentou em 2015 quando comparado com 2009 ($p < 0,001$) (figura 16).

Figura 17 - Taxas anuais médias das queimadas para cada região da Paraíba por ano de estudo



A figura 17 apresenta as taxas anuais médias das queimadas por ano de estudo e região da Paraíba.

Para a região do litoral, observou-se pelo teste de Kruskal-Wallis que há uma diferença entre os anos ($p < 0,001$) com relação a média de focos de queimadas. A média de focos de queimadas em 2015 é maior do que em 2009 (Teste de comparações múltiplas de Dunn, $p < 0,001$).

A média de focos de queimadas na região do agreste difere entre os anos de estudo (teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$), observa-se pelo teste de comparações múltiplas de Dunn que a média de focos de queimadas do ano de 2015 difere dos demais anos no período de estudo ($p < 0,001$), a média de focos de queimadas de 2011 foi menor que em 2009 ($p < 0,001$).

Com relação a região de borborema, observa-se pelo teste de Kruskal-Wallis, que há uma diferença entre a média de focos de queimadas ($p < 0,001$).

Para a região do Sertão, pelo teste de Kruskal-Wallis, temos que a média de focos de queimadas são diferentes entre os anos de estudo ($p < 0,001$). Pelo teste de

comparações múltiplas de Dunn, temos que a media de queimadas em 2015 diferem dos demais anos ($p < 0,001$), exceto 2009.

5. DISCUSSÃO

Este estudo foi o primeiro realizado na região, sendo portanto inédito e muito importante para definir as políticas públicas com relação a vigilância da qualidade do ar. Este estudo foi realizado em uma tentativa de estimar os danos causados pela poluição atmosférica na morbidade respiratória de crianças menores de cinco anos, por ser este um dos grupos mais suscetíveis aos efeitos da poluição do ar. Neste estudo demonstrou-se que a Paraíba precisa de estações de monitoramento da qualidade do ar e, da importância das mesmas para contribuição na tomada de decisões de políticas públicas voltadas ao controle da poluição atmosférica, com o objetivo de que medidas sejam tomadas para que o nível de poluentes emitidos permaneça dentro de um limite aceitável. Faz-se necessário que as resoluções definam prazos para o estabelecimento de suas determinações e sanções cabíveis ao descumprimento das mesmas; já que é obrigação do Estado à implementação e o monitoramento da qualidade do ar, contribuindo para a tomada de decisões de políticas públicas.

As limitações do estudo, como a inexistência de medidas diárias dos poluentes atmosféricos, não o torna menos valioso, pelo fato de que nunca foi realizado algo semelhante em nossa região, não havendo precedentes, sendo assim original. Outra limitação se faz presente quando abordamos as queimadas, não há como saber se são naturais, espontâneas ou provocadas, visto que utilizamos focos de calor detectados por satélite, semelhante estudo ocorre em Fonseca, Hancon, Reis, Costa, Brown (2016) que também utiliza dados de satélite para correlacionar às interferências na saúde humana.

Este estudo demonstra que há um aumento da frota de veículos e de queimadas ao longo do tempo em todas as regiões da Paraíba. A região do sertão é onde prevalece o risco médio a alto em todo o período do estudo.

As principais fontes de emissão associadas à contaminação do ar são as indústrias, os veículos automotores e as queimadas. Dessa forma, é necessário que

haja medidas de segurança pública que permitam a contenção de tais agentes atmosféricos.

O aumento da frota veicular, bem como a maior quantidade de focos de calor estão diretamente associados à um aumento na taxa de internações hospitalares em crianças de zero a cinco anos por doenças respiratórias no Estado da Paraíba.

Estudos do impacto da poluição do ar na saúde podem ser utilizados para o estabelecimento de vigilância dos efeitos de curto prazo da poluição do ar na morbidade respiratória dando subsídios para as ações de controle e alerta aos serviços de saúde quando da ocorrência de picos de poluição.

A realização destes estudos prescinde da coleta e da disponibilidade de dados de boa qualidade de forma contínua. Neste sentido, esforços devem ser feitos para não haver interrupção na coleta e ainda, para a expansão da rede de monitoramento.

Estudos sobre os efeitos dos poluentes atmosféricos e suas interferências na saúde humana têm sido documentados na literatura: Amâncio, Nascimento (2012), Arruda (2008), Gouveia (2003), Jasinski, Pereira, Braga (2011). Porém, de acordo com reportagem do Jornal Correio da Paraíba (2014), há em alguns Estados do Nordeste, dentre eles, a Paraíba, o descumprimento de Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). A Resolução Conama N° 03/90 é o dispositivo legal do Pronar (Programa Nacional do Controle da Qualidade de Ar) que estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e define quais poluentes devem ser monitorados, determina também que o monitoramento é de responsabilidade do cada Estado. O Estado da Paraíba, não torna público às informações sobre monitoramento na pagina oficial da Sudema (Superintendência de Administração do Meio Ambiente), simplesmente porque o órgão não monitora.

Segundo o Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a densidade demográfica da Paraíba é de 66,7 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km²), sendo assim o oitavo Estado brasileiro em densidade demográfica, podendo significar uma maior emissão de poluentes e uma maior concentração de pessoas que compartilham esta atmosfera poluída, sugerindo uma atenção iminente à necessidade de maior proteção e portanto, implementação de monitoramento da qualidade do ar no Estado, sendo esta obrigação e dever do mesmo, visando adotar ações de combate prevenindo danos à saúde da população.

Desta forma, por não possuímos mensuração dos poluentes do nosso Estado, a metodologia do estudo foi organizada para estimar a relação da poluição atmosférica e as internações de crianças menores de cinco anos por problemas respiratórios realizando para tanto a análise de risco e vulnerabilidade. Servindo para mostrar que mesmo sem mensuração de qualidade do ar e seus poluentes, estudos podem ser realizados a fim de pressupor os danos da poluição à saúde e chamar atenção para implantação de políticas públicas de saúde ambiental na Paraíba. Pode-se inferir dos dados compilados que a incidência das doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos acompanha a taxa de poluição atmosférica na região da Paraíba. Evidentemente, as variações dessa poluição se coadunam com a ocorrência dos casos em análise. Embora haja uma intensa campanha de conscientização no combate dessas doenças, a eficácia dessas medidas não corrobora a altura do que se estabeleceria como meta.

Perceba-se que não fora discutido sobre quais os tipos de tratamento que uma criança com sintomas de problemas respiratórios pode vir a se submeter, visto que cada caso demanda um elevado nível de especificidade nos cuidados médicos.

Destarte, as disfunções respiratórias podem, além de comprometer o crescimento da criança, acarretar o agravamento de doenças respiratórias, gerando sequelas permanentes para aquele indivíduo. Não foi possível avaliar em que magnitude esse dano pode ocorrer, porém não há dúvidas de que se trata de um malefício irreversível.

A ampliação das ações de promoção, prevenção e assistência à população é um desafio ao Sistema Único de Saúde (SUS), particularmente na atenção às doenças respiratórias, considerando-se o contexto social, demográfico e epidemiológico do País.

Abstendo-se de fazer críticas políticas e sociais, não há como se furtar ao apontar que existem meios preventivos sobre como as crianças podem ser tratadas, a fim de evitar o surgimento dessas doenças na infância.

O propósito fundamental desse processo de mapa de vulnerabilidade é permitir a definição de municípios prioritários, em termos de problemas e grupos, a mais aproximada possível, o que se refletirá na definição das ações mais adequadas da vigilância. Quer-se, conseqüentemente conseguir um maior impacto positivo sobre os níveis de saúde da população.

Uma vez que se conte com os municípios prioritários, segundo a população, queimada e saúde, enquanto parte da análise da situação de saúde, é possível dar prosseguimento ao processo de planejamento e programação das ações da vigilância em saúde.

Com o mapa de vulnerabilidade podemos construir um fluxograma situacional para sistematizar as informações acerca dos problemas de saúde e subsidiar assim um processo de tomada de decisões com relação a vigilância em saúde. Este mapa de vulnerabilidade demonstrou ser uma ferramenta importante, por permitir o conhecimento de regiões com maior risco de internações devido a exposição a poluição do ar, em locais onde não existe sistema de monitoramento de qualidade do ar.

Quando se trata de agentes poluentes, não se pode olvidar para o fato de que a preservação do meio ambiente deve ser tida como um viés de atenção por parte das autoridades e da população como um todo. Pois, em nada adianta prevenir doenças sem que se proceda com o tolhimento dos fatores que ensejam esses males à saúde.

Há base científica para afirmar que a poluição atmosférica possui efeitos negativos para a saúde. Análises complementares tomando por base o caso desse estudo, podem ser realizadas considerando as internações de crianças menores de cinco anos por problemas respiratórios no Estado da Paraíba. Foi observado no período do estudo 2009-2015, que o ano mais crítico foi em 2010, em relação aos focos de calor (queimadas) na Paraíba e do total de internações.

O presente trabalho absteve-se de tratar das questões políticas acerca das campanhas de conscientização para prevenção das doenças respiratórias em crianças, bem como dos mecanismos utilizados pelo governo para tentar coibir o avanço da poluição atmosférica nas grandes cidades. Embora alguns quesitos sobre o exposto correlacionados a saúde pública foram abordados, legitimou-se a avaliação crítica essencialmente devotada a área de saúde para o presente assunto. Como se lidou com números e estatísticas de incidências da doença e internações, houve a possibilidade de se angariar tabelas e gráficos estatísticos, acerca da ocorrência das doenças respiratórias em crianças.

Este trabalho acadêmico teve a intensão de aprofundar o entendimento acerca dos agentes poluentes causarem tantos danos à saúde respiratória das crianças menores de cinco anos no Estado da Paraíba. Para edificar essa percepção

de vigilância, visou-se a compilação do que existe de cientificamente comprovado pela literatura médica sobre o assunto, bem como quais os dados compilados pelos órgãos públicos, mormente o Datasus, para comprovação dos resultados e amostras aqui referendadas.

No entanto, o presente estudo pautou-se nos danos pulmonares de forma específica, cujo intento fora dar mais ênfase a um assunto relativamente copioso para a ciência da saúde. Ademais, a presente abordagem não exaure todo o conteúdo desse riquíssimo assunto, visto que novas formas de prevenção e cura das doenças ocasionadas pelos agentes poluentes são estudadas constantemente, visto que esse problema envolve saúde pública e possui alta incidência de óbitos entre as crianças no Brasil.

6. CONCLUSÃO

Existe relação entre o aumento da poluição atmosférica e as admissões hospitalares de crianças de zero a cinco anos por problemas respiratórios.

Com relação à distribuição espacial dos focos de calor, temos que em 2010 foi o pior ano dentre os analisados neste estudo.

Com relação a análise das hospitalizações, temos que em 2010 foi o ano com o maior número dentre os anos avaliados por este estudo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Um plano de estratégias deve ser pensado e posto em prática, não dependendo apenas de uma instituição e sim do conjunto de ações de diversos órgãos para que os resultados sejam favoráveis tanto para a qualidade de vida da população como para a economia do Estado.

Recomenda-se que os próximos estudos e futuros resultados a serem alcançados não fiquem restritos somente à comunidade científica e às entidades responsáveis envolvidas neste assunto, mas que os mesmos possam chegar ao conhecimento da sociedade como um todo a fim incentivar a população a contribuir com novas ações ambientais que favoreçam a redução dos níveis de poluentes favorecendo a saúde e melhorando a expectativa de vida das pessoas que vivem nas cidades atingidas por este problema.

REFERÊNCIAS

AHMADI, A.; ABBASPOUR, M.; ARJMANDI, R.; ABEDI, Z. **Air Quality Risk Index (AQRI) and its application for a megacity**. Int J Environ Sci Technol, 2015:1-8.

AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO L. F. C. **Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais**. Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 58, n.3, 2012.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. **A Poluição do Ar e o Sistema Respiratório**. J. Bras. Pneum.: São Paulo, 2012.

ARRUDA, R. J. **Análise da associação entre poluição atmosférica e internações Hospitalares por doenças respiratórias em crianças, adolescentes e idosos na cidade de Cubatão entre 1997 e 2004**. 2008. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Departamento de Meio Ambiente e Saúde. Universidade Católica de Santos, Santos, 2008.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990. Publicada no D.O.U, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. s. d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CARRARETTO, A. R. **Anatomia e fisiologia respiratória em pediatria**. In: XLII CURSO DE FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO E ANESTESIOLOGIA, 2015.

CAVALCANTI, P. M. S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva**. COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Padrões de qualidade do ar**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa?es-B?sicas/21-Poluentes>. Acesso em: 02 out. 2014.

CHEN, R.; WANG, X.; MENG, X.; HUA, J.; ZHOU, Z.; CHEN, B. et al. **Communicating air pollution-related health risks to the public: an application of the Air Quality Health Index in Shanghai, China**. Environment international. 2013;51:168-73.

CONAMA. Resolução CONAMA 03/90. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 10 set. 2012.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES. **Secretaria de Saúde do Governo do Estado do Paraná.** s. d. Disponível em: <<http://www.saude.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=668>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE (Anais). **Qualidade do Ar no Município de João Pessoa 2014.** Disponível em:<<http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

DADOS. **Datasus.** 2015. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901&item=1>>. Acesso em: 15 set. 2015.

DETRAN/PB - Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba. **Dados sobre a frota de veículos no Município de João Pessoa.** s. d. Disponível em: <<http://detran.pb.gov.br/index.php/estatisticas.html>>. Acesso em 02 ago. 2015.

EL-HARBAWI,M. **Air quality modelling, simulation, and computational methods: a review. *Environmental Reviews*. 2013;21(3):149-79.**

FONSECA, P. A. M.; HANCON, S. S.; REIS, V. L.; COSTA, D.; BROWN, I. F. **O uso de dados de satélite para estudar a relação entre chuva e doenças diarreicas em uma bacia na Amazônia Sul-Ocidental.** Ciência e saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, 2016

FLORES, H.; ARUMI,J.L.; RIVERA, D.; LAGOS,L.O. **A simple method to identify areas of environmental risk due to manure application.** Environ Monit Assess.2012;184(6):3915-28.

FRANCISCO, W. C. E. "Aspectos naturais da Paraíba"; **Brasil Escola.** Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-paraiba.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. **Hospitalizações por Causas Respiratórias e Cardiovasculares Associadas à Contaminação Atmosférica no Município de São Paulo, Brasil.** Cad. Saúde Pública: Rio de Janeiro, 2006.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras.** 2003. Epidemiol. Serv. Saúde. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?pid=S167949742003000100004&script=sci_arttext&lng=pt>. Acesso em: 02 set. 2015.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução da 3ª edição norte-americana. In: NÓBREGA, Luciana Alves da. Modelagem da Influência de Poluentes Atmosféricos Veiculares e Fatores Meteorológicos em Afecções Respiratórias. 2013.119f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Natureza) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. **Poluição Atmosférica e Internações Hospitalares por Doenças Respiratórias em Crianças e Adolescentes em Cubatão**, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. Cad. Saúde Pública: Rio de Janeiro, 2011.

JORNAL CORREIO DA PARAÍBA. Paraíba. **Paraíba não monitora a qualidade do ar**. 2014. Disponível em: <http://www.jornaldaparaiba.com.br/noticia/130084_paraiba-nao-monitora-a-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 21 ago.2015.

JORNAL CORREIO DA PARAÍBA. Paraíba. **Poluição do Ar: queixas crescem 34% em João Pessoa**. 2012. Disponível em: <<http://portalcorreio.uol.com.br/noticias/saude/secretariamunicipal/2012/09/15/NWS,214617,42,305,NOTICIAS,2190-POLUICAO-QUEIXASCRESCEM-JOAO-PESSOA.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 22. ed. São Paulo: Vozes, 2004.

LAHR, J; KOOISTRA, L. **Environmental risk mapping of pollutants: state of the art and communication aspects**. The Science of the total environment. 2010;408(18):3899-907.

LI,L.; LIN,G-Z; LIU,H-Z; GOU,Y;OU,C-Q; CHEN,P-Y. **Can the air Pollution Index be used to communicate the health risks of air pollution?** Enviromental Pollution.2015;205:153-60.

LOKYS,H.L; JUNK,J; KREIN,A. **Making air quality indices comparable – assessment of 10 years of air pollutant levels in western Europe**. International Journal of Environmental Health Research.2014;25(1):52-66.

MACEDO, S. E. C. et al **Fatores de Risco para Internação por Doença Respiratória Aguda em Criança até um Ano de Idade**. Revista Saúde Pública, Pelotas, v. 41, n. 3, 2007.

MAIA, G.Z.A. **Análise de conteúdo e análise documental**. In: MACHADO, L. M. et al.(orgs.). Pesquisa em educação: passo a passo. Marília: Edições M3T Tecnologia e Educação, 2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente – Poluentes gerados na queima de combustível. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentesatmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 02 out. 2014.

NASCIMENTO, Oliver. **O que é DPOC?**. Minha Vida, 2014. Disponível em: <<http://www.minhavida.com.br/saude/temas/dpoc>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

NELSON, W.E. **Princípios de Pediatria**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

NÓBREGA, L. A. **Modelagem da Influência de Poluentes Atmosféricos Veiculares e Fatores Meteorológicos em Afecções Respiratórias**. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Natureza) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

OLIVEIRA, B. R. G. et al. **Causas de Hospitalização no SUS de Crianças de Zero a Quatro Anos no Brasil**. Revista Brasileira de Epidemiologia, Paraná, v. 13, n. 2, 2010.

PERLMUTT, L; STIEB, D; CROMAR, K. **Accuracy of quantification of risk using a single-pollutant Air Quality Index**. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2015.

PINTO, P. M. G. C. **Análise das Emissões Veiculares em Regiões Urbanas e Metodologia para Quantificação de poluentes**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PRATO, M. I. C.; SILVEIRA, A.; NEVES, E. T.; BUBOLTZ, F. L. **Doenças Respiratórias na Infância: Uma Revisão Integrativa**, São Paulo, Brasil, 2014. Cad. Saúde Pública: Rio de Janeiro, 2014.

QUINTELLA, M. A. **Frota nacional de veículos e a mobilidade urbana**. Revista Plurale, 2014.

SANTOS GOMES, A. C. et al. **Clima e Doenças: Análise dos Elementos Meteorológicos e Infecções Respiratórias Agudas nas Capitais do Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Geografia Física. 2013. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SICARD, P; LESNE, O; ALEXANDRE, N; MANGIN, A; COLLOMP, R. **Air quality trends and potential health effects-development of an aggregate risk index**. Atmospheric Environment.2011;45(5):1145-53.

SICARD, P; TALBOT, C; LESNE, O; MANGIN, A; ALEXANDRE, N; COLLOMP, R. **The Aggregate Risk Index: An intuitive tool providing the health risks of air pollution to health care community and public**. Atmospheric Environment.2012;46:11-6.

SZYSZKOWICZ, M. **An approach to represent a combined exposure to air pollution**. International journal of occupational medicine and environmental health.2015;28(5):823-30.

WONG,TW; SAN Tam, WW; YU ITS; LAU AKH; PANG, SW; WONG, AH.
Developing a risk-based air quality health index. Atmospheric
environment.2013;76:52-8.