



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciência

Faculdade de Engenharia

Nícolas Gabriel Gonçalves Prado

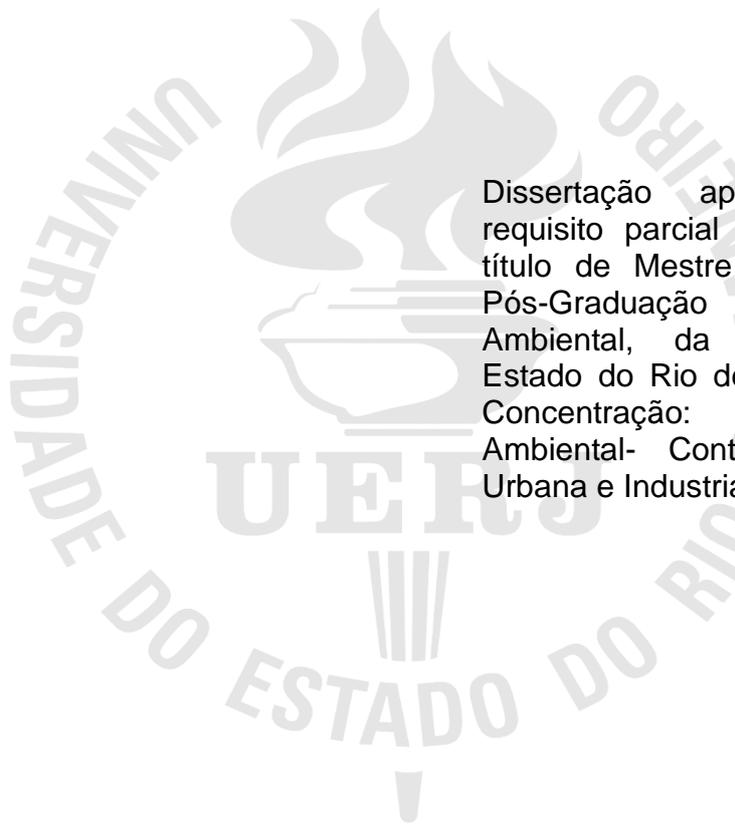
**Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde da população:
estudo de doenças respiratórias em municípios do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2018

Nícolas Gabriel Gonçalves Prado

Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde da população: estudo de doenças respiratórias em municípios do Rio de Janeiro



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental- Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P896 Prado, Nicolas Gabriel Gonçalves.
Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde da população:
estudo das doenças respiratórias em municípios do Rio de
Janeiro / Nicolas Gabriel Gonçalves Prado. – 2018.
162f.

Orientador: Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Ar - Poluição - Teses. 3.
Saúde pública - Teses. 4. Rio de Janeiro (RJ) - Teses. 5.
Infecções respiratórias - Teses. I. Mattos, Ubirajara Aluizio de
Oliveira. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade
de Engenharia. III. Título.

CDU 614.71:616.2

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Nícolas Gabriel Gonçalves Prado

Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde da população: estudo de doenças respiratórias em municípios do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental- Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em: 28 de agosto de 2018.

Banca Examinadora:

Prof.º Dr.º Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.ª Dr.ª Simone Lorena Quitério de Souza
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.ª Dr.ª Roseantony Rodrigues Bouhid
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Rio de Janeiro

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Ana Gabriela dos Santos Garcia da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos e experiências que me levaram até a pessoa que sou hoje.

Agradeço a minha noiva Ana Gabriela por todo o apoio nas horas difíceis, por todo o suor derramado, todo o cabelo caído, todo o projeto interrompido para a conclusão desta etapa. Você tem minha admiração e minha companhia incondicional, te amo para sempre.

Agradeço a todos meus avôs, Ilza, Lisa, Avelino e Manoel, por toda sua dedicação, amor, broncas, banhos e tudo o que me ofereceram sem pedir nada em troca.

A minha mãe Teresa, por todas as jantãs tarde da noite, todos os conselhos e apoio nas horas difíceis

Ao meu pai Marcus, por suas conversas, reflexões que oferecem outros pontos de vista além do meu, e todo o carinho e amor.

Aos meus irmãos Eric e Gustavo, por todas as aventuras, brigas, socos e abraços, todas as pegadinhas, provocações e confidências que fizeram com que crescêssemos juntos e nos apoiássemos, mesmo que com certos atritos. A minha tia Lídia e meus primos João e Nana. Todos meus tios e primos por parte de pai, que são muitos. A minha cunhada Laizes que a todo momento me incentivou.

Agradeço a toda família Garcia, que me abraçou, me apoiou e me aturou todo esse tempo.

Ao meu orientador Bira, por ter me apoiado e por ter me auxiliado nos demais processos para a conclusão deste trabalho, mesmo com os inúmeros problemas que surgiram ao longo desses dois anos.

Agradeço a Simone Lorena e a Roseantony que mesmo com suas rotinas corridas aceitaram o convite e dedicaram um tempo para leitura e correção do meu trabalho, para que o mesmo pudesse ser aperfeiçoado.

Ao Gustavo, Edson e Alysson pela amizade, compreensão e conselhos, e a toda equipe da Habtec. Agradeço a todas as outras pessoas que não consegui lembrar neste momento, mas que são de fundamental importância na construção do meu caráter.

(...) quando volto à realidade, não
acho a bossa nova
Enquanto o turista se diverte, o
cidadão encontra a cova

Rio de Janeiro no país das Maravilhas - Carta na Manga

RESUMO

PRADO, N. G. G. *Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde da população: estudo de doenças respiratórias em municípios do Rio de Janeiro*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A qualidade do ar é um tema que preocupa a humanidade há séculos. O progresso fez com que o ser humano passasse a cada vez mais se tornar um agente importante no equilíbrio atmosférico. Os materiais particulados são poluentes que podem ser emitidos por diversas fontes naturais ou antrópicas, e independentemente de seu tamanho ou composição química, podem causar prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. Os estudos epidemiológicos surgiram como método de explicação dos efeitos ambientais sobre a saúde das populações. O presente trabalho busca entender as relações deste poluente atmosférico com outras variáveis ambientais, além de mostrar a força de associação dos diferentes fatores com as internações hospitalares. Para este trabalho foram levantados dados atmosféricos, de qualidade do ar, censitários e de morbidade hospitalar para doenças respiratórias em onze municípios do Rio de Janeiro. Através de técnicas estatísticas de correlação e regressão, foi possível traçar as forças de associação e preparar equações que buscavam explicar as alterações das diferentes variáveis analisadas pelo estudo. Foi possível concluir que para os municípios estudados a temperatura do ar parece ser um motivo maior de explicação das internações hospitalares para a maioria deles. Também se concluiu que nesse estudo, houve uma dificuldade para tentar associar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população, posto que os dados de internação foram comparados com dados mensais.

Palavras-chave: Poluição atmosférica; Material particulado; Internações hospitalares; Doenças Respiratórias.

ABSTRACT

PRADO, N. G. G. *Atmospheric pollution and its effects on population health: study of respiratory diseases in municipalities of Rio de Janeiro*. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Air quality has been a subject of concern for mankind for centuries. Progress has made the human being more and more become an important agent in the atmospheric balance. Particulate materials are pollutants that can be emitted from a variety of natural or anthropogenic sources, and regardless of their size or chemical composition, can cause harm to human health and the environment. Epidemiological studies have emerged as a method of explaining environmental effects on the health of populations. The present work seeks to understand the relations of this atmospheric pollutant with other environmental variables, besides showing the strength of association of the different factors with the hospital admissions. For this study, atmospheric, air quality, census and hospital morbidity data were collected for respiratory diseases in eleven municipalities in Rio de Janeiro. Through statistical techniques of correlation and regression, it was possible to trace the forces of association and to prepare equations that sought to explain the changes of the different variables analyzed by the study. It was possible to conclude that for the cities studied the air temperature seems to be a greater reason for explaining hospital admissions for most of them. It was also concluded that in this study, there was a difficulty in trying to associate the effects of air pollution on the health of the population, since hospitalization data were compared with monthly data.

Keywords: Atmospheric pollution; Particulate matter; Hospital admissions; Respiratory diseases.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais Poluentes Atmosféricos e suas fontes de emissão	23
Tabela 2: Padrões de Qualidade do Ar- CONAMA	26
Tabela 3: Níveis de risco estabelecidos pela CONAMA.....	28
Tabela 4: Concentrações dos poluentes de acordo com os níveis de risco	28
Tabela 5: Concentrações recomendáveis para os poluentes.....	31
Tabela 6: Padrões de qualidade do ar EPA	32
Tabela 7: Fontes de emissão de MP no Estado do Rio de Janeiro (ton./ano)	42
Tabela 8: Estações de monitoramento de qualidade do ar	46
Tabela 9: Redes de monitoramento do ar do Rio de Janeiro	47
Tabela 10: Monitoramento dos municípios e suas atividades industriais	50
Tabela 11: Parâmetros analisados por município	52
Tabela 12: Variáveis resposta de interesse	59
Tabela 13: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Barra Mansa	63
Tabela 14: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Cantagalo	70
Tabela 15: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Duque de Caxias	75
Tabela 16: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itaboraá ..	82
Tabela 17: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itaguaí ..	88
Tabela 18: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itatiaia..	92
Tabela 19: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Japeri ..	95
Tabela 20: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Macaé	100
Tabela 21: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Quatis	105
Tabela 22: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Resende	110
Tabela 23: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Volta Redonda.....	115
Tabela 24: Resumo de Correlações entre variáveis de MP10 e as taxas de internação.....	119
Tabela 25: Percentual de Correlações Positivas entre as taxas de internações e as variáveis relacionadas às concentrações de materiais particulados	121
Tabela 26: Resumo das Regressões Realizadas.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos municípios do Rio de Janeiro que possuem monitoramento	49
Figura 2 Localização do Município de Barra Mansa no Estado do Rio de Janeiro..	60
Figura 3 Localização do Município de Cantagalo no Estado do Rio de Janeiro.....	67
Figura 4: Localização do Município de Duque de Caxias no Estado do Rio de Janeiro	72
Figura 5 Localização do Município de Itaboraí no Estado do Rio de Janeiro	79
Figura 6: Localização do Município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro	85
Figura 7: Localização do Município de Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro	90
Figura 8: Localização do Município de Japeri no Estado do Rio de Janeiro	93
Figura 9: Localização do Município de Macaé no Estado do Rio de Janeiro	98
Figura 10: Localização do Município de Quatis no Estado do Rio de Janeiro.....	103
Figura 11: Localização do Município de Resende no Estado do Rio de Janeiro.....	107
Figura 12: Localização do Município de Volta Redonda no Estado do Rio de Janeiro	113

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Concentrações médias mensais de MP10 em Barra Mansa	61
Gráfico 2: Concentrações médias mensais de MP10 em Cantagalo	68
Gráfico 3: Concentrações médias mensais de MP10 em Duque de Caxias	73
Gráfico 4: Concentrações médias mensais de MP10 em Itaboraí.....	80
Gráfico 5: Concentrações médias mensais de MP10 em Itaguaí.....	85
Gráfico 6: Concentrações médias mensais de MP10 em Itatiaia	91
Gráfico 7: Concentrações médias mensais de MP10 em Japeri.....	94
Gráfico 8: Concentrações médias mensais de MP10 em Macaé	99
Gráfico 9: Concentrações médias mensais de MP10 em Quatis	104
Gráfico 10: Concentrações médias mensais de MP10 em Resende	108
Gráfico 11: Concentrações médias mensais de MP10 em Volta Redonda	114
Gráfico 12: Percentual de correlações positivas e negativas entre poluição atmosférica e internações hospitalares	121
Gráfico 13: Concentração Média Anual de MP10	122
Gráfico 14: Taxas Anuais de Internações Hospitalares Por Mil Habitantes Causadas Por Doenças Respiratórias – Todas as Faixas Etárias	124

SUMÁRIO

Introdução	17
Objetivos	19
1. Revisão bibliográfica	20
1.1. Poluição Atmosférica.....	20
1.1.1. Origem dos estudos da Poluição atmosférica	21
1.1.2. Parâmetros Nacionais e Internacionais	23
1.1.2.1. Parâmetros Nacionais	24
1.1.2.2. Parâmetros Internacionais.....	30
1.2. Saúde Pública	34
1.2.1. Epidemiologia	34
1.2.1.2. Estudos Epidemiológicos Experimentais.....	35
1.2.1.3. Experimentos Clínicos	35
1.2.1.4. Experimentos de campo.....	36
1.2.1.5. Estudos Epidemiológicos Não Experimentais	36
1.2.1.6. Estudos Longitudinais	36
1.2.1.7. Estudos Ecológicos	37
1.3. Análise Estatística	37
1.4. Poluição Atmosférica e Doenças Respiratórias.....	40
1.5. Material Particulado.....	42
1.5.1. Material Particulado e seus efeitos adversos à saúde.....	43
2. Metodologia	45
2.1. Caracterização da rede de monitoramento da qualidade do ar.....	46
.....	49
Fonte: Elaborado pelo autor- ArcGis.	49
2.2. Coleta dos dados de Qualidade do Ar e Meteorologia	51
2.2. Seleção dos Municípios do Estudo	52
2.3. Caracterização da rede de coleta de dados do DATASUS	53
2.4. Coleta de Dados de Saúde.....	54
2.5. Organização e Tratamento dos dados	55
2.5.1. Taxa de Internação por 1000 indivíduos	55

2.5.2. Concentração Média Mensal de MP ₁₀	56
2.5.3. Temperatura Média Mensal.....	56
2.5.4. Umidade Relativa Média Mensal.....	57
2.5.5. Quantidade de dias no mês com média diária de concentração acima do limite diário de concentração de MP ₁₀ estabelecido pela OMS (50 microgramas por metro cúbico).....	58
2.5.6. Variáveis unitárias	58
2.6. Técnicas Estatísticas Utilizadas	59
3. Caracterização dos municípios	60
3.1. Barra Mansa.....	60
3.1.1. Análises estatísticas para o município de Barra Mansa	62
3.1.3. Análise das Regressões.....	64
3.1.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	64
3.1.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	64
3.1.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos	65
3.1.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos	66
3.2. Cantagalo.....	66
3.2.1. Análises estatísticas para o município de Cantagalo	68
3.2.2. Análise das Correlações.....	68
3.2.3. Análise das Regressões.....	70
3.2.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	70
3.2.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	71
3.2.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos	71
3.3. Duque de Caxias	72
3.3.1. Análises estatísticas para o município de Duque de Caxias	74
3.3.2. Análise das Correlações.....	74
3.3.3. Análise das Regressões.....	76
3.3.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	76

3.3.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	76
3.3.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos	77
3.3.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos	78
3.3.8. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos	78
3.4. Itaboraí	79
3.4.1. Análises estatísticas para o município de Itaboraí	81
3.4.2. Análise das Correlações.....	81
3.4.3. Análise das Regressões.....	82
3.4.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	83
3.4.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	83
3.4.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos	84
3.5. Itaguaí	84
3.5.1. Análises estatísticas para o município de Itaguaí.....	86
3.5.2. Análise das Correlações.....	86
3.5.3. Análise das Regressões.....	88
3.5.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	88
3.5.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	89
3.5.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos	89
3.6. Itatiaia.....	90
3.6.1. Análises estatísticas para o município de Itatiaia	91
3.6.2. Análise das Correlações.....	91
3.6.3. Análise das Regressões.....	92
3.7. Japeri.....	92
3.7.1. Análises estatísticas para o município de Japeri.....	94
3.7.2. Análise das Correlações.....	94
3.7.3. Análise das Regressões.....	95

3.7.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	96
3.7.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos	96
3.7.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes para as faixas etárias de 10 a 19 anos, 20 a 59 anos e maiores do que 60 anos	97
3.8. Macaé.....	98
3.8.1. Análises estatísticas para o município de Macaé	99
3.8.2. Análise das Correlações.....	99
3.8.3. Análise das Regressões.....	101
3.8.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	101
3.8.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos, 5 a 9 anos e 20 a 59 anos	101
3.8.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos.....	102
3.9. Quatis	103
3.9.1. Análises estatísticas para o município de Quatis	104
3.9.2. Análise das Correlações.....	104
3.9.3. Análise das Regressões.....	105
3.9.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	106
3.9.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos	106
3.10. Resende.....	107
3.10.1. Análises estatísticas para o município de Resende	108
3.10.2. Análise das Correlações.....	108
3.10.3. Análise das Regressões.....	110
3.10.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	110
3.10.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos e de 10 a 19 anos.....	111
3.10.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos	111
3.10.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos.....	112
3.11. Volta Redonda.....	113

3.11.1. Análises estatísticas para o município de Volta Redonda	114
3.11.2. Análise das Correlações.....	114
3.12.3. Análise das Regressões.....	116
3.12.4. Regressão da Concentração média mensal de MP ₁₀	116
3.12.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos e de 5 a 9 anos.....	116
3.13. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos	118
3.12.8. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos.....	118
3. Discussão dos Resultados	119
4. Conclusões	128
Referencias	130
APÊNDICES	137

Introdução

Os recursos naturais são essenciais para garantir a qualidade de vida da população. A qualidade do ar, os recursos hídricos, os alimentos, clima, entre outros fatores, interferem diretamente na saúde dos humanos. Desta forma é imprescindível que estes recursos sejam preservados como forma de garantia de condições dignas de vida para as pessoas.

O ar é um recurso que não era um grande fator de preocupação para a população uma vez que é um recurso abundante, invisível e inodoro. Sem conhecimentos sobre o conceito de poluição atmosférica o homem começou a explorar os recursos naturais, desenvolvendo indústrias poluidoras, motores a combustão que faziam uso de combustíveis fósseis, além de realizar a extração de floresta e queimadas de grandes áreas, com foco no desenvolvimento econômico sem a preocupação com as consequências de suas ações para o meu ambiente e para a saúde da população (BRAGA *et al.*, 2001).

A poluição atmosférica ocasionada por atividades realizadas pelo homem se tornou mais evidente após a Revolução Industrial. Com o crescente desenvolvimento econômico mundial, o princípio da poluição atmosférica começou a ser introduzido como um fator relevante para a saúde pública (BAKONYI *et al.* 2004).

O Estado do Rio de Janeiro apresenta um grande comprometimento da qualidade do ar isso se deve, pois, o estado possui a segunda maior concentração de indústrias e frota veicular do país. De acordo com um inventário realizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), a frota veicular do Rio de Janeiro é responsável por cerca de 77% das emissões atmosféricas e o percentual restante é oriundo de fontes fixas como as indústrias químicas, setor de energia, naval entre outros (INEA, 2004).

O INEA realiza o monitoramento da qualidade do ar através de redes compostas por 117 estações de monitoramento de qualidade do ar espalhadas pelo estado. Estas estações monitoram poluentes que representam um fator de risco a saúde da população, são eles o dióxido de enxofre (SO₂), Partículas totais em suspensão (PTS), Material Particulado Inalável (PM₁₀), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Ozônio (O₃). Segundo o último Relatório de

Monitoramento da Qualidade do Ar, realizado pelo INEA, referente ao ano de 2015, os limites aceitáveis de acordo com os padrões de qualidade do ar estabelecidos nacionalmente e internacionalmente dos poluentes CO, NO₂ e SO₂, não foram ultrapassados no Estado, porém o mesmo não ocorreu com PTS, O₃ e PM₁₀.

O PM₁₀ é o poluente que apresenta maior toxicidade e vem sendo alvo de estudo por causar danos adversos à saúde da população. O material particulado segundo Arbex (2001), é uma mistura complexa de substâncias que podem ter origem das atividades humanas, mas também podem ser originados a partir de fontes naturais. A fonte do material particulado define a composição química e o tamanho das partículas.

O tamanho da partícula interfere na forma que o material particulado pode ser absorvido pelo corpo humano, partículas grossas podem ser retidas no nariz ou na região da nasofaringe e pode ser expelida através da tosse ou de espirros, por exemplo. No caso do PM₁₀ as partículas podem ficar retidas na traqueia e nos brônquios, o que pode causar graves problemas a saúde (ARBEX, 2001; MARTINS *et al.*, 2010).

Pereira e Limogi (2015) analisaram 56 estudos que abordavam a relação entre poluição atmosférica e as consequências para saúde humana. Neste estudo foi possível verificar que a população com a faixa etária acima de 65 anos e menores de 5 anos são os principais focos de estudos, uma vez que geralmente são mais suscetíveis aos efeitos adversos que podem ser causados pela poluição atmosférica. Além disso, o monitoramento do PM₁₀ foi considerado em 94,6% dos estudos, sendo assim é perceptível a relevância dessas pesquisas sobre este poluente atmosférico.

Nesse sentido é demonstrada a importância da temática sugerida, que ainda possui amplo espaço para discussão, apesar dos diversos trabalhos já desenvolvidos sobre o assunto. A estrutura deste presente trabalho está dividida em sete capítulos: no capítulo (1) o tema do trabalho é apresentado de forma geral, demonstrando a relevância do estudo, no capítulo (2) são pontuados os objetivos geral e os específicos em que a pesquisa se estruturou, no capítulo (3) é feita uma revisão bibliográfica como forma de dar ferramentas para um maior entendimento do tema abordado, no capítulo (4) foi descrita a metodologia utilizada para conseguir alcançar os objetivos da pesquisa, no capítulo (5) foram apresentados os resultados

como uma breve descrição dos municípios estudados em conjunto com as correlações e regressões das variáveis estudadas, no capítulo (6) foi realizado uma análise dos resultados alcançados, e por fim, no capítulo (7) foram feitas as considerações finais e as orientações para trabalhos futuros.

Objetivos

Avaliar as concentrações mensais de MP10, relacionando-as através das técnicas estatísticas de correlação e regressão, com fatores meteorológicos, temperatura e umidade e dados de internações mensais causados por doenças respiratórias em cinco diferentes faixas etárias em 11 municípios do estado do RJ nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Os objetivos específicos são:

- Selecionar municípios que possuam estações de análise de qualidade do ar e dados referentes à internação por doenças respiratórias;
- Caracterizar os municípios estudados quanto às atividades econômicas, população, região (dados de localização, geográficos, clima);
- Elencar os indicadores de saúde e meio ambiente a serem analisados;
- Analisar os dados específicos para cada município estudado, procurando correlacionar variáveis de poluição atmosférica e de dados meteorológicos com as internações por doenças respiratórias;
- Analisar comparativamente os dados de cada município.

1. Revisão bibliográfica

1.1. Poluição Atmosférica

Com o aumento das atividades industriais e a urbanização das cidades, a emissão de poluentes atmosféricos cresceu de forma significativa. Poluentes atmosféricos, de acordo com a CONAMA, podem ser definidos como qualquer substância ou forma de energia que comprometa as características físicas, químicas e/ou biológicas da atmosfera, e desta forma torne o ar inconveniente, nocivo, danoso ou prejudicial e que poderão causar danos à saúde e as atividades da população, bem como degradante para a fauna e a flora (CONAMA, 1990).

Estes poluentes podem ser provenientes das atividades humanas ou de origem natural. Como exemplo de fontes antrópicas tem-se as industriais, a queima de combustíveis fósseis ou as queimadas, enquanto que as fontes de origem natural podem ser citadas os vulcões, a maresia, os pântanos, as queimadas naturais, a decomposição de animais e vegetais, entre outros.

Os poluentes atmosféricos também podem ser classificados de acordo com o tipo de fonte emissora. As atividades que em seus processos de funcionamento geram emissões a partir de locais fixos, como são os casos das indústrias, são classificadas como fontes estacionárias ou fixas. Quando os poluentes são gerados por fontes que podem se mover, como os veículos automotores, são identificados como fontes móveis (LOUREIRO, 2005).

Além disso, os poluentes podem ser divididos de acordo com sua constituição, sendo classificados como: poluentes primários ou poluentes secundários. Poluente primário é aquele que ainda não teve sua composição alterada após ser emitido pela fonte emissora, como monóxido de carbono, monóxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e materiais particulados. Já os poluentes secundários são gerados a partir de reações químicas ou fotoquímicas entre poluentes primários e os compostos naturais existentes na atmosfera ou outros poluentes primários.

A qualidade do ar está diretamente associada a fatores como topografia natural e edificada, clima, ventos, pressão atmosférica, regime de chuvas e radiação solar. Estes fatores influenciam os processos de dispersão dos poluentes. Segundo

Torres e Martins (2005), a interação destes fatores com as fontes poluidoras determina a manifestação de efeitos adversos da poluição atmosférica sobre a população e o meio ambiente.

1.1.1. Origem dos estudos da Poluição atmosférica

A percepção das pessoas sobre os males que poderiam ser transmitidos pelo ar remete à antiguidade. O uso de carvão como material combustível já preocupava a população das cidades da era pré-cristã (BRAGA *et al*, 2001). A malária, uma enfermidade causada por infecção parasitária transmitida pela picada de mosquito (CALEI, 2012), recebeu este nome pelos italianos no século XIV, e o seu significado em latim é “maus ares” (FRANÇA; SANTOS; FIGUEROA-VILLAR, 2008), o que reforça esse receio que se tinha com a qualidade do ar. Episódios do início do século XX fizeram com que os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população se tornassem uma preocupação para diversos países.

O primeiro grande caso notável ocorreu na região do Vale de Meuse, na Bélgica (BRAGA *et al*, 2001). Nemery, Hoet e Nemmar (2001) descreveram a região do Rio Meuse como uma das áreas mais industrializadas da Europa naquela época, possuindo fábricas de vidro, fertilizantes, explosivos, além de indústrias de aço e zinco que estavam presentes nas cercanias. Em dezembro de 1930, do dia 1 ao dia 5 um grande nevoeiro pairou sobre o vale, fazendo com que os poluentes que eram emitidos pelas indústrias ficassem aprisionados na região (BARBOSA, 2006). Esta condição de grande concentração de poluentes atmosféricos, principalmente o dióxido de enxofre (SO₂), fez com que centenas de pessoas em cidades da região do Vale de Meuse apresentassem sintomas graves de problemas respiratórios, além de causar a morte de 60 indivíduos (NEMERY; HOET; NEMMAR, 2001). Esse episódio foi de grande importância para a conscientização sobre os efeitos deletérios que a poluição poderia ter sobre a saúde humana, tendo em vista que foi o primeiro a fornecer evidência científica sobre o assunto (NEMERY; HOET; NEMMAR, 2001).

Aproximadamente 18 anos após os eventos que ocorreram na Bélgica, a população das cidades de Donora e Webster no estado da Pensilvânia, Estados Unidos, também iria sofrer com as consequências de eventos climáticos relacionados à emissão de poluentes. Em 26 de Outubro de 1948, dias antes do Dia

das Bruxas, estas cidades foram cobertas por uma névoa que não se dissipou até a manhã de domingo, dia 31, impedindo que os poluentes das indústrias locais se dissipassem (SNYDER, 1994).

Durante o tempo que encobriu as cidades, a chamada “Death Dealing Smog” (neblina da morte em tradução livre), fez com que as pessoas com problemas cardiorrespiratórios lotassem os hospitais e saíssem das cidades de forma desesperada, deixando em torno de 600 pessoas doentes, além de vitimar 20 pessoas (SNYDER, 1994), o que para a população de aproximadamente 14.000 pessoas das duas cidades, representou uma taxa de óbitos seis vezes acima da que se deveria esperar (BARBOSA, 2006).

No inverno de 1952, na cidade de Londres, Inglaterra, aconteceu o que é tido por muitos como o caso de inversão térmica associada à poluição atmosférica mais emblemática. Do dia 5 ao dia 9 de dezembro daquele ano, a cidade ficaria coberta por um denso *smog* (BELL; DAVIS, 2001), resultado de uma inversão térmica que fez com que a poluição advinda do aquecimento doméstico e da produção industrial não se dissipasse (BRAGA *et al*, 2001). A grande concentração de material particulado e de compostos de enxofre, ambos advindos da queima de carvão, fez com que acontecessem em torno de 3.000 mortes a mais das que seriam esperadas para aquele período de tempo na cidade, contribuindo para que se tornasse mais clara a associação entre a poluição atmosférica e os efeitos negativos sobre a saúde humana (BARBOSA, 2006).

Estes episódios serviram de impulso para movimentar os governos ao redor do globo em torno da problemática da qualidade do ar. Nos Estados Unidos, no ano de 1955, o parlamento decidiu investir cinco milhões de dólares em pesquisas que buscassem estabelecer a relação entre a poluição atmosférica e problemas de saúde, estudos estes que na década de 60 resultaram na elaboração de leis que buscavam o controle por parte dos estados sobre a emissão de determinados poluentes (BRAGA *et al*, 2001). Este movimento também ocorreu nos países europeus, que em 1976, por meio de determinação estabelecida pela Comissão das Comunidades Europeias (*Comission of the European Communities*), estabeleceram padrões para a emissão de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, entre outros poluentes (BRAGA *et al*, 2001).

1.1.2. Parâmetros Nacionais e Internacionais

Dentre os diversos tipos de poluentes atmosféricos, existe um grupo que possui um maior número de estudos que associam suas concentrações à incidência de doenças respiratórias. Segundo Santiago (2013), alguns destes poluentes são considerados indicadores universais de qualidade do ar, são eles: monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais (metano, butano e propano), dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, material particulado, entre outros. Estes poluentes foram listados na tabela 1 com suas respectivas fontes de emissão.

Tabela 1: Principais Poluentes Atmosféricos e suas fontes de emissão

Poluentes Atmosféricos	Origem
Monóxido de Carbono (CO)	Este composto tem origem nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis, além de outros materiais que contem carbono em sua constituição.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Este poluente é resultante da combustão completa de combustíveis fósseis, além de outros compostos que possuem carbono em sua composição, sendo o principal poluente gerado nesses processos. Outro processo comum que é responsável por gerar este composto é a respiração aeróbia dos seres vivos.
Óxidos de Enxofre (SO ₂ e SO ₃)	Combustíveis que apresentam enxofre em sua composição e processos biogênicos naturais são responsáveis por gerar estes compostos.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Estes compostos têm como principal fonte os processos de combustão, uma vez que para a realização deste processo é comum utilizar o oxigênio presente no ar e o Nitrogênio é o composto com maior abundância no ar. Além das descargas elétricas que ocorrem na atmosfera.

Poluentes Atmosféricos	Origem
Material Particulado (MP)	São considerados materiais particulados as partículas sólidas e/ou líquidas que são capazes de permanecer em suspensão, como por exemplo, poeira, pólen, fuligem e partículas de óleo. O pólen é proveniente de fenômenos naturais e os outros têm origem a partir de processos de combustão.

Fonte: BRAGA, B. et al. (2005, pg. 171).

Os prejuízos causados pelos poluentes atmosféricos à população e ao meio ambiente estão ligados a fatores como a concentração de poluentes na região, aos tipos de poluentes presentes, o nível de exposição, a faixa etária da pessoa e ao estado de saúde que o mesmo apresenta. Alguns estudos relatam que a poluição atmosférica pode causar danos à saúde da população mesmo quando apresentam níveis inferiores aos determinados nas legislações. Além disso, descrevem que os grupos mais suscetíveis às consequências danosas da poluição são os grupos de idosos, crianças e pessoas com doenças crônicas (BAKONYI *et al.*, 2004).

Para controlar os efeitos adversos dos diferentes poluentes atmosféricos, cada nação, ou grupo de nações, estabelece legislações ou parâmetros sobre níveis de concentração aceitáveis ou seguros para o meio ambiente e a saúde humana.

1.1.2.1. Parâmetros Nacionais

A legislação brasileira regula o controle da poluição do ar a partir da qualidade ambiental, do controle da poluição e do controle das emissões tanto de fontes fixas como de fontes móveis. A partir das legislações é possível observar os padrões de qualidade ambiental, verificar os níveis de poluição que podem ser danosos à saúde, definir conceitos sobre poluição e poluidor, além de determinar as infrações e sanções.

A Política Nacional de Meio Ambiente, descrita na lei 6.938/81, tem como principal objetivo assegurar condições para o desenvolvimento sustentável do país, estabelecer critérios e padrões de qualidade ambiental, para o uso e manejo dos recursos naturais, tendo em vista a preservação destes recursos para a manutenção

do equilíbrio ecológico, além da imposição ao poluidor de recuperar/ indenizar pelos danos causados. Esta política especifica como degradação da qualidade ambiental qualquer tipo de alteração danosa às características do meio ambiente (Art. 3º, inciso II).

A lei 6.938/81 conceitua poluição como qualquer tipo de alteração da qualidade ambiental, que seja resultante de atividades que sejam de forma direta ou indireta, nocivas à saúde, segurança e ao bem estar populacional, causem condições adversas ao desenvolvimento das atividades sociais e econômicas, ou que afete de forma negativa a biota, prejudique as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, e por fim que descarreguem matérias ou energia que sejam incompatíveis com os padrões ambientais determinados (Art. 3º, inciso III). Além de definir como poluidor a pessoa física ou jurídica, que esteja responsável direta ou indiretamente, por estas atividades (Art. 3º, inciso IV).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente, comumente conhecido como CONAMA, em 1989 estimulado pelo crescimento urbano e industrial acelerado e com objetivo de assegurar uma qualidade do ar visando o bem estar da população e prevenir o não comprometimento da qualidade do ar de áreas não degradadas, instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), que tem como estratégia limitar os níveis de emissão conforme o tipo de fonte e de poluentes prioritários (CONAMA,1989).

O PRONAR de nº005, de 15 de junho de 1989, classifica as regiões de acordo com os tipos de uso pretendidos como forma de prevenção para que não haja comprometimento significativo da qualidade do ar. As regiões são classificadas como:

Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.

Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.

Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade.

Além disso, para que se tenha um controle das ações definidas por este programa, foram estabelecidos alguns instrumentos de apoio como: Padrões de Qualidade do Ar, Limites máximos de emissão, Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar, Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar, PRONACOP - Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial, PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, criado pela Resolução CONAMA Nº 018/86 e o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar.

Em 1990 o CONAMA publicou sua resolução de número 3, de forma a complementar a resolução de 1989, em razão da necessidade de se ampliar o número de poluentes a serem monitorados. Como foi descrito no capítulo 1 deste trabalho, esta resolução define conceitos como poluentes atmosféricos e padrões de qualidade do ar primário e secundário.

O padrão primário de qualidade do ar é a concentração de determinado poluente que não deve ser ultrapassada, podendo causar risco a saúde da população caso não seja respeitada, em outras palavras seria o limite máximo tolerável de concentração. Já os padrões secundários de qualidade do ar são os níveis de concentração de determinados poluentes que, abaixo dos quais, causam baixo efeito na saúde da população e no meio ambiente, podendo ser considerados níveis aceitáveis de concentração.

Estes padrões de qualidade devem ser atingidos, além de orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar. Na tabela 2, são apresentados os padrões fixados dos poluentes estabelecidos como Padrões de Qualidade do Ar.

Tabela 2: Padrões de Qualidade do Ar- CONAMA

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão	Média Geométrica Anual	80	60
	Concentração média de 24 horas*	240	150

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)
Fumaça	Média Aritmética Anual	60	40
	Concentração média de 24 horas*	150	100
Partículas Inaláveis	Média Aritmética Anual	50	50
	Concentração média de 24 horas*	150	150
Dióxido de Enxofre	Média Aritmética Anual	80	40
	Concentração média de 24 horas*	365	100
Monóxido de Carbono	Concentração média de 8 horas*	10.000	10.000
	Concentração média de 1 hora*	40.000	40.000
Ozônio	Concentração média de 1 hora*	160	160
Dióxido de Nitrogênio	Média Aritmética Anual	100	100
	Concentração média de 24 horas*	320	190

* que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Fonte: Adaptado de CONAMA, 1990.

Com objetivo de estabelecer níveis de qualidade do ar para servir de base para o Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos locais responsáveis, assim como a comunidade local e entidades privadas, para a prevenção de danos a saúde e bem estar da população, é considerado como Episódio Crítico de Poluição do Ar quando ocorrem elevadas concentrações de poluentes em um curto espaço de tempo, decorrentes da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis para que ocorra a dispersão dos mesmos.

E para a execução deste plano foram estabelecidos três níveis, são eles: Atenção, Alerta e Emergência. Para cada um destes níveis a legislação estipula cenários sobre os possíveis efeitos sobre a saúde e faz recomendações para que se minimize o risco, como ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3: Níveis de risco estabelecidos pela CONAMA

Parâmetros	Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Efeitos sobre a saúde	Ocorre uma redução da resistência física, além de agravar sintomas em pessoas com problemas cardiorrespiratórios	Acelera o surgimento de determinadas doenças e pode agravar sintomas já existentes. Além de debilitar a resistência física de pessoas consideradas saudáveis	Falecimento prematuro de pessoas idosas e enfermos. Pessoas consideradas saudáveis podem apresentar sintomas adversos que vão afetar suas atividades rotineiras.
Precauções a serem tomadas pela população	Sugere-se que pessoas com problemas cardiorrespiratórios ou idosas permaneçam em suas residências, além de reduzir suas atividades físicas	Enfermos e idosos devem evitar esforços físicos e permanecer em suas residências. É importante que as pessoas evitem realizar atividades fora de casa	Toda a população deve permanecer em suas residências com todas as janelas, portas e entradas de ar fechadas. Além de evitar tráfego e a realização de atividades físicas.

Fonte: BRAGA, B. et al. (2005, pg. 192).

Os níveis de atenção e alerta, estabelecidos pela CONAMA, servem para evitar que a poluição chegue ao nível de emergência visando proteger a população dos efeitos adversos demonstrados anteriormente. A tabela 4 apresenta a divisão dos parâmetros e suas relativas concentrações dos poluentes segundo Braga et al.

Tabela 4: Concentrações dos poluentes de acordo com os níveis de risco

Parâmetros	Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas inaláveis/PM10 - Concentração média em 24h	250	420	500
SO₂ - Concentração média em 24h	800	1600	2100
CO (ppm)- Concentração média em 8h	15 (17.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30 (34.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 (46.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Parâmetros	Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
O3 – Concentração média em 1h	400	800	1000
NO2- Concentração média em 1h	1.130	2.260	3000
Fumaça- Concentração média em 24h	250	420	500

Fonte: Adaptado de CONAMA, 1990.

A responsabilidade para o cumprimento destas legislações e monitoramento da Qualidade do Ar é Estadual. A lei 1.413/75, que dispõe sobre o controle da poluição ambiental proveniente de atividades industriais, decreta que uma indústria, ao se instalar em território nacional, deverá se responsabilizar com medidas preventivas e corretivas, assim como pelos possíveis prejuízos gerados com a contaminação ou degradação do meio ambiente. Ainda sob a ótica preventiva, esta mesma lei direciona onde as indústrias deveriam se instalar para evitar que a situação de locais considerados críticos se agrave. Levando em conta as concentrações dos poluentes, aspectos como previsão meteorológica e fatos previstos ou esperados também devem ser considerados.

Porém a Lei 6.803 dispõe especificamente sobre zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, não tem como objetivo estabelecer níveis máximos de concentração de poluentes, porém possui diretrizes para a instalação dos complexos industriais para que suas atividades não afetem o bem estar da comunidade local. Classifica as regiões como: zona de uso estritamente industrial, zona de uso predominantemente industrial e zona de uso diversificado. Estas zonas deverão (Lei 6.803/80):

I – estar localizadas em áreas que apresentem alta capacidade de assimilação de efluentes e de proteção ambiental, respeitando as restrições legais do uso do solo;

II – situar-se em áreas em que a instalação de infraestrutura e serviços básicos necessários a sua segurança e seu funcionamento sejam favorecidas;

III – manter anéis verdes de isolamento, em seu contorno, que sejam capazes de assegurar as zonas circunvizinhas contra possíveis efeitos residuais ou acidentes;

Em seu artigo 9º trata sobre o licenciamento destas industriais especificando que as normas e padrões ambientais definidos pelo IBAMA, devem ser seguidos pelos órgãos competentes (Estaduais e Municipais), se atendo principalmente a alguns pontos do processo de produção, como: horário de funcionamento, riscos de acidentes, emissão de gases, vapores, ruídos, disponibilidade de energia elétrica, entre outros.

A CONAMA nº 382 de 2006 estabelece os limites máximos de concentração de poluentes emitidos por fontes fixas, ela abrange mais parâmetros do que as resoluções anteriores. Segundo Junior (2007), nas resoluções CONAMA anteriores ao PRONAR, o parâmetro básico considerado era a qualidade do ar, e quando em condições atmosféricas favoráveis era permitido uma maior emissão de poluentes. Com a resolução nº 382 este cenário foi modificado, uma vez que foram delimitadas concentrações limites específicas de emissão por poluente e para cada fonte fixa.

Para a emissão de poluentes geradas a partir de fontes móveis, tem-se a Resolução CONAMA nº18/ 86, que tem como principais objetivos: a redução dos níveis de emissão de poluição atmosférica causada por veículos automotores, criar programas de fiscalização e manutenção para os veículos automotores em funcionamento, além de buscar a conscientização da população sobre a questão da poluição atmosférica gerada pelos veículos automotores.

Desde quando foram cunhados os padrões da Conama 03/1990, muitos estudos relacionados aos efeitos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde das populações foram realizados. Outros órgãos internacionais, baseando-se nestes estudos mais recentes, adotam padrões mais severos para os controle da poluição atmosférica.

1.1.2.2. Parâmetros Internacionais

A Organização Mundial da Saúde (OMS) desde 1987 elabora diretrizes voltadas para a proteção da saúde da população contra os efeitos negativos advindos da poluição atmosférica. Estas diretrizes de tempos em tempos são atualizadas, sempre baseadas na avaliação dos resultados fornecidos por estudos científicos atuais.

As Diretrizes de Qualidade do Ar possuem informações sobre os efeitos e os limites toleráveis de concentração para os seguintes grupos de poluentes:

1. Poluentes Orgânicos (benzeno, tolueno, monóxido de carbono, entre outros);
2. Poluentes Inorgânicos (chumbo, mercúrio, cádmio, entre outros);
3. Poluentes Indoor (fibra de vidro, fumaça de tabaco, radônio);
4. Poluentes Clássicos (dióxido de nitrogênio, ozônio, material particulado e dióxido de enxofre).

Na versão mais recente destas diretrizes, o documento da OMS (2006), traz atualizações para as concentrações aceitáveis ou recomendáveis para os chamados poluentes atmosféricos clássicos, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Concentrações recomendáveis para os poluentes

Poluente	Tempo de amostragem	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Material Particulado (PM_{10})	Média Anual	10
	Concentração média de 24 horas	50
Ozônio (O_3)	Concentração média de 8 horas	100
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	Média Anual	40
	Concentração média de 1 hora	200
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Concentração média de 24 horas	20
	Concentração média de 10 minutos	500

Fonte: OMS, 2006

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), também delimita os padrões de qualidade do ar para seis poluentes principais, sendo eles o

material particulado, monóxido de carbono, chumbo, ozônio, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio. A legislação chamada “Clean Air Act” (Ato do Ar Limpo) que foi estabelecida no ano de 1970 determina que a EPA é responsável pela proteção e melhoria da qualidade do ar no país. Assim como os padrões de qualidade do ar da OMS, as concentrações dos poluentes controladas pela agência também são atualizadas de acordo com os estudos científicos recentes, quando relevante.

Assim como na legislação brasileira, existe uma divisão entre padrão primário de qualidade do ar e padrão secundário na legislação dos Estados Unidos. Os padrões primários de qualidade do ar são aqueles voltados a garantir a proteção da saúde pública, são padrões estabelecidos para resguardar inclusive a saúde das parcelas mais sensíveis da população, como idosos, crianças e pessoas com doenças crônicas. Os padrões secundários de qualidade do ar são voltados para garantir o bem estar público da população, o que engloba a proteção contra danos à saúde dos animais, as colheitas, as matas, edifícios e garantia de boa visibilidade. Os padrões de qualidade do ar mais atuais da EPA estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Padrões de qualidade do ar EPA

Poluente	Padrão primário/ secundário	Tempo da média	Concentração
Monóxido de Carbono (CO)	Primário	8 horas	9 ppm
		1 hora	35 ppm
Chumbo (Pb)	primário e secundário	Média móvel de 3 meses	0.15 µg/m ³
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Primário	1 hora	100 ppb
	primário e	1 ano	53 ppb

Poluente		Padrão primário/ secundário	Tempo da média	Concentração
		secundário		
Ozônio (O ₃)		primário e secundário	8 horas	0.070 ppm
Material Particulado (PM)	PM _{2.5}	Primário	1 ano	12.0 µg/m ³
		Secundário	1 ano	15.0 µg/m ³
		primário e secundário	24 horas	35 µg/m ³
	PM ₁₀	primário e secundário	24 horas	150 µg/m ³
Dióxido de Enxofre (SO ₂)		Primário	1 hora	75 ppb
		Secundário	3 horas	0.5 ppm

Fonte: EPA, 2018.

Cada um dos poluentes que tem sua concentração monitorada e controlada pelos diferentes órgãos ambientais do mundo tem diferentes origens, características físico-químicas e efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana.

1.2. Saúde Pública

A saúde pública tem como objetivo resguardar o bem estar e a qualidade de vida saudável de toda a população. Para isto o Estado deve desenvolver ações ou medidas que permeiem todas as esferas de uma sociedade, primando sempre pelo interesse da sociedade como um todo (LUCCHESI *et al.*, 2004).

A Carta de Ottawa (OMS, 1986), lista uma série de condições necessárias para a saúde de um indivíduo, e elas são: paz; abrigo; educação; alimentação; renda; um ecossistema estável; recursos sustentáveis; e justiça social e equidade.

Estes pré-requisitos para a saúde, listados pela Carta de Ottawa, mostram como houve uma evolução no conceito de saúde pública, posto que no passado a saúde pública tinha um viés de análise focado nas causas individuais das doenças, passando atualmente para um modelo de análise que também abarca as condições e questões socioambientais para avaliar os motivos pelos quais se desenvolvem as enfermidades (OLIVEIRA, 2005).

Para que os governos e entes sociais envolvidos possam tomar decisões que impactem positivamente na melhoria da saúde da população, os mesmos devem se munir de estudos técnicos que norteiem as políticas públicas que serão propostas.

1.2.1. Epidemiologia

Epidemiologia pode ser definida como uma ciência que relaciona problemas de saúde em grupos populacionais específicos com determinados processos, e utiliza este conhecimento para tentar controlar problemas na saúde (PORTA, 2014). Por ter este caráter investigativo diz-se que esta é uma ciência que busca o esclarecimento das causas das doenças (IRGENS, 2010).

Neste sentido, ao se debruçar sobre a distribuição das causas, e ocorrência de eventos relacionados a problemas de saúde, ela se torna instrumento imprescindível para o planejamento e a eficácia da saúde pública.

Estudiosos datam o início da epidemiologia como ciência por volta do século sexto antes de Cristo, época na qual Hipócrates, pai da medicina grega, associava o estilo de vida, hábitos alimentares e a interação do indivíduo com o ambiente como possíveis causas de doenças (TRUJILLO, 2016). No entanto, a epidemiologia

moderna surgiu durante uma epidemia de cólera no ano de 1848 em Londres, Inglaterra. John Snow, doutor em medicina pela universidade de Londres, levantou a hipótese que as pessoas estavam contraindo a doença através da água contaminada (VALDIVIA e CERDA, 2007). Utilizando-se de mapas e o registro de mortes por cólera, além de observar a qualidade da água distribuída em diferentes regiões da cidade, ele tentou estabelecer a relação entre os dois fatores, porém sua teoria foi refutada pela comunidade científica da época.

Atualmente, os tipos de estudos epidemiológicos podem ser divididos em dois grandes grupos, os chamados experimentais ou de intervenção, e os não experimentais ou observacionais.

1.2.1.2. Estudos Epidemiológicos Experimentais

Nos estudos epidemiológicos experimentais os indivíduos são designados ou selecionados, seja de maneira aleatória ou não (CASTRO *et al*, 2003). Estes tipos de estudos lidam diretamente com pessoas, sendo assim possuem uma série de restrições éticas e cuidados a ser tomados, para que não se prejudique a integridade física ou moral do paciente. Além disso, por serem estudos que lidam diretamente com pessoas, seja por meio de entrevistas ou administração de medicamentos, o custo de um estudo epidemiológico experimental, quando comparado com um estudo não experimental, tende a ser mais caro (ROTHMAN e GREENLAND, 1998).

1.2.1.3. Experimentos Clínicos

Segundo Rothman e Greenland (1998), um teste clínico tem como objetivo avaliar a eficácia de um tipo de cura para determinada doença, seja esta cura um tratamento ou um medicamento, assim como uma medida preventiva para os efeitos de determinado mal. O objeto de um ensaio clínico é, geralmente, um paciente. Os pacientes que participam de um teste clínico devem ser previamente diagnosticados com a doença ou mal a que se quer estudar.

Existem alguns tipos de diretrizes éticas para se aceitar pessoas como objetos de testes clínicos, como por exemplo, avaliar o grau em que a doença se apresenta no paciente. Pacientes em condições muito debilitadas para receber o

tratamento devem ser excluídos dos testes clínicos. Determinadas situações devem ser evitadas para que um teste clínico não tenha seus resultados afetados por fatores externos. Participação de pesquisadores com interesse em determinado resultado pode ser um fator de alteração dos resultados de um teste clínico.

1.2.1.4. Experimentos de campo

De acordo com o dicionário de epidemiologia (*A Dictionary of Epidemiology*, 2014), um experimento de campo é um estudo clínico-epidemiológico realizado na população geral, fora de um ambiente laboratorial. Os objetos de estudo dos experimentos de campo se diferenciam dos objetos dos experimentos clínicos por ainda não terem contraído determinada doença, sendo assim, ainda não são pacientes (ROTHMAN e GREENLAND, 1998). Além disso, por se lidar com um grupo maior de objetos de estudo e estes não estarem comumente presentes em um centro de análise, os experimentos de campo tendem a ser mais caros do que os experimentos clínicos. Os mesmos cuidados para evitar resultados tendenciosos que se tomam para os experimentos clínicos devem ser tomados para os experimentos de campo (ROTHMAN e GREENLAND, 1998).

1.2.1.5. Estudos Epidemiológicos Não Experimentais

Estudos não experimentais, quando comparados com os estudos experimentais, sofrem com menor problema com relação a fatores éticos, tendo em vista que não lidam diretamente com um paciente, o expondo a diferentes tipos de situações. No entanto, estes estudos muitas vezes dependem de dados secundários, o que pode prejudicar a qualidade da análise. Os principais estudos epidemiológicos não experimentais são os estudos ecológicos e os estudos longitudinais, de coorte.

1.2.1.6. Estudos Longitudinais

Em estudos longitudinais o pesquisador divide sua amostra em dois grupos distintos, um exposto a determinado agente ou causa de uma determinada doença,

e o outro não exposto a tal fator. Ambos os grupos têm seus dados individuais coletados durante certo período de tempo, para que se avaliem as condições de saúde dos indivíduos e suas alterações (CASTRO et al, 2003).

1.2.1.7. Estudos Ecológicos

Estudos ecológicos se utilizam de técnicas estatísticas para analisar dados geográficos durante um determinado período de tempo. Este tipo de estudo, em sua maioria, se volta para estudar os efeitos de fatores ambientais sobre determinada população, habitante de determinada área geográfica (MAGALHÃES, 2012). Os dados secundários deste tipo de estudo, em geral, não estão disponíveis em nível individual. A associação entre a doença e causa se estabelece quando os indicadores, grau de exposição e incidência, tem concordância entre si (CASTRO et al, 2003). Magalhães (2003), sugere que existem três tipos de variáveis ecológicas, sendo variáveis de agregação (ex.: percentual de incidência de determinada doença); variáveis ambientais (ex.: concentração de poluentes em determinado município, em determinado período de tempo) e; variáveis globais (ex.: cumprimento de metas globais de erradicação de doenças).

Para este tipo de estudo é importante que não se assumam casualidades individuais para problemas percebidos para populações, isso se dá porque os dados utilizados neste tipo de estudo, em geral, são médias distribuídas para um conjunto de indivíduos (ROTHMAN e GREENLAND, 1998). Além disso é necessário que se tenha em mente que a escassez de dados pode prejudicar as análises feitas com este tipo de estudo. No entanto, ainda que haja fatores de confusão da análise, as associações feitas pelos estudos ecológicos são indicativos de temas que devem ser pesquisados mais a fundo (ROTHMAN e GREENLAND, 1998).

1.3. Análise Estatística

A Epidemiologia se utiliza de diversas ciências para embasar suas análises. Os estudos epidemiológicos podem ocorrer através análises gráficas, ensaios laboratoriais, ou ainda através de análises estatísticas de dados.

Na estatística as principais técnicas utilizadas para identificar padrões em ambientes ou situações onde os acontecimentos são definidos através de inúmeras variáveis são chamados de Análise Exploratória de Dados. Essa análise é necessária para a identificação de relacionamentos entre variáveis quando não há expectativas acerca destes relacionamentos. Muitas variáveis distintas são consideradas e comparadas. Isto é realizado utilizando-se uma grande diversidade de técnicas e modelos matemáticos com o objetivo de se encontrar padrões nestes dados (HAIR *et al.*, 2009).

Em algumas delas são usados testes estatísticos com intuito de verificar uma hipótese acerca de relacionamentos entre variáveis, por exemplo, se existe correlação, positiva ou negativa, entre a taxa de internação e o material particulado em uma determinada cidade. Nesse caso pode-se utilizar uma ou mais variáveis para explicar a variação.

As técnicas de análise de dados podem ser classificadas em dois grupos:

- Descritiva: técnicas mais simples para analisar a distribuição das variáveis, principalmente utilizada para examinar tabelas de frequência, (média, mediana, moda, desvio padrão, variância, quartil, valor mínimo e máximo), não sendo consideradas para identificar padrões.
- Exploratória Multivariada: servem para identificar padrões em um conjunto de dados sendo uma sequência de observações ou a mensuração de um acontecimento.

Dentre o grupo de técnicas multivariadas, a correlação e a regressão são utilizadas para descrever diversos fenômenos.

CORRELAÇÃO:

A correlação avalia como uma variável se comporta quando a outra está variando, com objetivo de verificar se existe alguma relação entre a variabilidade de ambas. O resultado dessa análise é o coeficiente de correlação linear de Pearson, que varia entre -1 e 1. Quando esse valor se aproxima de 1 percebe-se o aumento do valor de uma variável quando a outra também cresce, ou seja, corresponde a uma correlação positiva. E quando o coeficiente se aproxima de -1 conclui-se que as variáveis também estão correlacionadas, mas quando uma aumenta a outra diminui, dessa forma estabelece uma correlação negativa (HAIR *et al.*, 2009).

REGRESSÃO LINEAR E MÚLTIPLA

Complementando a correlação, a regressão é uma equação que melhor se ajusta para descrever numericamente a relação estatística entre uma (regressão linear) ou mais variáveis independentes (regressão múltipla) em relação a variável resposta. Para construir uma regressão é necessária cumprir com algumas premissas estatísticas realizadas no teste ANOVA e as estatísticas da regressão (HAIR *et al.*, 2009).

ANOVA é um conjunto de modelos estatísticos dividido em diversos testes em que sua aplicação está associada a um produto, serviço, estudo ou processo. Segue um exemplo abaixo:

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	75%
R-Quadrado	60%
R-quadrado ajustado	55%
Erro padrão	4
Observações	35

ANOVA

	<i>Gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	900	900	13,5	0,001
Resíduo	33	2180	65		
Total	34	3080			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	25	2	15	0,004
Variável A	15	4	3	0,010
Variável B	-10	5	2	0,000

Teste de hipótese é um processo estatístico que permite tomar uma decisão de aceitar ou recusar H0 entre duas ou mais hipóteses utilizando os dados da base de dados em diversos testes estatísticos. No caso acima, o teste leva em considerações duas hipóteses:

H0: os coeficientes das variáveis são iguais à zero, ou seja, a variável é insignificante para o modelo

H1: os coeficientes são diferentes de zero, ou seja, pelo menos uma variável é significativa para o modelo

Para solucionar o teste de hipótese, verifica-se o teste F de significância, que testa se a regressão é significativa ou não, ou seja, se pelo menos um dos parâmetros (variáveis) da regressão é diferente de 0. Esse teste se dá por meio da estatística F. Essa estatística é baseada na tabela f em que se compara o valor referente aos dados da tabela com o resultado da regressão. Se for maior que a tabelada, deve-se rejeitar h0 e isso significa que pelo menos um dos coeficientes é diferente de 0 e a regressão será significativa (HAIR *et al.*, 2009).

Outro teste, o P-valor, também chamado de nível descritivo, nos diz se cada variável na regressão é significativa ou não, ou seja, a probabilidade de observar algo mais extremo do que foi observado nos dados. Se for abaixo de 0,05, considerando um nível de significância de 5%, ela é importante para o modelo. Se for acima, deve ser descartada (HAIR *et al.*, 2009).

O R quadrado e R quadrado ajustado demonstram o quanto da variável resposta (dependente) está sendo explicado pela variável explicativa (independente). Contudo o segundo é penalizado pela quantidade de variáveis no seu modelo e com isso, caso o R2 ajustado seja próximo ao R2, significa que a função do seu modelo está bem especificada, dessa forma é sempre melhor que se trabalhe com o R2 ajustado (HAIR *et al.*, 2009).

A equação é formada após as premissas acima forem respeitadas. Dessa forma, a equação formada do exemplo acima seria:

$$\text{variável resposta} = 25 + 15 * \text{variável A} - 10 * \text{variável B}$$

1.4. Poluição Atmosférica e Doenças Respiratórias

A qualidade do ar pode influenciar diretamente na saúde das pessoas, uma vez que através da respiração são inalados diferentes compostos químicos ou partículas que podem ser tóxicas para o organismo. Com o aumento da poluição atmosférica a população fica cada vez mais exposta aos seus efeitos adversos. Os

poluentes atmosféricos atingem o organismo humano principalmente pelas vias respiratórias, como reflexo disso a maior parte das doenças relacionadas à qualidade do ar estão ligadas ao trato pulmonar (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

A poluição do ar interfere no aumento de casos de mortalidade e morbidade de forma universal, podendo afetar todas as faixas etárias (SAMET *et al.*, 2000), porém crianças e idosos podem apresentar casos mais frequentes ou mais graves por possuírem sistemas imunológicos mais vulneráveis aos efeitos deletérios da poluição.

Segundo dados da OMS (2018), doenças respiratórias foram a terceira e a quarta maior causa de mortes no mundo, decorrentes de problemas de saúde, em 2016. A chamada Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) em conjunto com as Infecções do Trato Pulmonar Inferior tiraram, naquele ano, a vida de aproximadamente 6 milhões de pessoas, 3 milhões atribuídos a cada doença (OMS, 2018). A DPOC tem como maior causa os efeitos do tabagismo, no entanto ela também envolve a exposição prolongada do indivíduo a gases com efeitos irritantes e material particulado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Neste mesmo ano, as Infecções respiratórias agudas foram a segunda maior causa de morte de crianças menores do que cinco anos, representando 15% do total, perdendo apenas para problemas relacionados com a prematuridade (OMS, 2018). Quando é observada a causalidade de mortes sob a perspectiva do desenvolvimento econômico, nos países que possuem uma baixa renda per capita as Infecções do Trato Pulmonar Inferior são a principal causa de mortes (OMS, 2018).

Segundo dados da OMS (2018) a poluição atmosférica foi à causa de aproximadamente 4,2 milhões de mortes ao redor do globo, o que pode ser explicado pela grande exposição das populações tanto das cidades como do campo aos efeitos deletérios dos poluentes. A população global quase em sua totalidade, 91%, não respirou ar limpo no ano de 2016, e a maior parte da população das cidades esteve exposta a concentrações de poluentes duas vezes e meio maior do que as recomendáveis (OMS, 2018).

1.5. Material Particulado

Os chamados Materiais Particulados (MP) são compostos químicos, poeiras ou fumaças que se apresentam como uma mistura entre componentes sólidos e/ou líquidos e se encontram dispersos, em suspensão na atmosfera (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007). Os materiais particulados não são visíveis a olho nu, quando as partículas estão em conjunto formam uma neblina que dificulta a visibilidade. Estes materiais particulados que se encontram suspensos na atmosfera não possuem o mesmo tamanho, forma e nem sempre tem a mesma composição química (BAIRD, 2011).

Estas partículas podem ser provenientes de eventos naturais como a suspensão de poeira pelos ventos, liberação de pólen pelas plantas, emissão de cinzas por eventos vulcânicos ou provenientes do mar, em forma de maresia (MAGALHÃES, 2005). Além das fontes naturais, o material particulado pode ser lançado na atmosfera pela ação antropogênica, que pode se manifestar na forma de queima de combustíveis fósseis, queimadas intencionais ou também no processo de extração de minérios (BRAGA *et al*, 2007).

Fatores como topografia, presença de tráfego intenso, tamanho e distância das estradas e meteorologia interferem na concentração do Material Particulado (HEI, 2010). Segundo o Inventário de Emissões de Fontes Veiculares da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, referente ao ano de 2015, demonstrou que o fluxo intenso de veículos pesados, como ônibus e caminhões, contribui para altas taxas de emissão de Material Particulado, pois utilizam-se de diesel como fonte de combustível (Tabela 7).

Tabela 7: Fontes de emissão de MP no Estado do Rio de Janeiro (ton./ano)

Tipo de veículo	MP escapamento	MP ressuspensão	MP total
Automóveis	9,92	694,6	704,52
Comerciais leves do ciclo Otto	0,79	63,19	63,98
Comerciais leves do ciclo Diesel	52,74	80,4	133,14
Ônibus rodoviários	2,3	1,47	3,77
Ônibus urbano	43,47	20,47	63,94
Caminhões Leves	25,43	9,93	35,36

Tipo de veículo	MP escapamento	MP ressuspensão	MP total
Caminhões Médios	63,66	10,29	73,95
Caminhões Pesados	152,7	32,67	185,37
Motocicletas	-	2,81	-
Total	351,03	915,83	1.266,86

Fonte: INEA, 2016.

O uso de Diesel no estado do Rio de Janeiro ainda é alto devido a grande frota de caminhões e alguns ônibus que utilizam este combustível, o que pode ser um fator preocupante para a população do estado, já que de acordo com a Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), o material particulado proveniente de fontes como indústrias, usinas, queimadas e uso de combustíveis como diesel, são considerados agentes cancerígenos (COHEN et al. 2015).

1.5.1. Material Particulado e seus efeitos adversos à saúde

O material particulado pode afetar o organismo de diferentes formas, seus efeitos adversos dependem de sua composição química e do seu diâmetro. Diversos estudos ecológicos e epidemiológicos correlacionam os diferentes níveis de concentração de material particulado presente na atmosfera com agravos na saúde como morbidade hospitalar e mortalidade (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007).

De acordo com sua origem, o material particulado possui diferentes tamanhos, que em geral são menores do que 100 µm de diâmetro (BAIRD, 2002 *apud* MAGALHÃES, 2005). O diâmetro da partícula interfere no local em que a partícula vai se depositar, por exemplo, as partículas finas podem se depositar no trato respiratório inferior e atingir os alvéolos pulmonares e as grossas ficam retidas na parte superior das vias aéreas (SCHWARTZ, 1993).

Em geral se tem menor preocupação com o chamado material particulado grosseiro, isso se dá porque como o tamanho de seu diâmetro é maior do que 10 µm, o organismo conseguiria filtrar ou expelir essas partículas de maneira mais simples, por meio dos pelos existentes nas narinas, ou pela mucosa presente no sistema respiratório (MAGALHÃES, 2005). No entanto, há relatos de que por se acumularem nas vias aéreas superiores, o material particulado grosseiro pode

intensificar problemas de saúde do trato respiratório, como por exemplo, a asma (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007).

Os materiais particulados inaláveis, em especial os de diâmetro menor do que 2,5 µm, conseguem chegar ao trato inferior do aparelho respiratório, se depositando nos alvéolos pulmonares e brônquios, que não possuem mecanismos eficientes para expeli-los (BRAGA, *et al*, 2001). A exposição ao material particulado pode acometer casos de asma e bronquite, além disso, em casos de exposição crônica a capacidade pulmonar pode ser comprometida e o risco de câncer no pulmão aumenta, uma vez que substâncias tóxicas e causadores de câncer podem estar adsorvidas no Material Particulado (SCHWARTZ, 1993).

Arbex *et al* (2012) dão um panorama geral dos efeitos dos materiais particulados sobre a saúde, que são: diminuição da atividade muco ciliar e dos macrófagos; produção de irritação nas vias aéreas; inflamação do sistema pulmonar causado por estresse oxidativo; contato em longo prazo causa DPOC e remodelamento dos brônquios; podem ter efeito cancerígeno.

O câncer pode ser definido cientificamente como uma doença em que as células mutantes, como os tumores malignos, crescem de forma descontrolada. Os tipos de câncer se diferenciam de acordo com o órgão afetado e a capacidade de invasão de tecidos e de se dispersar pelo corpo. Alguns fatores potencializam as chances de pessoas terem essa doença, podem ser hereditários ou fatores ambientais. Cerca de 80% dos casos de câncer está relacionado a fatores ambientais como poluição, condições insalubres de trabalho e estilo de vida (ALMEIDA, *et al.*, 2004). Topey (2016) destaca a poluição do ar, como um fator externo que causa essas mutações e ocasionam o câncer de pulmão.

A asma é considerada como uma doença respiratória crônica onde ocorre a obstrução do fluxo de ar, os sintomas mais comuns nas crises são falta de ar, tosse forte e desconforto, porém nem sempre a doença se manifesta da mesma forma em todas as pessoas, nos casos mais graves pode haver inflamação crônica das vias aéreas e pode haver a presença de hiperreatividade brônquica, frequência cardíaca e respiratória elevadas sendo que os episódios de asma podem ocorrer com maior frequência ou piorar na parte da noite e nas estações mais frias do ano. Além disso, em alguns casos a asma pode evoluir para o óbito de pacientes (SILVA, *et al.* 2012).

De acordo com Silva (2012) a bronquite e o enfisema pulmonar correspondem a Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas (DPOC), a quinta maior razão da internação de pacientes com mais de 40 anos na rede SUS, no Brasil, o que corresponde a um gasto de 72 milhões de reais por ano. Estas doenças estão associadas a uma inflamação irregular dos pulmões que ocorre devido à inalação de gases e/ ou partículas tóxicas. Como consequência destes processos inflamatórios os brônquios, bronquíolos e o parênquima pulmonar podem sofrer alterações.

Os sintomas de bronquite mais comuns são tosse e expectoração, já no casos mais crônicos são dispneia, dor no tórax e chiado agudo pelas vias respiratórias, sibilância. No caso do enfisema pulmonar, além de sintomas como tosse, dificuldade para respirar e respiração ofegante, a superfície pulmonar onde acontecem as trocas gasosas, os alvéolos, é destruída (SILVA, et al. 2012).

Gouveia *et al* (2006) puderam perceber que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP_{10} na cidade de São Paulo gerou um aumento nas internações hospitalares de por agravos de condições respiratórias em crianças e idosos, de 4,6% e 4,3% respectivamente.

Também na cidade de São Paulo com esta mesma linha de análise, Freitas *et al* (2004) verificaram a associação entre as internações de crianças menores do que 14 anos e a mortalidade de idosos com as variações de concentrações do MP_{10} . Além disso, os autores puderam verificar que a relação entre a concentração do material particulado e as taxas de internação no município obedecia a um padrão linear. Por último os autores constataram que não existiria um limiar seguro sob o qual a exposição a material particulado não teria efeitos sobre a saúde da população.

2. Metodologia

O presente trabalho é classificado como uma pesquisa descritiva (GIL, 1991), com a realização de pesquisas em determinados municípios do Estado do Rio de Janeiro. Para alcançar os objetivos deste estudo os procedimentos técnicos escolhidos foram pesquisas bibliográficas e documentais. Sob o ponto de vista epidemiológico, o trabalho, por se utilizar de dados secundários para analisar os

efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população de diferentes municípios, pode ser classificado com um estudo epidemiológico ecológico não experimental.

Este trabalho buscou evidenciar os graus de correlação simples entre diversas variáveis

2.1. Caracterização da rede de monitoramento da qualidade do ar

No Brasil 11 estados possuem controle de qualidade do ar através de amostradores distribuídos em todo seu território. A região sudeste do Brasil representa o maior percentual de monitoramento do país, um total de 76%, sendo que os estados do Rio de Janeiro e São Paulo possuem uma posição de destaque quanto ao número de amostradores, quando comparados às outras regiões. Nas estações existentes nos 11 estados, não há o monitoramento de todos os poluentes, sendo que 82% das estações monitora MP₁₀ e MP_{2,5}, 45% monitora SO₂ e 46% monitora O₃ (VORMITTAG *et al.*, MMA, 2014).

Tabela 8: Estações de monitoramento de qualidade do ar

Localização	Número total de estações	Território (km²)	População	Estações a cada 100.000 habitantes
Brasil	252	8.515.767	190.732.694	1,3
São Paulo	86	248.222	41.262.199	2
Rio de Janeiro	80	43.780	15.989.929	5
EUA	5.000	9.826.675	318.154.828	16
Europa	7.500	4.234.000	505.665.739	14,8

Fonte: Adaptado de VORMITTAG *et al.*, MMA, 2014.

Apesar da região sudeste possuir o maior quantitativo de amostradores do país, quando comparada com as redes internacionais de monitoramento, é constatado que a medição da qualidade do ar ainda tem muito a se desenvolver.

No Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA), como forma de colocar as políticas públicas em ação e proteger a saúde da população, controla a qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro através do estabelecimento de uma rede de estações de monitoramento de qualidade do ar. São 117 estações ao todo, que monitoram a concentração de poluentes e parâmetros meteorológicos, como umidade relativa do ar e temperatura. Dentro desse total de estações 62 são automáticas, 2 móveis e 53 semiautomáticas (INEA, 2016). Estas estações estão localizadas em diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro, são elas: Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), Costa Verde (RCV), Médio Paraíba (RMP), Serrana (RS) e Norte Fluminense (RNF).

A Tabela 9 descreve quais são os parâmetros analisados pelas redes de monitoramento do ar do Inea, além de mostrar como funciona a coleta e o registro de dados.

Tabela 9: Redes de monitoramento do ar do Rio de Janeiro

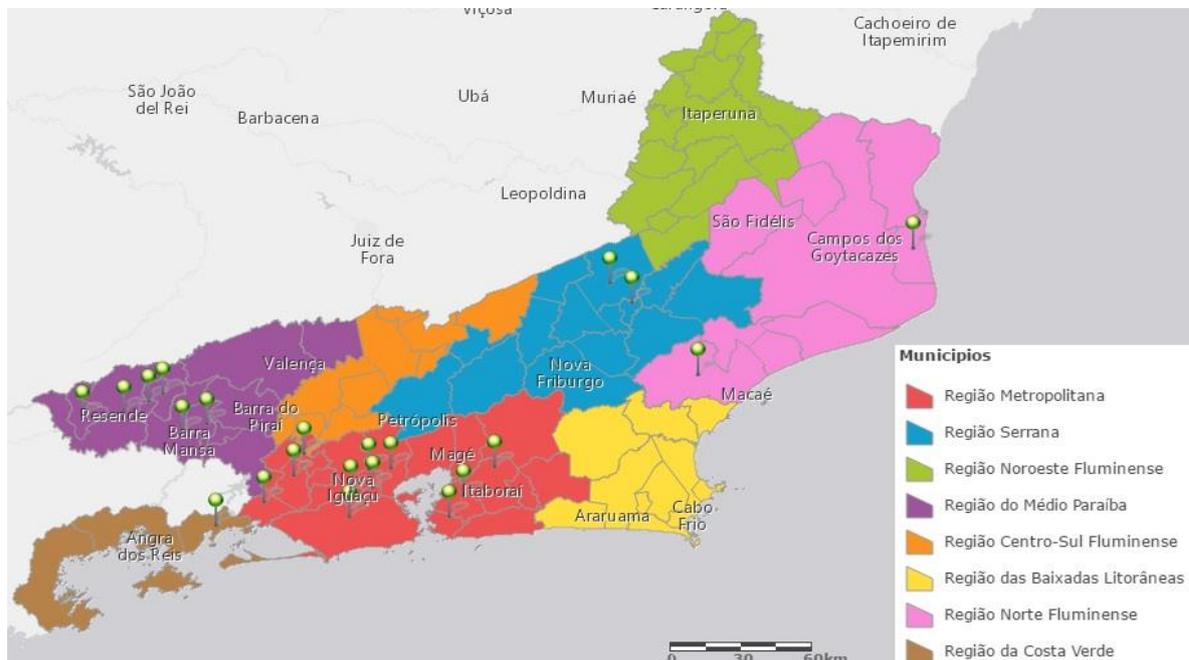
Redes de Monitoramento do Ar	Parâmetros analisados	Funcionamento
Automáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Poluentes: NO₂; CO; SO₂ ; O₃; HC; COV; material particulado (PM) em suspensão na atmosfera, nas frações Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Material Particulado com diâmetro até 10µm (PM10); • Parâmetros meteorológicos: direção e velocidade do vento; temperatura; umidade; radiação solar; pressão atmosférica; precipitação 	A coleta de dados é realizada de forma contínua, através do processamento das médias horárias, no local em que está instalada. São processados em tempo real e transmitidos via internet para a central de telemetria do INEA. Após este processo as informações armazenadas no servidor passam por processo de validação técnica periódica e são disponibilizadas diariamente através de boletins online pelo INEA.

Redes de Monitoramento do Ar	Parâmetros analisados	Funcionamento
Semiautomáticas	Material particulado em suspensão na atmosfera nas frações Partículas Totais em Suspensão (PTS); PM ₁₀ ; PM _{2,5}	A coleta de dados é realizada por 24 horas ininterruptas, durante um dia. Essa coleta ocorre de seis em seis dias. As estações recebem visitas técnicas semanalmente para realizar a medição e a troca dos filtros do amostrador, além da programação do aparelho para a próxima coleta. Os filtros coletados são levados para um laboratório para serem pesados e desta forma a concentração do MP é calculada e os resultados são colocados nos bancos de dados e são publicadas a cada seis dias através de um boletim online publicado pelo INEA.

Fonte: INEA, 2012.

A figura 1 ilustra a localização das regiões que possuem estações de monitoramento de qualidade do ar nos municípios do Rio de Janeiro, além disso, serve como critério comparativo para avaliar controle da qualidade do ar entre os demais municípios.

Figura 1: Localização dos municípios do Rio de Janeiro que possuem monitoramento



Fonte: Elaborado pelo autor- ArcGis.

O Relatório de Monitoramento de Qualidade do Ar realizado (INEA, 2016), destaca que a região metropolitana, que possui o segundo maior aglomerado de indústrias e veículos do Brasil, registrou resultados negativos referentes à qualidade do ar do Estado no ano de 2015. As fontes veiculares são responsáveis por 77% das emissões de poluentes e as fontes fixas, como as indústrias, são responsáveis pelos 23% restantes, sendo que os principais setores causadores dessa poluição são: energia, químico, naval, alimentos e petroquímicos.

Já a região do Médio Paraíba que é cortada pela Rodovia Presidente Dutra que é o principal eixo que liga o estado de São Paulo ao Rio de Janeiro e desta forma recebe um intenso fluxo de veículos de grande porte. Além disso, o setor industrial tem grande impacto na poluição atmosférica da região, sendo as indústrias siderúrgicas, metal-mecânicas e automotivas suas principais influências (INEA, 2015).

Ainda segundo o relatório do INEA (2015), a região Norte Fluminense possui instalada algumas indústrias em seu território, entre essas indústrias os setores para atividades da cadeia produtiva de petróleo e gás, as atividades sucroalcooleira e de energia são considerados os maiores poluidores do ar desta região. No caso da região Serrana, suas atividades mais poluidoras são as indústrias cimenteiras e

alimentícias. A região da Costa Verde, além da rodovia Rio Santos, que possui um grande tráfego de veículos, possui indústrias de construção naval.

A Tabela 10 resume as atividades industriais e quantitativos de estações de monitoramento do ar dos municípios do estado do Rio de Janeiro divididos por regiões.

Tabela 10: Monitoramento dos municípios e suas atividades industriais

Regiões prioritárias para Monitoramento da Qualidade do Ar	Municípios Estudados	Atividades Industriais	Estações de Monitoramento
Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)	Rio de Janeiro, Mesquita, São João de Meriti, Belford Roxo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Itaboraí, Seropédica, Itaguaí, São Gonçalo, Niterói	Duque de Caxias (polo petroquímico de Campos Elíseos), Belford Roxo (indústria química), Niterói (indústria naval, material de transporte, química, gráfica, e produtos alimentares), Nova Iguaçu (setor industrial moveleiro, produtos de perfumaria, bebidas e alimentos), São Gonçalo (minerais não metálicos, produtos alimentares, indústria farmacêutica e química), Seropédica (usinas termoelétricas) e o Distrito de Santa Cruz, no Rio de Janeiro (siderurgia - com destaque à TKCSA - e usinas termoelétricas, entre outros).	37 automáticas e 34 semiautomáticas.
Região Médio Paraíba (RMP)	Volta Redonda, Resende, Barra Mansa, Itatiaia, Quatis e Porto Real	Na Região Industrial do Médio Paraíba destacam-se os setores associados à siderurgia, em especial a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN); setor automotivo, em Resende e Porto Real, com atração de indústrias automobilísticas bem como sua cadeia produtiva (pneus, química, vidros e infraestrutura de logística industrial) e setor metal-mecânico, em Volta Redonda e outros municípios do Médio Paraíba	13 estações automáticas, 9 semiautomáticas e 1 meteorológica.

Regiões prioritárias para Monitoramento da Qualidade do Ar	Municípios Estudados	Atividades Industriais	Estações de Monitoramento
Região Norte Fluminense (RNF)	Macaé e São João da Barra	O modelo de desenvolvimento encontrado na região litorânea do Norte Fluminense contou com a atração de grandes empresas associadas à cadeia produtiva do petróleo e gás.	4 estações automáticas e 4 semiautomáticas.
Região Serrana (RS)	Macuco e Cantagalo	O modelo de desenvolvimento encontrado na região Serrana conta com a atração de grandes empresas associadas à cadeia produtiva do cimento.	3 estações automáticas.

Fonte: INEA, 2015.

2.2. Coleta dos dados de Qualidade do Ar e Meteorologia

Os dados de qualidade do ar e de meteorologia foram coletados no banco de dados oficial do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), que está hospedado no web site www.inea.rj.gov.br. Neste site foi selecionado o menu chamado “Qualidade Ambiental” e em seguida “Monitoramento do Ar – Emissões e Qualidade”. Após isso deve se selecionar a opção do menu chamada “Qualidade do Ar” e depois escolher a opção “Dados do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia”. Por fim deve-se ir até a parte inferior da página da internet e clicar no link chamado “Acesse os dados do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia clique aqui”. Selecionar esta opção leva a uma página que permite acessar dados do ano atual ou de anos anteriores. O período dos dados escolhido foi do ano de 2014 até 2016. O ano de 2017 não foi incluído uma vez que estes dados ainda estão sob análise do INEA. Foram coletados dados de qualidade do ar e de meteorologia de todos os amostradores do que fazem parte da rede do INEA.

Para este trabalho foram coletados dados de qualidade do ar e dados meteorológicos de todos os amostradores que fazem parte da rede do INEA. O poluente escolhido como foco da pesquisa foi o MP_{10} e os fatores meteorológicos considerados foram temperatura e umidade. Com objetivo de realizar uma análise uniforme, os registros meteorológicos foram escolhidos de acordo com a relevância para a pesquisa e também a partir do número de dados coletados pelas estações. A

direção e velocidade dos ventos não foram consideradas para esta pesquisa já que não são medidas em determinadas estações do Estado do Rio de Janeiro.

2.2. Seleção dos Municípios do Estudo

A Seleção dos Municípios que fizeram parte do estudo foi baseada na quantidade de dados disponíveis de registros de concentração de material particulado inalável (menor do que 10 micron). Com o objetivo de se obter uma maior quantidade de dados para as análises, decidiu-se que apenas os amostradores de ar da rede de monitoramento automática de amostradores seriam selecionados.

Após esta decisão foi aplicado um novo critério de corte, com o intuito de se homogeneizar os dados dos municípios que seriam analisados, foi decidido que só entrariam na análise os amostradores que possuíssem a quantidade de registros de concentração de PM₁₀ maior ou igual a 70% do total de registros possíveis para um ano, ou seja, um amostrador que faz registros de hora em hora durante todos os dias do ano deve ter um total 8.760 registros, e para entrar no estudo um amostrador deve ter no mínimo 6.132 registros no ano.

A Tabela 11 resume os municípios e os amostradores selecionados para o estudo:

Tabela 11: Parâmetros analisados por município

Municípios	Amostradores	Parâmetros analisados
Barra Mansa	Auto - BM - Bocaininha	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - BM - Vista Alegre	Partículas Inaláveis (<10µm)
Quatis	Auto - Qt - Bom Retiro	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Itatiaia	Auto - Itt - Campo Alegre	Partículas Inaláveis (<10µm)
Volta Redonda	Auto - VR - Belmonte	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - VR - Retiro	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Resende	Auto - Rs - Cidade Alegria	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa

Municípios	Amostradores	Parâmetros analisados
Duque de Caixas	Auto - DC - Campos Elíseos	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - DC - Jardim Primavera	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - DC - Pilar	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - DC - São Bento	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - DC - Vila São Luiz	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Itaguaí	Auto - Itg - Monte Serrat	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura
	Auto - Itg - Coroa Grande	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Itaboraí	Auto - Itb - Porto das Caixas	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
	Auto - Itb - Sambaetiba	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Japeri	Auto - Jp - Engenheiro Pedreira	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Macaé	Auto - Mc - Cabiunas	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa
Cantagalo	Auto - Cg - Euclidelândia	Partículas Inaláveis (<10µm); Temperatura; Umidade Relativa*

Fonte: INEA, 2016.

*Umidade Relativa para o município de Cantagalo foi coletada a partir do amostrador chamado “Auto - Cg - Val Palmas”

2.3. Caracterização da rede de coleta de dados do DATASUS

O DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) é responsável pelo provimento de informações e suporte técnico para os Órgãos que fazem parte do SUS (SUS, 2018). Este departamento fornece informações essenciais para o planejamento de políticas em saúde pública, que abrangem dados sobre mortalidade, natalidade, estatísticas de morbidade hospitalar, informações epidemiológicas, entre outros.

O SUS desde 1995 coleta um percentual superior a 50 variáveis, que são provenientes dos hospitais públicos ou privados participantes do SUS. Os dados

coletados pelo sistema são processados e integram o banco de dados. O Sistema de Internações Hospitalares (SIH) é gerido pelo Ministério da Saúde através das respectivas Secretarias dos Estados e Municípios (SUS, 2018).

Dentre as variáveis disponíveis ao público podem ser citadas a data de internação, a causa da internação segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), local de residência do paciente, faixa etária, sexo, custo da internação, entre outras.

2.4. Coleta de Dados de Saúde

Os dados de saúde utilizados no trabalho são dados de Internação Hospitalar causadas por Doenças respiratórias nos anos de 2014 até 2016, separadas pelo Município de residência do internado. Escolheu-se trabalhar com o Município de residência dos pacientes para que fosse possível correlacionar o desfecho de saúde com o meio ambiente no qual o paciente está inserido.

A coleta de dados foi feita no site do DATASUS para coleta de informações de saúde (TABNET). O endereço que foi utilizado para buscar as informações é "<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>". Ao se chegar à página, deve-se escolher a opção do menu chamada "Epidemiológicas e Morbidade" e em seguida escolher no menu que se abre a opção "Morbidade Hospitalar do SUS (SIH/SUS)". Das opções que aparecerão na tela deve-se escolher a segunda, chamada "Geral, por local de residência – a partir de 2008", logo após isso deve-se escolher o estado do Rio de Janeiro no mapa ou na aba que aparece. Isto te levará a página do Tabnet, na qual você deverá organizar as informações que deseja coletar por linha, coluna, tipo de conteúdo e períodos disponíveis desejados.

Para este trabalho foi utilizada a seguinte configuração para a extração dos dados: Na linha foi escolhida a opção "Município", na coluna foi escolhida a opção "Ano/mês atendimento" e no conteúdo foi escolhida a opção "Internações".

Para escolher o período desejado deve-se clicar nos meses de interesse segurando a tecla "shift" do teclado, para que todos os meses de análise venham juntos, o período escolhido no trabalho foi do mês de Janeiro de 2014 até o mês de Dezembro de 2016.

Na seção de Seleções disponíveis, dentro da opção chamada “Capítulo CID-10” foi escolhido o item “X. Doenças do aparelho respiratório”. Para que se pudesse analisar cada faixa etária separadamente, todo o processo de configuração foi repetido várias vezes, apenas trocando a faixa etária escolhida na seção chamada “Faixa Etária 1”.

2.5. Organização e Tratamento dos dados

Para realizar as análises estatísticas foram coletados três tipos de dados: Dados de saúde, referentes ao total de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, por faixa etária, para os Municípios estudados, durante o período dos anos de 2014 até 2016; Dados de qualidade do ar e de clima, referentes aos registros diários por hora de concentração de partículas inaláveis, temperatura e umidade relativa do ar para o período dos anos de 2014 até 2016; Dados censitários, referentes aos quantitativos populacionais por faixa etária dos Municípios estudados para o ano do último censo, 2010.

Estes dados trabalhados se tornaram as variáveis utilizadas para as análises estatísticas realizadas no trabalho.

2.5.1. Taxa de Internação por 1000 indivíduos

Com os números totais de internações por doenças do aparelho respiratório por faixa etária e os quantitativos populacionais por faixa etária foi calculada uma taxa de incidência de internações por mil indivíduos para cada faixa etária. A fórmula que explica como essa taxa foi calculada é a seguinte:

$$Tx = \frac{(Ix)}{(Nx)} * 1000$$

Onde:

Tx = taxa de internações por mil indivíduos para a faixa etária x

Ix = número total de internações para a faixa etária x

Nx = número total de indivíduos para a faixa etária x

Esta taxa foi calculada porque os municípios a serem analisados possuem características populacionais diferentes, como o número populacional total. E esse fator poderia resultar em dados discrepantes quando as comparações entre eles fossem realizadas.

2.5.2. Concentração Média Mensal de MP₁₀

Com os registros horários da concentração de material particulado inalável dos amostradores de cada município foi realizada a concentração média de MP₁₀ para cada mês de estudo. Para obter a concentração média foi calculada a média aritmética de todos os registros dentro de um mês. Para municípios que possuem mais de um amostrador analisado no trabalho, a média aritmética é feita entre os registros de todos os amostradores analisados. A média mensal de MP₁₀ é calculada da seguinte maneira:

$$Mmp10x = \frac{(\sum Vmp10x)}{(NRmp10x)}$$

Onde:

Mmp10m = Concentração média de MP₁₀ para o mês “m” para o município x

$\sum Vmp10m$ = somatório dos valores das concentrações registradas de MP₁₀ para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

NRmp10m = número de registros das concentrações de MP₁₀ para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

2.5.3. Temperatura Média Mensal

Com os registros horários da temperatura medida nos amostradores de cada município foi realizado o cálculo da temperatura média para cada mês de estudo. Para obter a temperatura média foi calculada a média aritmética de todos os registros dentro de um mês. Para municípios que possuem mais de um amostrador

analisado no trabalho, a média aritmética é feita entre os registros de todos os amostradores analisados. A temperatura média mensal é calculada da seguinte maneira

$$Tx = \frac{(\sum Vtx)}{(NRtx)}$$

Onde:

T_x = Temperatura média para o mês “m” para o município x

$\sum Vtx$ = somatório dos valores registrados de temperatura para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

$NRtx$ = número de registros de temperatura para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

2.5.4. Umidade Relativa Média Mensal

Com os registros horários da temperatura medida nos amostradores de cada município foi realizado o cálculo da umidade relativa média para cada mês de estudo. Para obter a umidade relativa média foi calculada a média aritmética de todos os registros dentro de um mês. Para municípios que possuem mais de um amostrador analisado no trabalho, a média aritmética é feita entre os registros de todos os amostradores analisados. A umidade relativa média mensal é calculada da seguinte maneira

$$Ux = \frac{(\sum Vux)}{(NRux)}$$

Onde:

U_x = Umidade relativa média para o mês “m” para o município x

$\sum Vux$ = somatório dos valores registrados de umidade relativa para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

$NRux$ = número de registros de umidade relativa para o mês “m”, de todos os amostradores considerados para o município x

2.5.5. Quantidade de dias no mês com média diária de concentração acima do limite diário de concentração de MP₁₀ estabelecido pela OMS (50 microgramas por metro cúbico)

É a contagem do número de dias, dentro de um mês *m* para um município *x*, que a média de concentração de MP₁₀ ultrapassou o limite de concentração diária média de MP₁₀ estabelecido pela OMS (50 microgramas por metro cúbico). Para chegar ao valor da média diária de concentração de MP₁₀ utiliza-se a seguinte fórmula:

$$Dmp10x = \frac{(\sum Vdmp10x)}{(NRdmp10x)}$$

Onde:

$Dmp10m$ = Concentração média de MP₁₀ para o dia “d” para o município *x*

$\sum Vdmp10m$ = somatório dos valores das concentrações registradas de MP₁₀ para o dia “d”, de todos os amostradores considerados para o município *x*

$NRdmp10m$ = número de registros das concentrações de MP₁₀ para o dia “d”, de todos os amostradores considerados para o município *x*

2.5.6. Variáveis unitárias

São variáveis que são iguais a um valor registrado em determinado mês. As variáveis deste tipo que foram utilizadas nas análises são: Temperatura máxima e mínima do mês; Umidade relativa máxima e mínima do mês; Número de registros de concentração de MP₁₀ maiores do que 150 microgramas por metro cúbico do mês; Maior registro de concentração de MP₁₀ do mês.

As variáveis unitárias foram obtidas através de filtros utilizados nos dados coletados.

2.6. Técnicas Estatísticas Utilizadas

Para este estudo a técnica de análise de dados escolhida foi a exploratória multivariada. Os dados do trabalho referem-se a uma série histórica de 3 anos (2014, 2015 e 2016) com as seguintes informações: médias mensais para MP₁₀, umidade e temperatura; informações de valores máximos mensais para MP₁₀, umidade e temperatura; valores mínimos para umidade e temperatura; e contagem para o número de dias no mês em que a concentração média diária de MP₁₀ ultrapassou o limite diário de concentração da OMS de 50 microgramas por metro cúbico, além do número de vezes no mês que o limite diário de concentração da CONAMA, de 150 microgramas por metro cúbico foi excedido. Além disso, foi trabalhada a taxa de internação para mil habitantes em 5 faixas etárias distintas de 11 municípios do estado do Rio de Janeiro.

Com o objetivo de perceber as interrelações entre os fatores ambientais e as taxas de internação, foi verificado o grau de correlação entre todas as variáveis do estudo para cada município. Os graus de correlação foram divididos em grupos de força: de 0 a 30 (positivo ou negativo), a correlação foi considerada fraca; de 30 a 60 (positivo ou negativo), a correlação foi considerada moderada; de 60 a 90 (positivo ou negativo) a correlação foi considerada forte; e de 90 até 100 (positivo ou negativo) a correlação foi considerada muito forte.

A partir das forças de correlação obtidas foram realizadas regressões para quantificar o quanto variam as variáveis resposta com a mudança das variáveis explicativas. Foram realizadas regressões apenas para as variáveis que possuíam uma força de correlação no mínimo moderada com as variáveis resposta. As variáveis resposta de interesse estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12: Variáveis resposta de interesse

SITUAÇÃO	variável resposta	variável explicativa
A	pm 10	umidade e temperatura
B	taxa de internação	pm 10, umidade e temperatura

Fonte: Elaborada pelo autor.

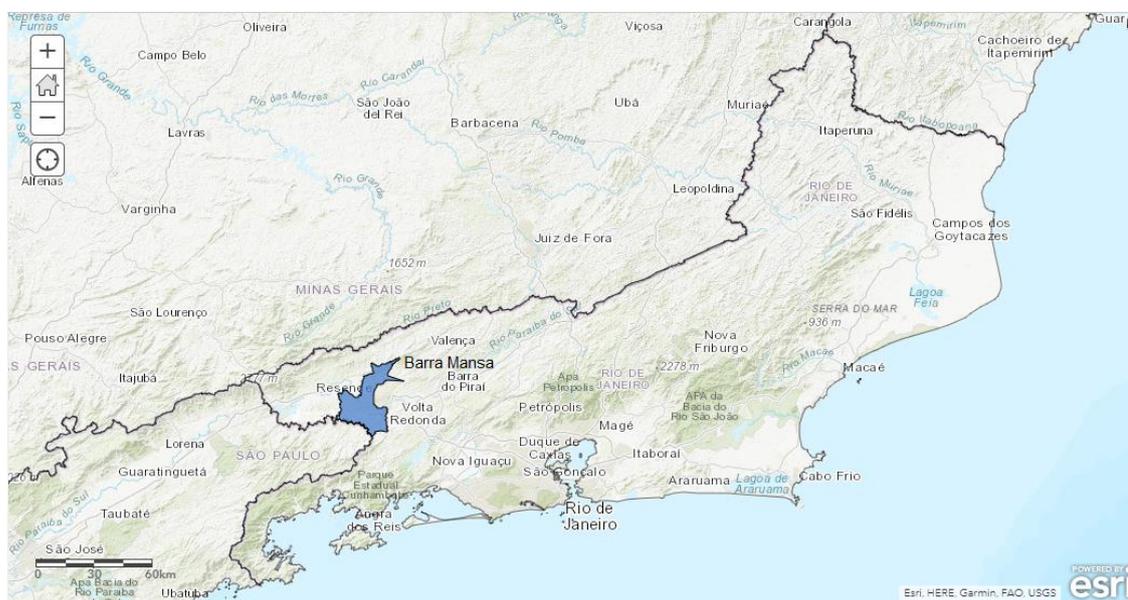
Em alguns casos foram observados o princípio da multicolinearidade. Isso significa que 2 variáveis explicativas explicavam a si mesmas (por exemplo: temperatura média e temperatura mínima). Para esses casos a regressão foi realizada através uma análise prévia do grau de correlação das variáveis selecionadas para o estudo, sendo utilizada apenas a variável que possuísse maior força de correlação.

3. Resultados

3.1. Barra Mansa

O município de Barra Mansa, localizado no sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro, na região do Médio Paraíba, possui uma extensão territorial de 548 quilômetros quadrados, o que corresponde a 8,8% da região. O município possui importantes ferrovias e rodovias que ligam a região com municípios adjacentes e outros Estados, como a BR 393 e a Rodovia Presidente Dutra (TCE, 2004).

Figura 2 Localização do Município de Barra Mansa no Estado do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor/ ArcGIS Online.

Segundo o IBGE (2010), em seu último Censo Demográfico, a população do município era de 177.813 pessoas com a densidade demográfica de 324,94 habitantes por quilômetros quadrados.

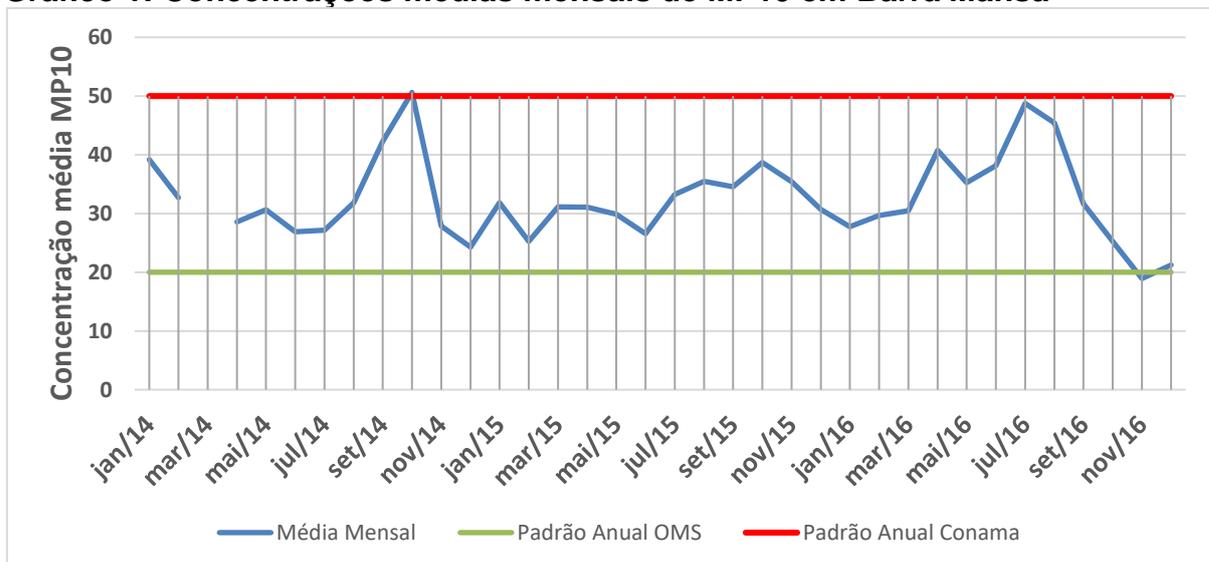
Seu relevo é formado por planaltos em boa parte de sua extensão, com uma altitude média de 381 metros, quando próximo ao Rio Paraíba do sul esta média diminui, formando assim a planície aluvial, esta por sua vez está contornada pelo relevo de “mar de morros” que possui nível topográfico mais elevado. O clima da região é mesotérmico, onde as estações de verão são predominantemente chuvosas e quentes e possui invernos secos (Prefeitura Municipal de Barra Mansa, 2009).

A partir do Relatório socioeconômico, realizado pelo Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ), no ano de 2004, foi possível entender como o desenvolvimento industrial do município se desenvolveu. Barra Mansa teve sua expansão industrial no período pós-guerra, no final da década de 30 foram implementadas indústrias do ramo alimentício. Na década de 40, em Volta Redonda foi instalada a primeira usina da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) que nesse período ainda pertencia ao Distrito de Barra Mansa. Já na década de 50 foram implantadas as indústrias Metalúrgicas e Mecânicas. Segundo dados da Prefeitura Municipal de Barra Mansa, o número de empresas industriais localizadas no município chega a 528 unidades.

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Barra Mansa possui 69 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecida como SUS.

As concentrações mensais de MP₁₀ no município de Barra Mansa estão descritas no Gráfico 1.

Gráfico 1: Concentrações médias mensais de MP10 em Barra Mansa



Fonte: elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP₁₀ no Município de Barra Mansa, em sua maioria, foram maiores do que o limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 32,54 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 50,61 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 18,92 microgramas por metro cúbico.

3.1.1. Análises estatísticas para o município de Barra Mansa

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 1.

3.1.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para pessoas com idade superior a 60 anos é a que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária é a mais vulnerável a este poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no município. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é o registro máximo de material particulado inalável, tendo uma correlação positiva moderada, de 48%. Isto indica que 48% dos casos de internação, por doenças respiratórias para as pessoas acima de 60 anos, podem ser explicados pelo registro máximo de MP₁₀ no mês. As taxas de internações das outras faixas etárias tiveram correlações fracas (menores que 30%, positivo ou negativo) relativas as variáveis de concentração de material particulado inalável.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi o valor de umidade mínima mensal. A relação entre as duas variáveis é de -40%, considerada moderada (de 30 a 60%) negativa, o que indica que quanto menor for a umidade mínima no mês, maior será a concentração média mensal de MP₁₀ no Município.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a umidade máxima mensal. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) positiva de 56%, o que indica que o quão maior for a umidade máxima em um determinado mês, maior será a tendência de que crescimento da taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura mínima mensal. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 45%, o que indica que quanto menor for a temperatura mínima registrada em determinado mês, o número de internações desta faixa etária tende a subir.

Todas as correlações feitas com a taxa de internação por doenças respiratórias de pessoas com idade entre 10 e 19 anos foram consideradas baixas. Porém a variável, dentre as variáveis analisadas, que mais explica a internação de pessoas desta faixa etária neste município foi a concentração média de material particulado inalável, uma correlação positiva fraca.

Para a faixa etária de 20 a 59 anos de idade, todas as correlações feitas taxa de internação por doenças respiratórias foram fracas, no entanto a variável que tem maior relação é a umidade máxima mensal. Esta correlação é uma correlação fraca (de 0 a 30%) positiva de 27%, que indica que conforme a umidade máxima for maior em um determinado mês, haverá uma leve tendência de aumento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 13: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Barra Mansa

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Umidade máxima (56%)	Temperatura Mínima (-45%)	Média MP10 (25%)	Umidade máxima (27,42%)	Temperatura Média (-59,21%)
Força de associação	Moderada	Moderada	Fraca	Fraca	Moderada

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.1.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Barra Mansa, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, - 0,40%, a umidade mínima mensal. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a umidade mínima registrada no mês é a seguinte: “Media_mp10 = 43,401 - (0,413*umidade_minima)”.

Esta equação demonstra que caso a umidade mínima registrada no mês tenha sido de 0%, a concentração média mensal de MP₁₀ esperada em Barra Mansa será de 43,401 microgramas por metro cúbico. A equação também revela que ao passo que a umidade mínima de um mês aumenta, a concentração média mensal do poluente de estudo tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R² ajustado de 13,73% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.1.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos, no município de Barra Mansa, foi utilizada na

regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a umidade máxima mensal e a temperatura média. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = (-13,1284) - (0,047*\text{temperatura_media}) + (0,152*\text{umidade_maxima})\text{"}$$

Esta equação descreve que conforme a umidade máxima no mês for maior e a temperatura média mensal diminuir, é esperado que as taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos cresçam. Nesta equação o aumento do valor máximo de umidade relativa registrado no mês contribui mais para as taxas de internação do que a diminuição da temperatura média mensal.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. Além disso a equação gerou um R² ajustado de 41,87% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.1.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos, no município de Barra Mansa, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, de - 45%, a temperatura mínima mensal registrada. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_5_9} = 0,2415 - (0,008*\text{temperatura_minima_mensal})\text{"}$$

Esta equação demonstra que caso a temperatura mínima registrada no mês tenha sido de 0 graus Celsius, a taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos esperada será de 0,24.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que

0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R² ajustado de 10,95% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.1.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes maiores de 60, no município de Barra Mansa, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura média mensal e o registro máximo de MP₁₀ no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

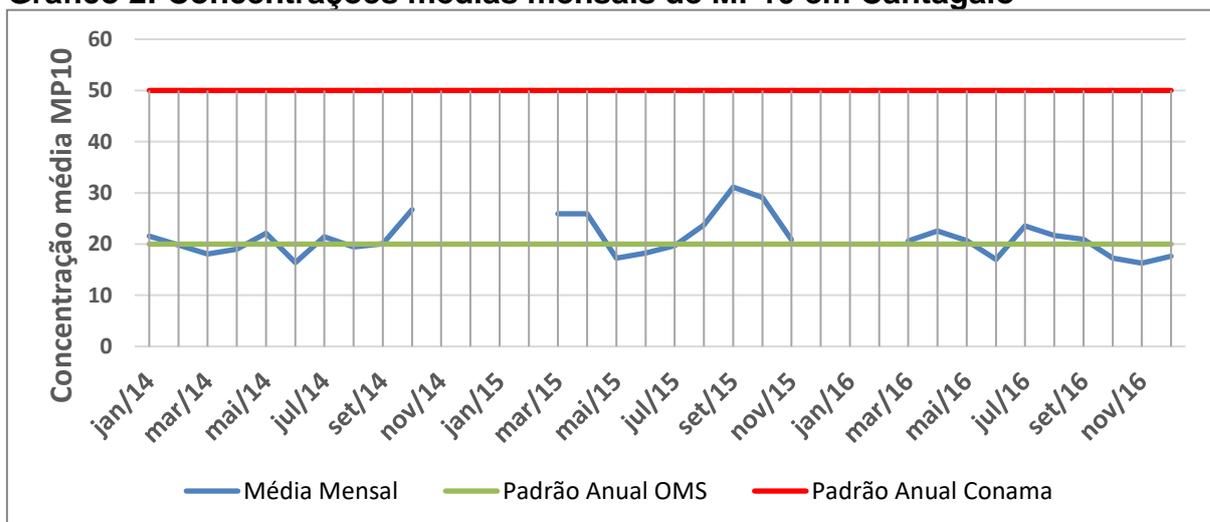
$$\text{“tx_intern_m60} = 1,383 - (0,035 * \text{temperatura_media}) + (0,00048 * \text{Maximo_mp10)}\text{”}$$

Esta equação demonstra que quanto maior for o registro do concentração máxima de MP₁₀ no mês e menor for temperatura média mensal diminuir, é esperado que as taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes maiores do que 60 anos cresçam. Nesta equação a temperatura média no mês tem um maior peso sobre as taxas de internação do que a concentração média mensal de MP₁₀.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. Além disso a equação gerou um R² ajustado de 39,34% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.2. Cantagalo

O município de Cantagalo fica localizado no centro-norte fluminense do Estado do Rio de Janeiro, pertencente à Região Serrana, e possui uma extensão territorial de 749,3 quilômetros quadrados o que corresponde a cerca de 10,8% desta região.

Gráfico 2: Concentrações médias mensais de MP10 em Cantagalo

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP₁₀ no Município de Cantagalo ficaram, em geral, em torno do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 21,19 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 31,12 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 16,27 microgramas por metro cúbico. Alguns dos meses do gráfico não estão preenchidos porque houve o número mínimo de registro de concentrações de MP₁₀ naquele mês para que o mesmo fosse considerado.

3.2.1. Análises estatísticas para o município de Cantagalo

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 2.

3.2.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para crianças com idade entre 5 e 9 anos é a que possui maior correlação positiva com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária foi mais vulnerável aos efeitos deste poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no

município, durante o período analisado. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado, a que mais afeta as internações desta faixa etária é o registro máximo de material particulado inalável, tendo uma correlação positiva fraca, de 17%. Isto indica que, segundo os dados, apenas 17% dos casos de internação, por doenças respiratórias para as crianças desta faixa etária, podem ser explicados pelo registro máximo de MP₁₀ no mês. Neste Município, segundo os dados utilizado nas análises, todas as taxas de internações das outras faixas etárias tiveram correlações fracas (menores que 30%, positivo ou negativo) relativas as variáveis de concentração de material particulado inalável.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi o valor da temperatura máxima mensal registrada. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada (de 30 a 60%) e positiva, o que indica que quanto maior for a temperatura máxima registrada no mês, maior será tendência de que aumente a concentração média mensal de MP₁₀ no Município.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 50%, o que indica que conforme a temperatura média mensal diminuir em um determinado mês, maior será a tendência de que crescimento da taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Todas as correlações feitas com a taxa de internação por doenças respiratórias de pessoas com idade entre 10 e 19 anos foram consideradas fracas. Porém a variável, dentre as variáveis analisadas, que mais explica a internação de pessoas desta faixa etária neste município foi o registro da umidade relativa mensal mínima registrada, uma correlação negativa fraca de -16%.

Para a faixa etária de 20 a 59 anos de idade, todas as correlações feitas taxa de internação por doenças respiratórias foram fracas, no entanto a variável que tem maior relação é a quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico. Esta correlação é uma correlação fraca (de 0 a 30%) negativa de 29%, um resultado inesperado para a relação entre estas duas variáveis.

Para a faixa etária de pessoas maiores de 60 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. Esta correlação é

uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 56%, o que indica que conforme a temperatura média mensal diminuir em um determinado mês, maior será a tendência de que crescimento da taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 14: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Cantagalo

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura média (-49,88%)	Máximo MP10 (17,08%)	Umidade mínima (-15,53%)	Dias concentração acima 50 (-28,66%)	Temperatura Mínima (-56,52%)
Força de associação	Moderada	Fraca	Fraca	Fraca	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.2.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Cantagalo, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a maior mensuração mensal da temperatura e a umidade média mensal.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão não foram atingidas, apesar de o f de significação da equação ter sido menor do que 0,05 foi cumprida, no entanto o p valor das variáveis foi maior do que 0,05, portanto a construção da equação de regressão foi considerada inválida.

3.2.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos, no município de Cantagalo, foi utilizada na regressão a variável que possuía o maior grau de correlação, a temperatura média mensal. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 19,505 - (0,61 * \text{temperatura_media)"}\text{"}$$

Esta equação demonstra que caso a temperatura média de um mês tenha sido de 0 graus Celsius, é esperado que as taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos tenham o valor de 19,505. Nesta equação a diminuição da temperatura média mensal gera um aumento nas taxas de internação esperadas para esta faixa etária.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R2 ajustado de 22,60% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.2.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes maiores de 60, no município de Cantagalo, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a temperatura mínima mensal. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

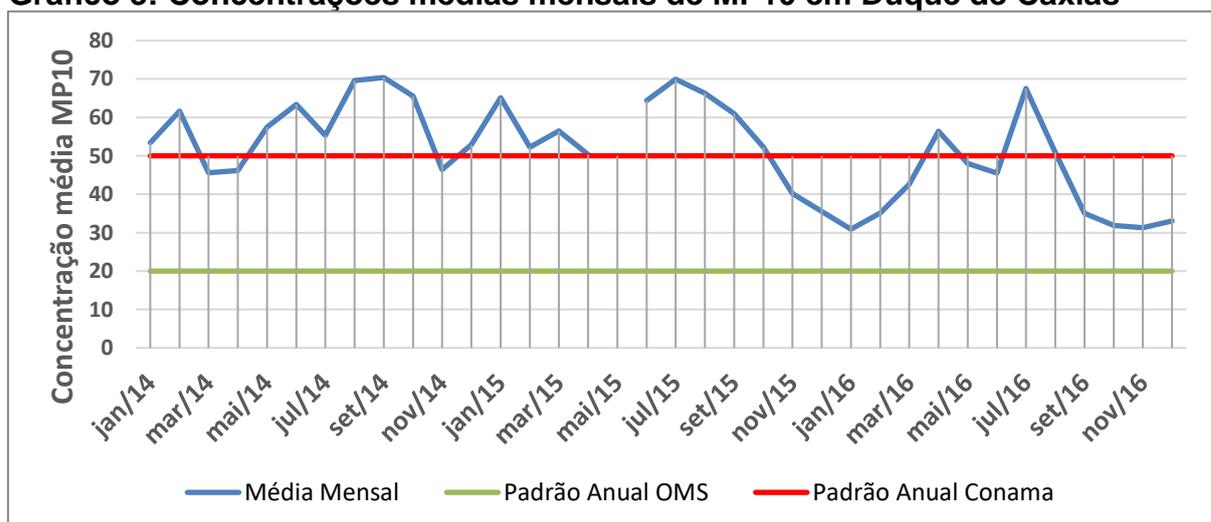
$$\text{"tx_intern_m60} = 4,318 - (0,148 * \text{temperatura_minima_mensal)"}\text{"}$$

Duque de Caxias é cortado pela rodovia Washington Luiz (BR-040), e a rodovia Santos Dumont (BR-116), além de possuir um ramal ferroviário. Conforme o plano municipal da saúde Duque de Caxias possui cerca de 809 indústrias instaladas no município, tendo o maior parque industrial do Estado do Rio de Janeiro sendo os principais segmentos industriais química, petroquímica, metalúrgica, gás, têxtil, plástico, entre outros (Prefeitura Municipal de Duque de Caxias, 2013).

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Duque de Caxias possui 82 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecida como SUS.

As concentrações mensais de MP10 no município de Duque de Caxias estão descritas no Gráfico 3.

Gráfico 3: Concentrações médias mensais de MP10 em Duque de Caxias



Fonte: Elaborado pelo autor.

Boa parte das concentrações médias mensais de MP10 no Município de Duque de Caxias ficaram acima do limite de concentração média anual de 50 microgramas por metro cúbico, recomendado pela CONAMA. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 51,71 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 70,38 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 30,89 microgramas por metro cúbico, ainda assim maior do que o limite de concentração recomendado pela OMS.

3.3.1. Análises estatísticas para o município de Duque de Caxias

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 3.

3.3.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para pessoas com idade entre 20 e 59 anos é a que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária é a mais susceptível aos efeitos negativos deste poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no município. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é a quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico, tendo uma correlação positiva moderada, de 43%. Isto indica que 43% dos casos de internação, por doenças respiratórias para as pessoas entre, neste município podem ser explicados pela quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico no mês, sendo este o limite estabelecido pela OMS. As taxas de internações das outras faixas etárias tiveram correlações fracas (menores que 30%, positivo ou negativo) relativas as variáveis de concentração de material particulado inalável.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a maior mensuração mensal da temperatura. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada (de 30 a 60%) negativa, o que indica que quanto menor foi o valor mais alto de temperatura registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. Esta correlação é uma correlação forte (de 60 a 90%) negativa de 63%, o que indica que ao passo que diminui a

temperatura média no mês há uma tendência de crescimento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 43%, o que indica que quanto menor for a temperatura média registrada em determinado mês, o número de internações desta faixa etária tende a subir.

Todas as correlações feitas com a taxa de internação por doenças respiratórias de pessoas com idade entre 10 e 19 anos foram consideradas baixas, com exceção da temperatura mínima mensal. Esta variável possui uma correlação moderada negativa, o que significa dizer que o quanto menor for o registro da temperatura mínima mensal, haverá uma tendência de que as taxas de internação cresçam.

Para a faixa etária de pessoas maiores do que 60 anos de idade, a variável que teve a correlação mais forte foi a temperatura média mensal. Esta correlação foi considerada uma correlação forte (de 60 a 90%) negativa de 60%, o que indica que ao passo que diminui a temperatura média no mês há uma tendência de crescimento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 15: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Duque de Caxias

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura média (-62,60%)	Temperatura média (-43,30%)	Temperatura mínima (-33,50%)	Dias concentração acima 50 (43,20%)	Temperatura Mínima (-60,10%)
Força de associação	Forte	Moderada	Moderada	Moderada	Forte

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação às possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.3.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Duque de Caxias, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, - 0,43%, a temperatura máxima mensal registrada. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a temperatura máxima registrada no mês é a seguinte:

$$\text{"Media_mp10} = 125,301 - (1,809 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura máxima registrada cresce, a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R² ajustado de 16,43% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.3.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos, no município de Duque de Caxias, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a umidade média mensal e a temperatura média mensal. No entanto quando foi gerada a correlação

para estas duas variáveis, o p valor da variável resposta e da variável independente umidade média mensal foram maiores do que 0,05, tornando a correlação inválida. Após isto foi retirada esta variável independente e a regressão pode ser feita. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação às variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 5,6486 - (-0,165 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura média mensal diminuir, é esperado que as taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos cresçam.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. Além disso a equação gerou um R2 ajustado de 37,31% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.3.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos, no município de Duque de Caxias, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, de - 43%, a temperatura média mensal registrada. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_5_9} = 0,443 - (0,011 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura média mensal diminuir, a taxa de internações para esta faixa etária tende a subir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R2 ajustado de 16,29% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.3.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de idade entre 20 e 59 anos, no município de Duque de Caxias, foi utilizada na regressão a variável que possuía o maior grau de correlação, a quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$“tx_intern_20_59 = 0,05985 + (0,00092 * dias_acima_oms_50)”$$

Esta equação demonstra que a conforme aumenta a quantidade de dias em que a concentração média de material particulado inalável é maior do que 50 microgramas por metro cúbico, a taxa de internações causadas por doenças respiratórias em pessoas desta faixa etária tem uma leve tendência de aumento.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R2 ajustado de 16,19% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.3.8. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes maiores de 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes maiores de 60, no município de Cantagalo, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura média mensal e a umidade máxima registrada no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$“tx_intern_m60 = 6,052 - (0,0386 * temperatura_media_mensal) - (0,0455 * umidade_maxima)”$$

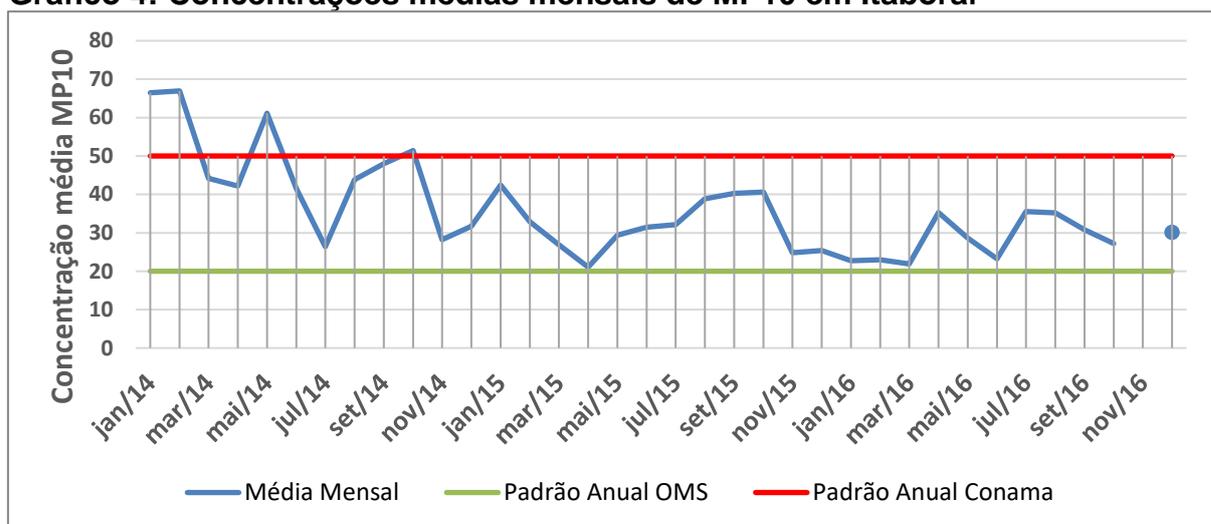
serviços e comércio. O relevo da região é variado, parte do município é direcionada para a Baía de Guanabara, onde predominam as planícies. Nas demais localidades, entre as planícies e as serras o relevo apresenta leves ondulações.

O clima da região é caracterizado como Tropical Atlântico, onde apresenta um inverno seco e um período de chuvas concentrado no período de verão. Cerca de 10 % de seu território é constituído de Estação Ecológica e Área de Proteção Ambiental (Prefeitura Municipal de Itaboraí, 2014).

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Itaboraí possui 62 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecida como SUS.

As concentrações mensais de MP10 no município de Itaboraí estão descritas no Gráfico 4.

Gráfico 4: Concentrações médias mensais de MP10 em Itaboraí



Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Itaboraí tiveram uma tendência de declínio o período de estudo, mas todas ficaram acima do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 35,76 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 66,94 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 21,06.

3.4.1. Análises estatísticas para o município de Itaboraí

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 4.

3.4.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para pessoas com idade maior do que 60 anos é a que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária é a mais afetada pelos efeitos negativos deste poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no município. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é a quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico, tendo uma correlação positiva moderada, de 31%. Isto indica que 31% dos casos de internação, por doenças respiratórias para as pessoas entre, neste município podem ser explicados pela quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico no mês, sendo este o limite estabelecido pela OMS. As taxas de internações das outras faixas etárias tiveram correlações fracas (menores que 30%, positivo ou negativo) relativas as variáveis de concentração de material particulado inalável.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a maior mensuração mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada (de 30 a 60%) negativa, o que indica que quanto menor foi o valor mais alto de umidade registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 58%, o que indica que ao passo que diminui a temperatura média no mês há uma tendência de crescimento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Assim como para a faixa etária anterior, para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a temperatura média mensal. É uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 49%, o que indica que quanto menor for a temperatura média registrada em determinado mês, o número de internações desta faixa etária tende a subir.

Todas as correlações feitas com a taxa de internação por doenças respiratórias de pessoas com idade entre 10 e 19 anos foram consideradas baixas. A correlação mais alta das internações desta faixa etária é com a variável umidade média mensal, que é uma relação fraca e negativa, o que sugere dizer que o quanto menor for o registro da umidade média mensal, haverá uma leve tendência de que as taxas de internação cresçam.

A taxa de internação por doenças respiratórias para as pessoas com idade entre 20 e 59 anos teve baixas correlações com todas as variáveis. A correlação mais alta foi observada com relação à maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis, que é uma relação fraca e negativa, o que seria inesperado para estas variáveis.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 16: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itaboraí

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura média (-58,10%)	Temperatura média (48,60%)	Umidade média (-20,00%)	Máximo MP10 (-27,60%)	Umidade Mínima (-39,40%)
Força de associação	Moderada	Moderada	Fraca	Fraca	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de

correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.4.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Itaboraí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação de - 0,58%, o valor de umidade máxima registrado em determinado mês. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a umidade máxima registrada no mês é a seguinte:

$$\text{"Media_mp10} = 2290,23 - (22,556 * \text{umidade_maxima})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme o valor da umidade máxima registrado cresce, a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R² ajustado de 31,57% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.4.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos, no município de Itaboraí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a temperatura média mensal. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independentel dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 4,006 - (0,125 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura média mensal diminuir, é esperado que as taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos cresçam.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 31,73% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.4.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos

Assim como para a faixa etária de 0 a 4 anos, a variável escolhida para fazer a regressão com a taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 5 a 9 anos no município de Itaboraí, foi a temperatura média mensal registrada. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_5_9} = 0,984 - (0,029 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura média mensal aumenta, a taxa de internações para esta faixa etária tende diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R² ajustado de 21,33% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.5. Itaguaí

O município de Itaguaí fica localizado na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, possui uma extensão territorial de 273,368 quilômetros quadrados. O município possui 122.369 pessoas segundo o último censo, com uma densidade demográfica de 395,45 habitantes por quilômetros quadrados (IBGE, 2010).

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Itaguaí, em todos os meses ficaram acima do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 28,19 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 35,63 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 22,97.

3.5.1. Análises estatísticas para o município de Itaguaí

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 5.

3.5.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para pessoas com idade entre 10 e 19 anos é a que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária foi a mais susceptível aos efeitos negativos deste poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no município. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é a concentração média mensal de MP₁₀, tendo uma correlação positiva moderada, de 43%. Isto indica que 43% dos casos de internação, por doenças respiratórias para as pessoas entre, neste município tem relação com a concentração mensal média de MP₁₀. As faixas etárias de 20 a 59 anos e de 5 a 9 anos também apresentam correlação moderada positiva entre a concentração média mensal de MP10 com relação às suas taxas de internações por doenças respiratórias. As taxas de internações das outras faixas etárias tiveram correlações fracas (menores que 30%, positivo ou negativo) relativas as variáveis de concentração de material particulado inalável.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a menor mensuração mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada (de 30 a 60%) negativa, o que indica que quanto menor foi o valor mais

baixo de umidade registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a maior temperatura mensal registrada. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 40%, o que indica que ao passo a temperatura máxima registrada no mês diminui, há uma tendência de crescimento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a concentração média mensal de material particulado inalável. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) positiva de 34%, o que indica que quanto maior for a concentração média mensal de MP₁₀ em um determinado mês, haverá uma tendência de aumento no número de internações desta faixa etária.

A variável relacionada ao valor mínimo de umidade registrado é a que mais se relaciona com a taxa de internações para a faixa etária de pessoas com idade entre 10 e 19 anos. A relação entre as duas variáveis é moderada, - 52%, e negativa. Esta relação descreve que quanto a variável independente cresce, a variável resposta tende a diminuir.

Assim como para a faixa etária de pessoas entre 10 e 19 anos, a variável que mais se relacionou com a taxa de internações para as pessoas de idade entre 20 e 59 anos foi o valor mínimo de umidade mensal, com uma correlação negativa moderada de - 47%.

Para a faixa etária de pessoas maiores do que 60 anos de idade todas as correlações feitas, com a taxa de internações por doenças respiratórias para mil habitantes desta faixa etária, foram fracas.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 17: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itaguaí

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura máxima (-39,52%)	Média MP10 (34,45%)	Umidade mínima(-51,64%)	Umidade mínima (-46,87%)	Umidade Mínima (-25,72%)
Força de associação	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Fraca

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.5.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Itaguaí, foram utilizadas na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura mínima mensal registrada e o valor de umidade mínima registrada no mês. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a temperatura máxima registrada no mês é a seguinte:

$$\text{“Media_mp10} = 43,567 - (0,597*\text{temperatura_minima_mensal}) - (0,205*\text{umidade_minima)”}$$

Esta equação demonstra que conforme as variáveis independentes crescem, há uma tendência de a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi

considerada válida. A equação gerou um R2 ajustado de 37,51% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.5.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos, no município de Itaguaí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a maior mensuração mensal da temperatura. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 1,697 - (0,035 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura máxima registrada em um mês for maior, é esperado que haja uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes desta faixa etária.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. Entretanto a equação gerou um R2 ajustado de 13,05% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.5.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos, no município de Itaguaí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a menor mensuração mensal da umidade. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

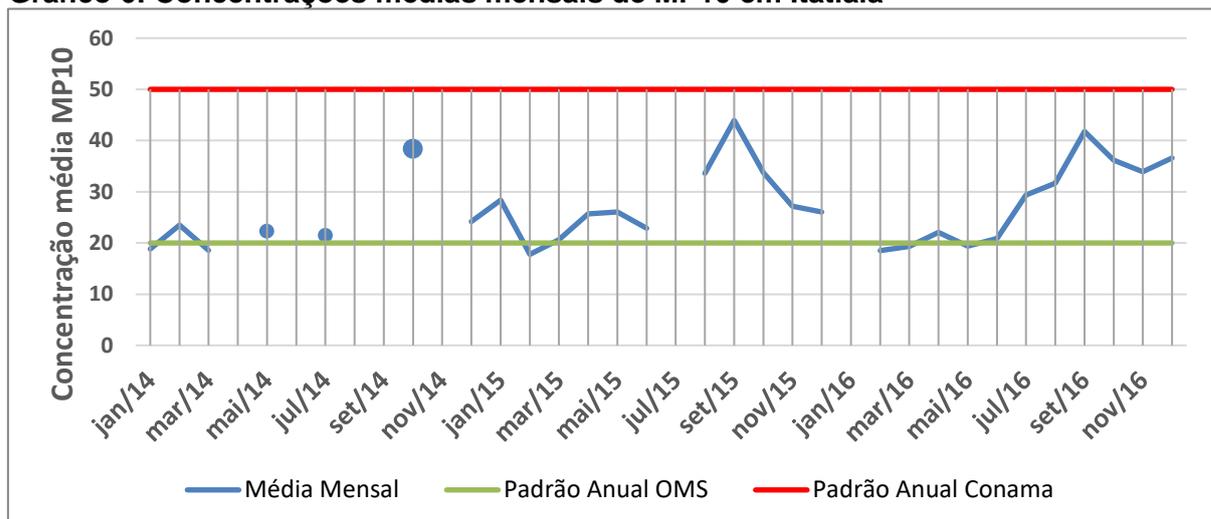
$$\text{"tx_intern_10_19} = 0,1227 - (0,0027 * \text{umidade_minima})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a umidade mínima registrada em um mês for maior, é esperado que haja uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes desta faixa etária.

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Itatiaia possui 11 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecida como SUS.

As concentrações mensais de MP10 no município de Itatiaia estão descritas no Gráfico 6.

Gráfico 6: Concentrações médias mensais de MP10 em Itatiaia



Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Itatiaia, em sua maioria, ficaram acima do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 26,99 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 43,93 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 17,78.

3.6.1. Análises estatísticas para o município de Itatiaia

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 6.

3.6.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

Neste município não foi possível obter dados climáticos através da estação automática de monitoramento do ar do INEA utilizada para a análise, sendo assim não foi possível traçar a correlação entre as concentrações médias mensais de MP₁₀ e as variáveis de temperatura e umidade.

Todas as correlações entre as variáveis relacionadas as concentrações mensais de MP₁₀ e as taxas de internação hospitalar por doenças respiratórias para as cinco faixas etárias avaliadas foi considerada fracas.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 18: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Itatiaia

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Média MP ₁₀ (20,00%)	Quantidade de registros acima de 150 (7,13%)	Média MP ₁₀ (-18,64%)	Dias concentração acima 50 (25,51%)	Quantidade de registros acima de 150 (-17,83%)
Força de associação	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6.3. Análise das Regressões

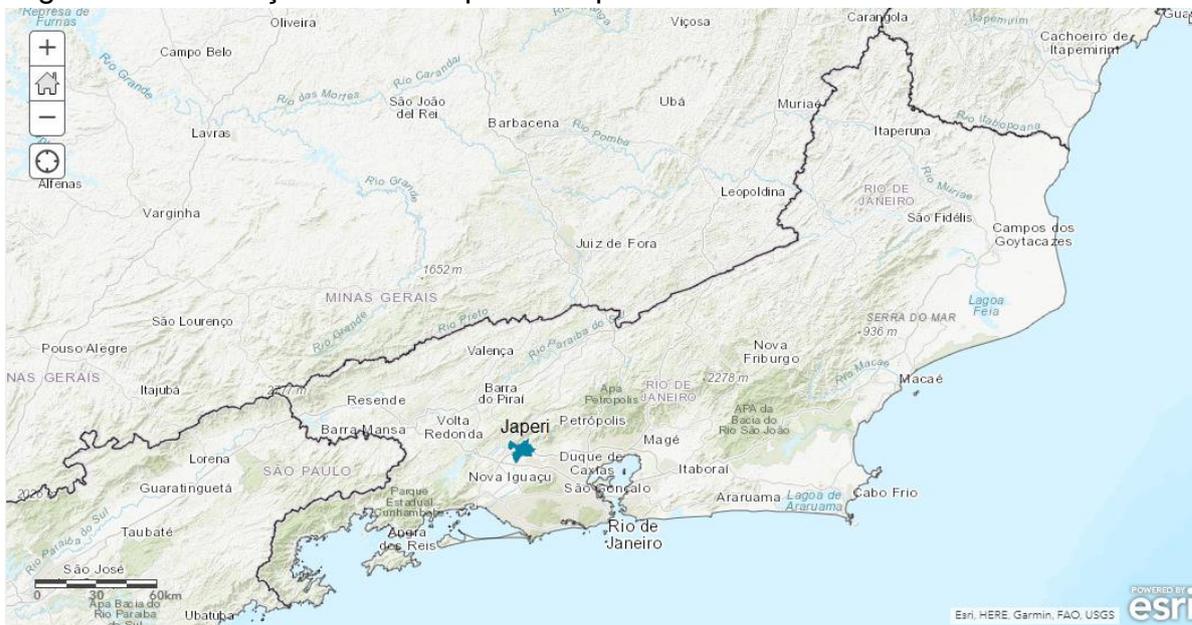
Tendo em vista que todas as correlações entre as possíveis variáveis resposta e as variáveis independentes foram baixas, não foram feitas regressões para entender o comportamento entre estes dois grupos de variáveis.

3.7. Japeri

O município de Japeri fica localizado na Baixada Fluminense, região metropolitana do Rio de Janeiro, possui uma extensão territorial de 81,697 quilômetros quadrados. O município possui 101.237 pessoas segundo o último censo, com uma densidade demográfica de 1.166,37 habitantes por quilômetros

quadrados (IBGE, 2010). O município é cortado pela rodovia Ary Schiavo que interliga a rodovia Presidente Dutra e ao Arco Metropolitano.

Figura 8: Localização do Município de Japeri no Estado do Rio de Janeiro

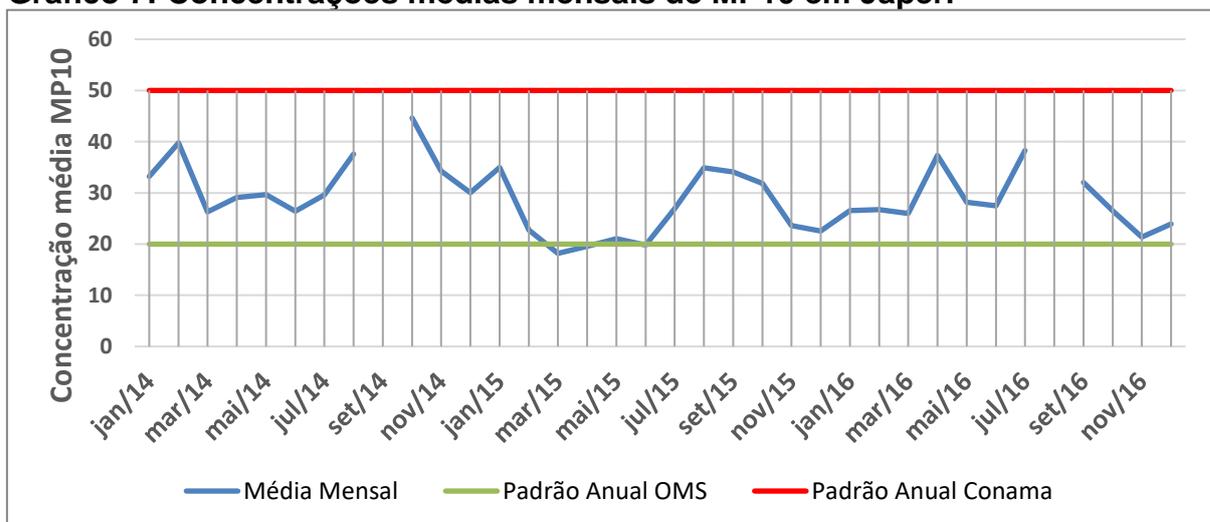


Fonte: Elaborado pelo autor/ ArcGis Online

O município é predominantemente rural, cerca de 70% de sua área são exploradas pela agricultura familiar e pela pecuária (Prefeitura Municipal de Japeri, 2017).

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Japeri possui 15 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecido como SUS.

As concentrações mensais de MP10 no município de Japeri estão descritas no Gráfico 7.

Gráfico 7: Concentrações médias mensais de MP10 em Japeri

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Itatiaia, em sua maioria, ficaram acima do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 28,97 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 44,62 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 18,18.

3.7.1. Análises estatísticas para o município de Japeri

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 7.

3.7.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

As taxas de internação por doenças respiratórias para pessoas de todas as faixas etárias tiveram baixas correlações, positivas ou negativas, com as variáveis referentes a concentração de material particulado. Isto indica que estas variáveis não possuem uma relação muito forte para nenhuma faixa etária neste município.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a menor mensuração mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada negativa de 43%, o que indica que quanto menor foi o valor mais baixo de

umidade registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, a taxa de internação tem maior relação com a menor temperatura mensal registrada. Esta correlação é uma correlação moderada (de 30 a 60%) negativa de 49%, o que indica que ao passo a temperatura mínima registrada no mês diminui, há uma tendência de crescimento na taxa de internação de indivíduos desta faixa etária.

Para as faixas etárias de 10 a 19 anos, de 20 a 59 anos e acima de 60 anos, as taxas de internações por mil habitantes causadas por doenças respiratórias tiveram maior relação com temperatura máxima registrada no mês. Todas as relações entre esta variável e as taxas de internações para estas faixas etárias foram consideradas moderadas e negativas, significando que o quão menor for o registro máximo de temperatura em determinado mês, haverá uma tendência de que as taxas de internações aumentem.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos nenhuma das variáveis analisadas teve uma correlação minimamente moderada com as taxas de internação.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 19: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Japeri

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura mínima (-49,20%)	Quantidade de registros acima de 150 (-19,89%)	Temperatura máxima (-39,05%)	Temperatura máxima (-34,70%)	Temperatura Máxima (-31,14%)
Força de associação	Moderada	Fraca	Moderada	Moderada	Moderada

Fonte: elaborado pelo autor

3.7.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de

correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.7.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Japeri, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a umidade mínima mensal registrada. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a umidade mínima registrada no mês é a seguinte:

$$\text{“Media_mp10} = 42,936 - (0,484 * \text{umidade_minima)”}$$

Esta equação demonstra que conforme a variável independente cresce, há uma tendência de a concentração média de MP₁₀ no mês diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 23,33% mostrando que há uma relação baixa entre a equação e a variável resposta.

3.7.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 0 a 4 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias a cada mil crianças no município de Japeri, foram utilizadas na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura mínima mensal e a umidade máxima registrada no mês. No entanto as premissas estatísticas para a montagem desta regressão não foram atingidas, apesar de o f de significação da equação ter sido menor do que 0,05, o p valor das variáveis foi maior do que 0,05, portanto a construção da equação de regressão foi considerada inválida. A partir do ocorrido foi realizada uma nova regressão com a temperatura mínima mensal registrada, que gerou a equação abaixo:

$$\text{“tx_intern_0_4} = 6,713 - (0,241 * \text{temperatura_minima_mensal)”}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura mínima mensal for maior, há uma tendência de que a taxa de internação para esta faixa etária em determinado mês diminua.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R2 ajustado de 21,90% mostrando que há uma relação baixa entre a equação e a variável resposta.

3.7.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes para as faixas etárias de 10 a 19 anos, 20 a 59 anos e maiores do que 60 anos

Para explicar a variação das taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes para as três faixas etárias selecionadas acima, foi utilizada nas regressões a variável que possuía maior grau de correlação com as taxas, a maior mensuração mensal de temperatura. Para as faixas etárias de 10 a 19 anos e de 20 a 59 anos, as premissas estatísticas para a montagem da regressão foram cumpridas, o que significa que o f de significação da equação foi menor do que 0,05 e que o p valor das variáveis também foi menor do que 0,05, tornando as equações válidas. Para a faixa etária de pessoas com idade superior a 60 anos, o f de significação da equação gerada foi maior do que 0,05 o que tornou a regressão inválida.

Para ambas as regressões que tiveram as equações validadas pelas premissas estatísticas, o R2 ajustado gerado foi menor que 15%, o que torna a relação entre as equações geradas e as taxas de internação fraca. As equações geradas são mostradas abaixo:

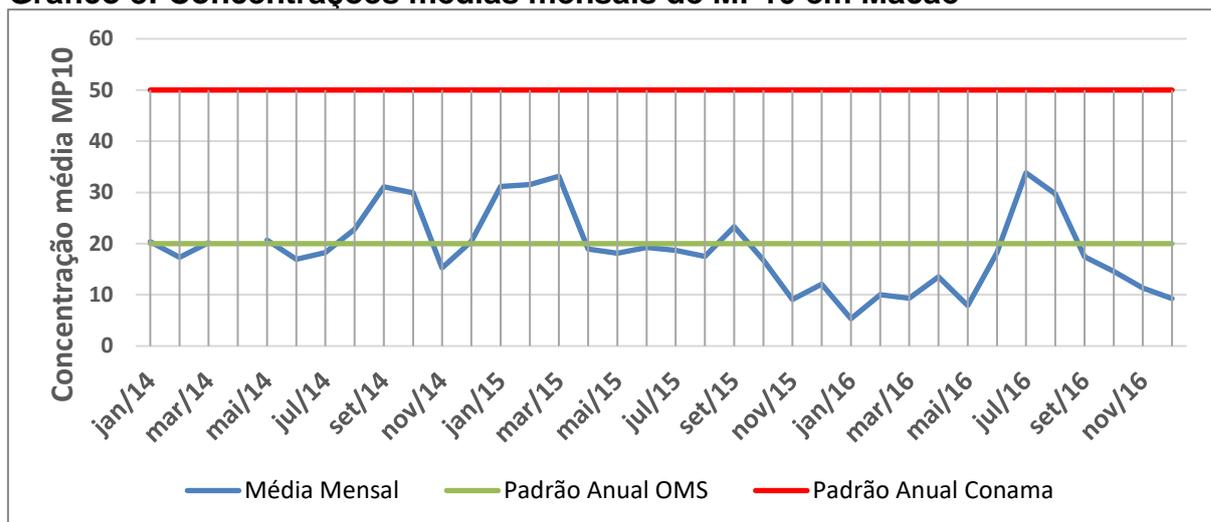
$$\text{"tx_intern_10_19} = 0,5533 - (0,0123 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

$$\text{"tx_intern_20_59} = 1,3740 - (0,0308 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

De acordo com os dados do IBGE (2009), o município de Macaé possui 83 estabelecimentos que fazem parte do sistema único de saúde, comumente conhecida como SUS.

As concentrações mensais de MP10 no município de Macaé estão descritas no Gráfico 8.

Gráfico 8: Concentrações médias mensais de MP10 em Macaé



Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Macaé oscilaram bastante durante o período do estudo, no entanto, em sua maioria, ficaram abaixo do limite de concentração média anual de 20 microgramas por metro cúbico, recomendado pela OMS. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 18,96 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 33,83 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 5,33.

3.8.1. Análises estatísticas para o município de Macaé

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 8.

3.8.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

As taxas de internação por doenças respiratórias para pessoas de todas as faixas etárias tiveram baixas correlações, positivas ou negativas, com as variáveis referentes a concentração de material particulado. Isto indica que estas variáveis não possuem uma relação muito forte para nenhuma faixa etária neste município.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a média mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada forte e negativa, de - 72%, o que indica que quanto menor foi a média mensal da umidade em um determinado mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para todas as faixas etárias estudadas, com exceção das pessoas com idade entre 10 e 19 anos, a variável que mais influenciou as taxas de internações motivadas por doenças respiratórias a cada mil habitantes foi a temperatura média. A relação entre a temperatura média e as taxas de internação foi forte para as faixas etárias de crianças entre 0 e 4 anos de idade e as pessoas maiores do que 60 anos de idade, e moderada para as pessoas com faixa etária entre 5 e 9 anos e 20 e 59 anos. Estas relações foram negativas, significando que conforme a temperatura média em determinado mês diminui, há uma tendência de que as taxas de internação aumentem.

A variável relacionada ao valor mínimo de temperatura registrado em um mês é a que mais se relaciona com a taxa de internações para a faixa etária de pessoas com idade entre 10 e 19 anos. A relação entre as duas variáveis é moderada, - 33%, e negativa. Esta relação descreve que quanto a variável independente cresce, a variável resposta tende a diminuir.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 20: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Macaé

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura média (-64,13%)	Temperatura média (-38,66%)	Temperatura mínima (-32,81%)	Temperatura média (-47,63%)	Temperatura média (-62,00%)
Força de associação	Forte	Moderada	Moderada	Moderada	Forte

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.8.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.8.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Itaguaí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a umidade média mensal registrada. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a umidade média mensal no mês é a seguinte:

$$\text{“Media_mp10} = 120,497 - (1,294 * \text{umidade_media)”}$$

Esta equação demonstra que conforme as variáveis independentes crescem, há uma tendência de a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 50,00% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.8.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos, 5 a 9 anos e 20 a 59 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes das faixas etárias especificadas acima, foi utilizada nas regressões a variável que possuía maior grau de correlação, a temperatura média mensal do Município de Macaé.

Para todas as faixas etárias, as premissas estatísticas para a montagem das regressões, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção das equações de

regressão foi considerada válida. A equação para a faixa etária de 0 a 4 anos gerou um R2 ajustado de 39,34%, uma relação média, enquanto que as equações geradas para as faixa etária de 5 a 9 anos e de 20 a 59 anos teve um R2 ajustado de apenas 12,37% e 20,34% respectivamente, mostrando que há uma relação fraca entre estas equações e a variável resposta. As equações obtidas para descrever como se alteram as variáveis resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês são as seguintes:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 9,644 - (0,325 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

$$\text{"tx_intern_5_9} = 1,397 - (-0,044 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

$$\text{"tx_intern_20_59} = 0,249 - (0,005 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

As equações nos mostram, obviamente cada uma com seu grau de variação, que conforme a temperatura média sobe, as taxas de internação por doenças respiratórias têm uma tendência de diminuir.

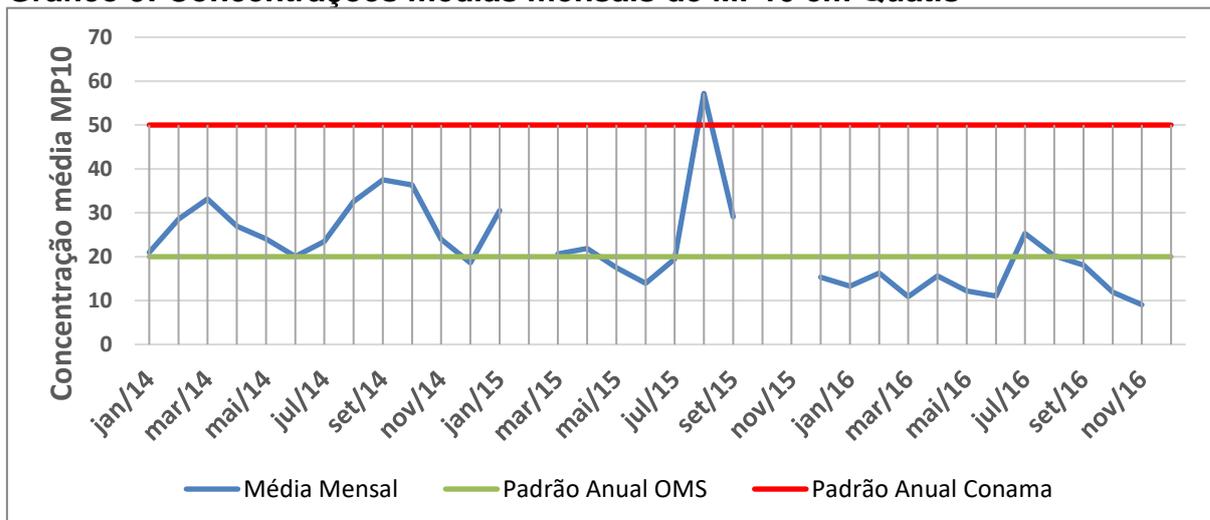
3.8.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos, no município de Macaé, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a menor mensuração mensal da umidade e a temperatura média mensal. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_m60} = 3,246 - (0,067 * \text{temperatura_media}) - (0,014 * \text{umidade_minima})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a umidade mínima registrada e a temperatura média em um mês forem maiores, é esperado que haja uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes desta faixa etária.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram

Gráfico 9: Concentrações médias mensais de MP10 em Quatis

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Quatis oscilaram bastante durante o período do estudo. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 22,36 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 57,20 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 9,06.

3.9.1. Análises estatísticas para o município de Quatis

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 9.

3.9.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

As taxas de internação por doenças respiratórias para pessoas de todas as faixas etárias tiveram baixas correlações, positivas ou negativas, com as variáveis referentes a concentração de material particulado, com exceção da faixa etária entre 10 e 19 anos de idade. Para esta faixa etária há uma relação moderada negativa, de -54%, entre a concentração média mensal de MP10 e a taxa de internações, situação que necessita maior investigação.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a média mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada e

negativa, de - 39%, o que indica que quanto menor foi a média mensal da umidade em um determinado mês, haverá uma tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para as faixas etárias de 0 a 4 anos e de 20 a 59 anos o valor da umidade máxima teve maior relação com as taxas de internação. Em ambos os casos as relações foram consideradas médias e positivas, o que significa que com o crescimento do valor de umidade máxima, há uma tendência que se aumente as taxas de internação.

A situação descrita para as taxas de internação das faixas etárias de 0 a 4 anos e de 20 a 59 anos é a mesma que ocorreu para a faixa etária de 5 a 9 anos, porém com a diferença de que a variável que mais se relacionou com a taxa de internação desta faixa etária foi a umidade mínima registrada no mês.

A faixa etária de pessoas maiores do que 60 anos teve todas as correlações feitas com a sua taxa de internação consideradas fracas.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 21: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Quatis

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Umidade máxima (30,93%)	Umidade mínima (31,28%)	Média MP10 (-54,05%)	Umidade Máxima (39,87%)	Quantidade de registros acima de 150 (21,04%)
Força de associação	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Fraca

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.9.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.9.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Itaguaí, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a umidade média mensal registrada. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a umidade média mensal registrada no mês é a seguinte:

$$\text{“Media_mp10} = 63,079 - (0,561 * \text{umidade_media)”}$$

Esta equação demonstra que conforme as variáveis independentes crescem, há uma tendência de a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de apenas 12,59% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

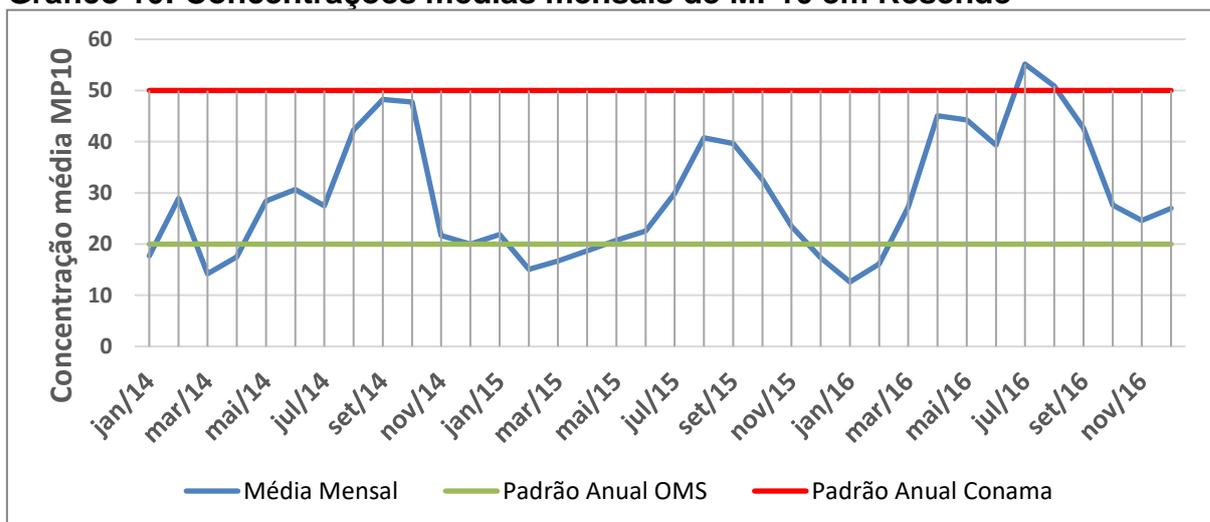
3.9.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes da faixa etária especificada acima, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a concentração média mensal de MP₁₀. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte;

$$\text{“tx_intern_10_19} = 0,641 - (0,0188 * \text{Media_mp10)”}$$

Esta equação demonstra que conforme a concentração média de MP₁₀ no mês aumenta, é esperado que haja tendência uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes desta faixa etária neste município, um tipo de relação inesperada para esta variável, posto que com o aumento da poluição seria esperado que houvesse um prejuízo à saúde da população.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram

Gráfico 10: Concentrações médias mensais de MP10 em Resende

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Resende oscilaram bastante durante o período do estudo, com meses tendo a concentração média acima do limite da CONAMA de 50 microgramas por metro cúbico no mês e meses com a concentração média abaixo do recomendado pela OMS, com a maioria dos meses variando entre os dois padrões. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 29,35 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 55,15 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 12,60.

3.10.1. Análises estatísticas para o município de Resende

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 10.

3.10.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A taxa de internação por doenças respiratórias para pessoas com idade superior a 60 anos é a que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável, indicando que esta faixa etária foi a mais susceptível aos efeitos negativos deste poluente dentre as 5 faixas etárias estudadas no município. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é a concentração

média mensal de MP₁₀, tendo uma correlação positiva forte, de 62%. Todas as outras faixas etárias também apresentam correlações positivas entre a taxa de internação e a concentração de MP₁₀, no entanto as correlações são fracas para as faixas etárias entre 0 e 19 anos, e moderada para a faixa etária entre 20 e 59 anos.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a menor mensuração mensal da temperatura. A relação entre as duas variáveis é considerada forte negativa, o que indica que quanto menor foi o valor mais baixo de temperatura registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para as faixas etárias de 0 a 4 anos e de 10 a 19 anos de idade, as taxas de internação tiveram maior relação com a maior temperatura mensal registrada. Esta correlação é uma correlação forte (de 60 a 90%) negativa de 64%, para a faixa etária de 0 a 4 anos e moderada negativa, de 48%, para a faixa etária de 10 a 19 anos, o que indica que ao passo a temperatura máxima registrada no mês diminui, há uma tendência de crescimento nas taxas de internação de indivíduos destas faixas etárias.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, não houve nenhuma variável que tivesse uma correlação que não fosse fraca com a taxa de internação mensal desta faixa etária.

Para as faixas etárias de pessoas entre 20 e 59 anos e maiores do que 60, as taxas de internação por doenças respiratórias tiveram maior relação com a temperatura mínima mensal registrada. Ambas as correlações são consideradas fortes, entre 60 e 90%, e negativas, o que indica que ao passo que a temperatura mínima registrada cai, há uma tendência de que as taxas de internação aumentem.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 22: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Resende

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura máxima (-64,13%)	Umidade média (23,40%)	Temperatura Máxima (-47,90%)	Temperatura mínima (-66,30%)	Temperatura mínima (-74,70%)
Força de associação	Forte	Fraca	Moderada	Forte	Forte

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.10.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.10.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Resende, foram utilizadas na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura mínima mensal registrada e o valor de umidade mínima registrada no mês. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ é a seguinte:

$$\text{“Media_mp10} = 73,539 - (2,322 * \text{temperatura_minima_mensal}) - (0,32 * \text{umidade_minima)”}$$

Esta equação demonstra que conforme as variáveis independentes crescem, há uma tendência de a concentração média de MP₁₀ no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 47,83% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.10.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos e de 10 a 19 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes das faixas etárias citadas acima, no município de Resende, foi utilizada nas regressões a variável que possuía maior grau de correlação, a maior mensuração mensal da temperatura. As equações obtidas para descrever como se alteram as variáveis resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 5,220 - (0,1178 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

$$\text{"tx_intern_10_19} = 0,642 - (0,014 * \text{temperatura_pico_mensal})\text{"}$$

Estas equações nos dizem que conforme a temperatura máxima registrada em um mês for maior, é esperado que haja uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes destas faixas etárias.

As premissas estatísticas para a montagem destas regressões, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção das equações de regressões foi considerada válida. A equação da faixa etária de 0 a 4 anos gerou um R2 ajustado de 39,14% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta, enquanto a equação da faixa etária de 10 a 19 anos teve um R2 ajustado de 21,06%, demonstrando uma relação fraca entre a variável resposta e a equação.

3.10.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos, no município de Resende, foram utilizadas na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a concentração média mensal de MP10 e a temperatura média no mês. A temperatura média no mês foi utilizada no lugar da temperatura mínima registrada no mês, porque ao se montar a regressão com a temperatura mínima, o p valor das variáveis foi maior do que 0,05, tornando a regressão inválida. A equação obtida para descrever como se

altera a variável resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_20_59} = 0,5173 + (0,0028 * \text{Media_mp10}) - (0,0151 * \text{temperatura_media)"}"$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura média mensal diminui e a concentração média de MP10 no mês aumenta, há uma tendência de que se aumentem as taxas de internação.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R2 ajustado de 46,81% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

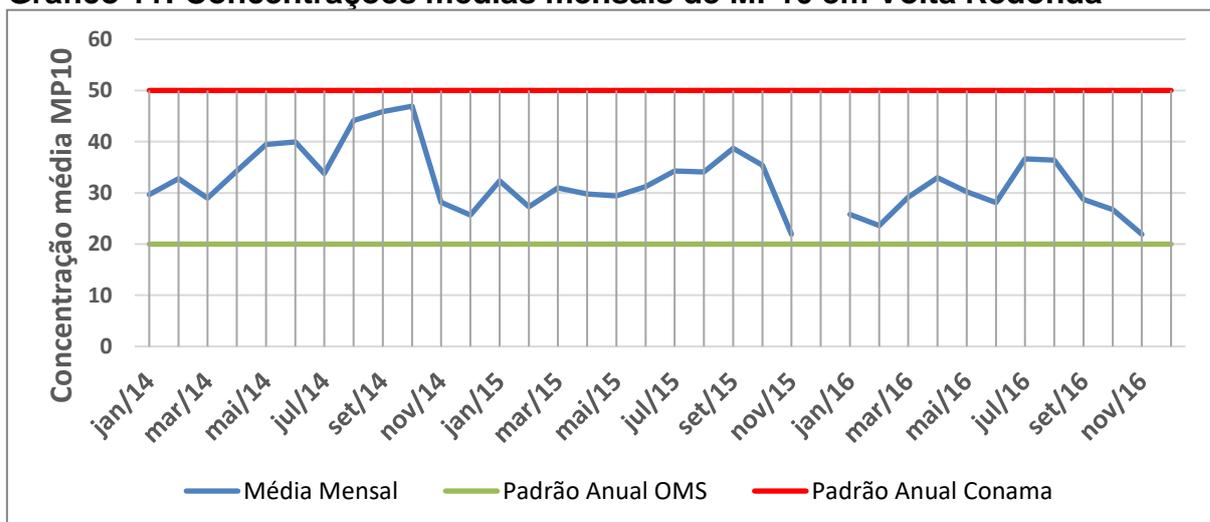
3.10.7. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos, no município de Resende, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a temperatura mínima registrada no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_m60} = 4,2440 - (0,116 * \text{temperatura_minima_mensal)"}"$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura mínima mensal registrada diminui, há uma tendência de que se aumentem as taxas de internação.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R2 ajustado de 54,40% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

Gráfico 11: Concentrações médias mensais de MP10 em Volta Redonda

Fonte: elaborado pelo autor.

As concentrações médias mensais de MP10 no Município de Volta Redonda ficaram acima do limite da OMS de 20 microgramas por metro cúbico ao ano em todos os meses do período do estudo. A concentração média ao longo do período de estudo foi de 32,21 microgramas por metro cúbico, enquanto a concentração média mais alta registrada em um mês foi de 46,93 microgramas por metro cúbico. A menor concentração média mensal foi de 21,92.

3.11.1. Análises estatísticas para o município de Volta Redonda

As correlações e regressões foram feitas a partir dos resultados mensais, no período dos anos de 2014 até 2016, para as variáveis listadas no Apêndice 11.

3.11.2. Análise das Correlações

A partir das correlações entre as variáveis foi possível observar que:

A faixa etária de pessoas com idade entre 10 e 19 anos é a que possui a taxa de internações que possui maior correlação com as variáveis relativas as concentrações de material particulado inalável. Dentre as variáveis relativas as concentrações de material particulado a que mais afeta as internações desta faixa etária é o valor máximo de MP₁₀ registrado em um mês, tendo uma correlação positiva moderada, de 58%. Todas as outras faixas etárias também apresentam correlações positivas entre a taxa de internação e a concentração de MP₁₀.

Dentre as variáveis atmosféricas analisadas, temperatura e umidade, a que mais influenciou a concentração média de material particulado no mês foi a menor mensuração mensal da umidade. A relação entre as duas variáveis é considerada moderada negativa, o que indica que quanto menor foi o valor mais baixo de umidade registrado no mês, maior será a tendência que a concentração média mensal de MP₁₀ no Município aumente.

Para a faixa etária de 0 a 4 anos as taxas de internação tiveram maior relação com a temperatura média mensal registrada. Esta correlação é uma correlação forte (de 60 a 90%) negativa de 82%, o que indica que ao passo a temperatura média mensal diminui, há uma tendência de crescimento nas taxas de internação de indivíduos destas faixas etárias.

Para a faixa etária de 5 a 9 anos de idade, a maior correlação feita com a taxa de internações também é a temperatura média do Município, no entanto esta é uma correlação moderada negativa, de 44%.

Para a faixa etária de pessoas entre 20 e 59 anos a variável que teve a maior relação com a taxa de internações foi a temperatura mínima mensal, uma relação moderada negativa de – 53%.

Para a faixa etária de maiores do que 60 anos as taxas de internação por doenças respiratórias tiveram maior relação com a temperatura média mensal registrada. Uma relação considerada forte e negativa, de -70%, o que indica que ao passo que a temperatura média registrada no mês cai, há uma tendência de que as taxas de internação aumentem.

As variáveis que tiveram o maior grau de correlação com as taxas de internação de cada uma das faixas etárias estão expressas na tabela abaixo:

Tabela 23: Variáveis de maior correlação com as Taxas de Internação em Volta Redonda

Taxa de Internação	Faixas Etárias				
	0 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 59	maiores de 60
Variável de maior Correlação	Temperatura média (-81,60%)	Temperatura média (-43,89%)	MP10 Máximo (57,71%)	Temperatura mínima (-53,29%)	Temperatura média (-70,39%)
Força de associação	Forte	Moderada	Moderada	Moderada	Forte

Fonte: elaborado pelo autor

3.12.3. Análise das Regressões

Para evidenciar o comportamento das variáveis resposta de interesse com relação as possíveis variáveis independentes, ver Tabela 12, foram realizadas regressões utilizando as variáveis independentes que apresentaram grau de correlação no mínimo moderado, para se chegar as equações que explicam como se alteram as variáveis resposta com relação as independentes.

3.12.4. Regressão da Concentração média mensal de MP₁₀

Para explicar a variação da concentração média mensal de MP₁₀, no município de Volta Redonda, foram utilizadas na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura mínima mensal registrada e o valor de umidade mínima registrada no mês. A equação obtida para descrever como varia a concentração média mensal de MP₁₀ com relação a temperatura mínima registrada no mês é a seguinte:

“Media_mp10 = 54,508 – (0,877 * temperatura_minima_mensal) – (0,418 * umidade_minima)”

Esta equação demonstra que conforme as variáveis independentes crescem, há uma tendência de a concentração média de MP10 no mês tende a diminuir.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis independentes menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 53,91% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.12.5. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes das faixas etárias de 0 a 4 anos e de 5 a 9 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes das faixas etárias citadas acima, no município de Volta Redonda, foi utilizada nas regressões a variável que possuía maior grau de correlação, a temperatura média mensal. As equações obtidas para descrever como se alteram as

variáveis resposta em relação as variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_0_4} = 9,301 - (0,329 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

$$\text{"tx_intern_5_9} = 1,487 - (0,0397 * \text{temperatura_media})\text{"}$$

Estas equações demonstram que conforme a temperatura média em um determinado mês for maior, é esperado que haja uma diminuição nas taxas de internação por doenças respiratórias por mil habitantes destas faixas etárias.

As premissas estatísticas para a montagem destas regressões, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção das equações de regressões foi considerada válida. A equação da faixa etária de 0 a 4 anos gerou um R2 ajustado de 65,57% mostrando que há uma relação forte entre a equação e a variável resposta, enquanto a equação da faixa etária de 5 a 9 anos teve um R2 ajustado de 16,81%, demonstrando uma relação fraca entre a variável resposta e a equação.

3.12.6. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 10 a 19 anos, no município de Volta Redonda, foi utilizada na regressão a variável que possuía maior grau de correlação, a maior mensuração de MP10 no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{"tx_intern_10_19} = 0,0337 + (0,00047 * \text{Maximo_mp10})\text{"}$$

Esta equação demonstra que conforme a maior mensuração de concentração de de MP10 no mês aumenta, há uma leve tendência de que se aumentem as taxas de internação para esta faixa etária.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R2 ajustado de 31,27% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

3.13. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes de 20 a 59 anos, no município de Volta Redonda, foi utilizada na regressão a variável que possuía o maior grau de correlação, a temperatura mínima no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação a variável independente dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{“tx_intern_20_59} = 0,2650 - (-0,0071 * \text{temperatura_minima_mensal)“}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura mínima mensal registrada for menor, haverá uma leve tendência de que se aumentem as taxas de internação.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. No entanto a equação gerou um R2 ajustado de 26,22% mostrando que há uma relação fraca entre a equação e a variável resposta.

3.12.8. Regressão das Taxas de Internação por Doenças Respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos

Para explicar a variação da taxa de internação por doenças respiratórias por mil habitantes com idade superior a 60 anos, no município de Volta Redonda, foi utilizada na regressão as variáveis que possuíam maior grau de correlação, a temperatura média mensal e a concentração média de MP10 registrada no mês. A equação obtida para descrever como se altera a variável resposta em relação às variáveis independentes dentro de um mês é a seguinte:

$$\text{“tx_intern_m60} = 2,144 + (0,014 * \text{Media_mp10)} - (0,061 * \text{temperatura_media)“}$$

Esta equação demonstra que conforme a temperatura mínima mensal registrada diminui, há uma tendência de que se aumentem as taxas de internação.

As premissas estatísticas para a montagem desta regressão, f de significação da equação menor do que 0,05 e p valor das variáveis menor do que 0,05, foram

cumpridas, portanto a construção da equação de regressão foi considerada válida. A equação gerou um R² ajustado de 56,94% mostrando que há uma relação moderada entre a equação e a variável resposta.

4. Discussão dos Resultados

O objetivo do trabalho foi verificar se as variáveis mensais das condições atmosféricas, fossem de poluição ou de condições climáticas, seriam capazes de explicar as variações das taxas mensais, por mil habitantes, de internações ocasionadas por doenças respiratórias em onze municípios diferentes do Estado do Rio de Janeiro. Para avaliar a força das relações entre as variáveis estudadas, foi aplicada a técnica estatística de correlação, que evidencia o grau de relacionamento individual entre cada variável.

O único poluente estudado foi o material particulado inalável, no entanto foi investigado qual tipo de interação entre o poluente e a população traria maiores prejuízos à saúde humana, sob 4 óticas diferentes:

- A concentração média mensal de MP10;
- O maior registro de concentração horária no mês;
- O número de vezes em que a concentração de MP10 foi maior do que 150 microgramas por metro cúbico; e
- O número de dias em que a concentração média foi maior do que o limite de 50 microgramas por metro cúbico, estabelecido pela OMS.

Todas estas diferentes formas de relação entre o MP10 e as taxas de internações das diferentes faixas etárias dos municípios estudados foram condensados na tabela abaixo.

Tabela 24: Resumo de Correlações entre variáveis de MP10 e as taxas de internação

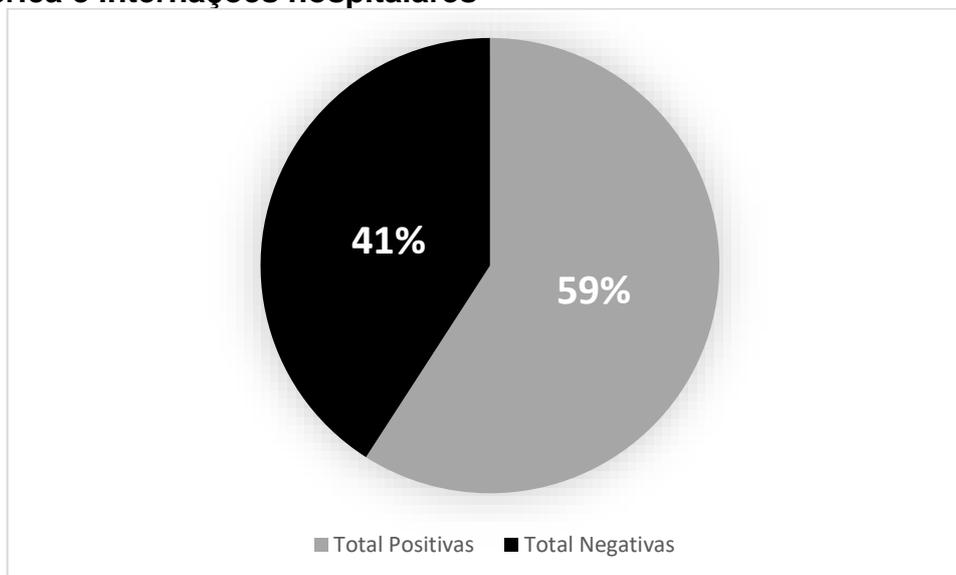
		CORRELAÇÃO	
		Positiva	Negativa
Barra Mansa	Fraca	12	6
	Moderada	2	0
	Forte	0	0
Cantagalo	Fraca	3	17
	Moderada	0	0
	Forte	0	0

Duque de Caxias	Fraca	15	3
	Moderada	2	0
	Forte	0	0
Itaboraí	Fraca	11	7
	Moderada	1	1
	Forte	0	0
Itaguaí	Fraca	10	7
	Moderada	3	0
	Forte	0	0
Itatiaia	Fraca	9	11
	Moderada	0	0
	Forte	0	0
Japeri	Fraca	6	14
	Moderada	0	0
	Forte	0	0
Macaé	Fraca	11	9
	Moderada	0	0
	Forte	0	0
Quatis	Fraca	7	10
	Moderada	0	3
	Forte	0	0
Resende	Fraca	10	2
	Moderada	6	0
	Forte	2	0
Volta Redonda	Fraca	14	0
	Moderada	6	0
	Forte	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela possui dois tipos de divisões das correlações, elas foram divididas entre positivas e negativas, e entre fracas, moderadas ou fortes. Quando uma correlação é positiva, significa dizer que quando uma variável cresce, a outra variável a ela correlacionada também tende a crescer. O oposto também se aplica a uma correlação negativa, o que quer dizer que conforme uma variável cresce, a outra a ela correlacionada tende a diminuir. Sob esta ótica, as correlações feitas, entre as variáveis de concentração do poluente e das taxas de internação de todas as faixas etárias, se apresentam da seguinte forma:

Gráfico 12: Percentual de correlações positivas e negativas entre poluição atmosférica e internações hospitalares



Fonte: Elaborado pelo autor.

A divisão entre correlações positivas e negativas mostrada pelo gráfico nos demonstra que mais da metade das correlações feitas entre as variáveis relacionadas as concentrações do material particulado inalável e as taxas de internações hospitalares por doenças respiratórias foram positivas, um bom resultado. Esta tendência de crescimento das taxas de internações influenciada pelos efeitos negativos do MP10 (correlação positiva entre as variáveis resposta e explicativas) é mais expressiva nos municípios de Volta Redonda, Resende, Duque de Caxias, Barra Mansa e Itaguaí como está expresso na Tabela 25.

Tabela 25: Percentual de Correlações Positivas entre as taxas de internações e as variáveis relacionadas às concentrações de materiais particulados

Percentual de Correlações Positivas	Percentual de Correlações Positivas
Municípios com mais que 50% de correlações positivas	Municípios com menos que 50% de correlações positivas
Volta Redonda – 100%; 30% moderadas	Itatiaia – 45%
Resende – 90%; 30% moderadas; 10% fortes	Quatis – 35%
Duque de Caixas – 85%; 10% moderadas	Japeri – 30%
Barra Mansa – 70%; 10% moderadas	Cantagalo – 15%
Itaguaí – 65%; 15% moderadas	
Itaboraí – 60%; 5% moderadas	
Macaé – 55%	

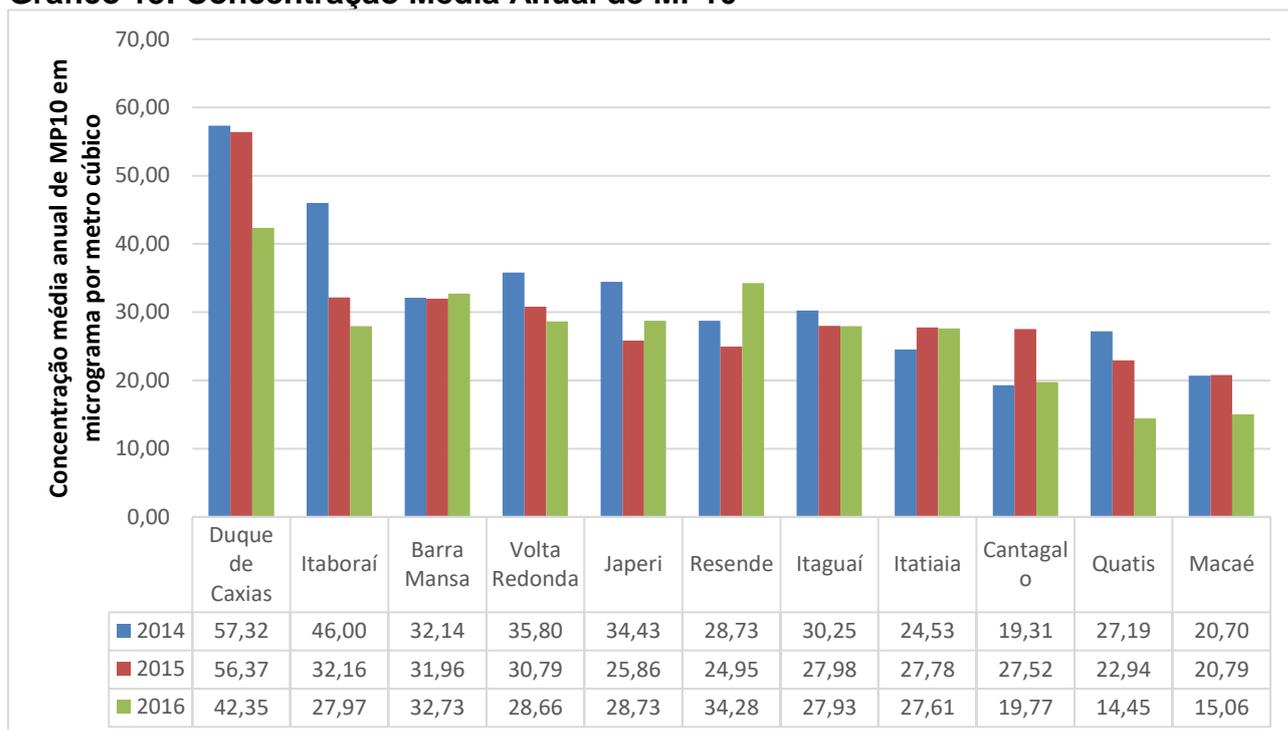
Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre todos os municípios, Volta Redonda foi o único município que teve 100% das correlações feitas entre as variáveis relativas as concentrações de MP₁₀ e as taxas de internação. Este fato pode ser motivado pelo fato de que este município

é conhecido pela sua grande atividade industrial, possuindo a maior siderúrgica da América Latina instalada em seu território.

O Gráfico 13 ilustra, em parte, o quadro do percentual de correlação entre a concentração de MP₁₀ com as taxas de internações hospitalares por doenças respiratórias no período do estudo, assim como exposto na tabela 25:

Gráfico 13: Concentração Média Anual de MP10



Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 13 mostra que três dos cinco municípios que possuem maior concentração média anual de MP₁₀ estão na lista dos municípios que apresentaram o maior percentual de correlações positivas entre as taxas de internações e as variáveis relativas ao material particulado inalável, sendo eles Duque de Caxias, Barra Mansa e Volta Redonda, todos municípios com amplo desenvolvimento industrial.

Este é um bom resultado, posto que era esperado que concentração de um poluente tivesse uma maior correlação com a taxa de internações quando a concentração deste poluente fosse maior. Este resultado também ocorreu para os municípios que tiveram o menor percentual de correlações positivas entre as variáveis de concentração de MP₁₀ e as taxas de internação. Três dos quatro municípios que tem a menor concentração média anual de MP₁₀ (Itatiaia, Cantagalo

e Quatis) figuram na lista dos municípios que possuem a menor correlação positiva, demonstrada na Tabela 25.

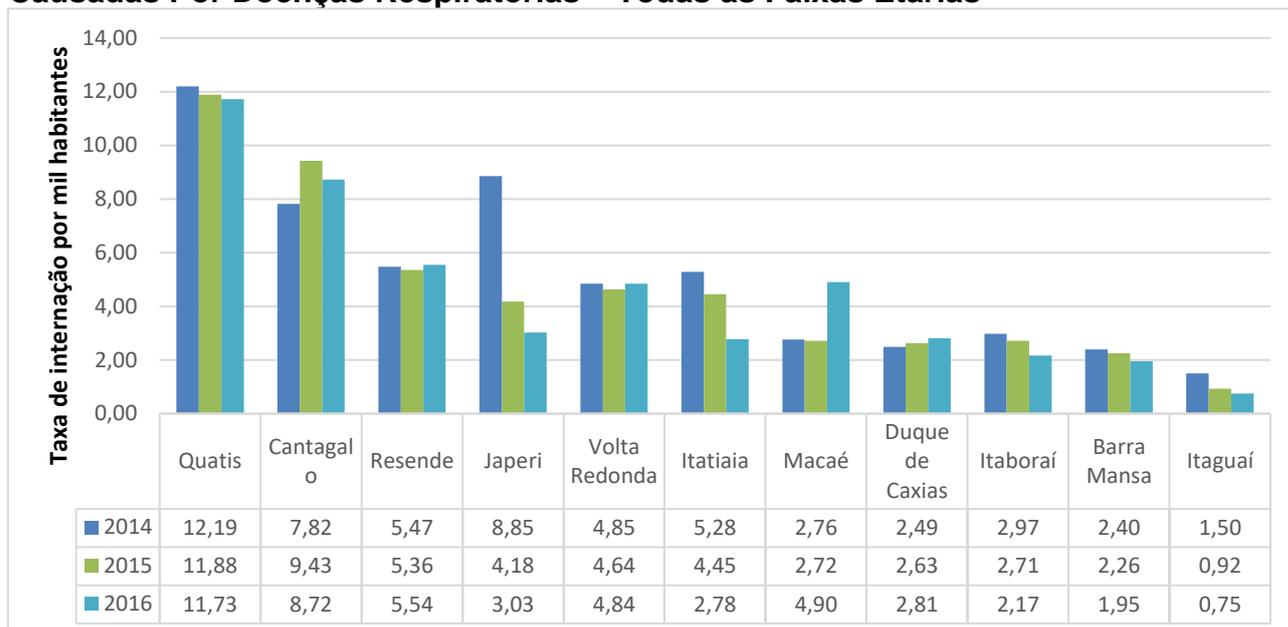
Dentre os onze municípios do estudo, Resende é um caso a se destacar. Ele é o município que apresentou o maior percentual de correlações moderadas e fortes, 30 e 10 por cento respectivamente, entre as variáveis de concentração do MP₁₀ e as taxas de internação. Isso ocorreu apesar de ser o sexto município na ordem dos municípios que tiveram a maior concentração média anual para os três anos do estudo.

Os graus de correlação entre as taxas de internação e as variáveis relacionadas às concentrações de MP₁₀, segundo Queiroz, Jacomino e Menezes (2007), podem ser justificados pelo tamanho ou composição química da partículas, fato este que poderia explicar porque o município de Resende, apesar de não ser um dos municípios que tem a maior concentração média anual de MP₁₀, ser o que possui o maior percentual de correlações moderadas ou fortes.

A situação de Resende provoca também uma reflexão sobre a rigidez dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA 03, uma vez que, em determinados casos, apesar das concentrações médias anuais de MP₁₀ estarem abaixo do limite de concentração média anual de 50 microgramas por metro cúbico, os percentuais de correlações positivas entre as concentrações e as taxas de internação foram altos.

Apesar de os percentuais de correlação entre as taxas de internação e as concentrações do poluente terem seguido certo padrão para os municípios, o Gráfico 14 expõe um ponto de vista diferente sobre o assunto.

Gráfico 14: Taxas Anuais de Internações Hospitalares Por Mil Habitantes Causadas Por Doenças Respiratórias – Todas as Faixas Etárias



Fonte: Elaborado pelo autor

Diferentemente do esperado, alguns dos municípios que tiveram a maior taxa de internação por mil habitantes causadas por doenças respiratórias são justamente os municípios que tem a menor concentração média anual de MP₁₀. Os municípios de Quatis, Cantagalo e Japeri possuem poucas correlações positivas entre as taxas de internação e as variáveis de concentração de MP₁₀, no entanto são alguns dos municípios que possuem as maiores taxas de internação por mil habitantes. Esta situação demanda uma maior investigação sobre os motivos pelos quais as taxas para estes municípios são tão altas.

Resende e Volta Redonda também estão entre os 5 municípios que possuem as maiores taxas de internação motivadas por doenças respiratórias, mas ao contrário de Quatis, Cantagalo e Resende, este resultado era esperado.

Baseado na força de correlação entre as variáveis independentes e as variáveis resposta foram feitas regressões para obter as equações que explicam como se alteram as variáveis respostas de acordo com as mudanças das variáveis independentes. As regressões foram feitas apenas com as variáveis independentes que tinham no mínimo uma correlação considerada moderada com a variável resposta. As variáveis resposta de interesse, para as quais foram feitas as regressões, foram a concentração média mensal de MP₁₀ e as taxas de internação hospitalar por mil habitantes ocasionadas por doenças respiratórias para as cinco

faixas etárias estudadas nos onze municípios. Todas as regressões possíveis de serem realizadas estão ilustradas na Tabela 26.

Tabela 26: Resumo das Regressões Realizadas

	Material Particulado Inalável	Taxa de internação de 0 a 4 anos	Taxa de internação de 5 a 9 anos	Taxa de internação de 10 a 19 anos	Taxa de internação de 20 a 59 anos	Taxa de internação maiores de 60 anos
Barra Mansa	Umidade Mínima R ² ajustado=13,73% Fraca	Temperatura Média e Umidade Máxima R ² ajustado=41,87% Moderada	Temperatura Mínima mensal R ² ajustado=10,19% Fraca	-	-	Média de MP10 e Temperatura Média R ² ajustado=39,34% Moderada
Cantagalo	-	Temperatura Média R ² ajustado=22,60% Fraca	-	-	-	Temperatura Mínima mensal R ² ajustado=29,87% Fraca
Duque de Caxias	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=16,43% Fraca	Temperatura Média R ² ajustado=37,31% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=16,29% Fraca	-	Dias acima 50 OMS R ² ajustado=16,19% Fraca	Temperatura Média e Umidade Máxima R ² ajustado=49,58% Moderada
Itaboraí	Umidade Máxima R ² ajustado=31,57% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=31,73% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=21,33% Fraca	-	-	-
Itaguaí	Temperatura Mínima e Umidade Mínima R ² ajustado=37,51% Moderada	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=13,05% Fraca	-	Umidade Mínima R ² ajustado=15,07% Fraca	-	-
Itatiaia	-	-	-	-	-	-
Japeri	Umidade Mínima R ² ajustado=23,33% Fraca	Temperatura Mínima mensal R ² ajustado=21,90% Fraca	-	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=12,68% Fraca	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=09,37% Fraca	-
Macaé	Umidade Média R ² ajustado=50,00% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=39,34% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=12,37% Fraca	-	Temperatura Média R ² ajustado=20,34% Fraca	Temperatura Mínima e Umidade Mínima R ² ajustado=52,49% Moderada
Quatis	Umidade Média R ² ajustado=12,59% Fraca	-	-	Média de PM10 R ² ajustado=27,07% Fraca	-	-
Resende	Temperatura Mínima e Umidade Mínima R ² ajustado=47,83% Moderada	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=39,14% Moderada	-	Temperatura máxima mensal R ² ajustado=21,06% Fraca	Média de MP10 e Temperatura Média R ² ajustado=46,81% Moderada	Temperatura Mínima mensal R ² ajustado=54,40% Moderada
Volta Redonda	Temperatura Mínima e Umidade Mínima R ² ajustado=53,91% Moderada	Temperatura Média R ² ajustado=65,57% Forte	Temperatura Média R ² ajustado=16,81% Fraca	Máximo MP10 mensal R ² ajustado=31,27% Moderada	Temperatura Mínima mensal R ² ajustado=26,22% Fraca	Média de MP10 e Temperatura Média R ² ajustado=56,95% Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de algumas taxas de internações hospitalares causadas por doenças respiratórias para determinadas faixas etárias em certos municípios terem tido correlações de nível moderado com alguma variável independente, ao se fazer a regressão para se tentar explicar este tipo de situação descrita, foram obtidos valor

de significância ou p valor das variáveis maiores do que 0,05, o que torna a regressão inválida.

Para o município de Itatiaia não foi possível realizar nenhuma regressão que explicasse as taxas de internação, posto que as correlações entre as variáveis relativas às concentrações de material particulado e as taxas de internações foram baixas. Além disso, o amostrador, do Inea, que foi utilizado na análise deste município, não possuía registros para as variáveis meteorológicas.

As regressões feitas com as variáveis independentes geraram apenas equações com graus de relacionamento fracos com as taxas de internações dos Municípios de Quatis, Cantagalo e Japeri, municípios que possuíam baixo percentual positivo de correlações entre as taxas de internações e as variáveis de concentrações de MP₁₀.

A umidade relativa do ar, com exceção do município de Duque de Caxias e dos municípios onde não puderam ser feitas regressões para explicar a concentração média de MP₁₀, foi o grupo de variáveis, dentre os analisados no estudo, que mais foi utilizado para explicar a mudança na concentração mensal de MP₁₀.

O material particulado inalável, representado por suas diferentes variáveis, foi utilizado em seis equações utilizadas para explicar as taxas de internações por doenças respiratórias. A força de relação destas equações com a variável resposta a elas relativa foi considerada moderada para quatro delas e fraca em duas situações. Das seis vezes que foi utilizada nas fórmulas de regressão, em cinco a variável independente era a concentração média mensal de MP₁₀.

Dos municípios que tiveram regressões feitas com as concentrações de MP₁₀ como variáveis independentes para explicar as taxas de internação, todos com exceção de Quatis, possuem um forte setor industrial.

A temperatura, representada por suas diferentes variáveis, foi o fator que mais esteve presente nas equações das regressões realizadas, o que leva a crer que dentre os dados analisados, ela é a que teve maior influência nas internações hospitalares ocorridas nos diferentes municípios estudados. Inclusive, a única equação de regressão que teve a força de relação considerada forte utiliza como única variável, para explicar as taxas de internações hospitalares de crianças de 0 a 4 anos de idade do município de Volta Redonda, a temperatura média mensal.

A temperatura também foi o único grupo de variáveis utilizado para montar as regressões feitas para explicar as internações de crianças entre 5 e 9 anos.

As faixas etárias que menos tiveram equações realizadas para explicar a correlação entre as variáveis resposta e as variáveis independentes foram as faixas de crianças entre 5 e 9 anos, 10 e 19 anos e 20 a 59 anos. Todas estas faixas etárias só tiveram cinco equações realizadas, dentre onze possíveis para cada uma. Dentre as quinze equações realizadas para explicar as taxas de internações hospitalares destas faixas etárias, treze foram consideradas fracas, o pode ser um indicativo de que estas faixas etárias, de acordo com os dados trabalhados no estudo, estiveram menos sujeitas aos efeitos das condições atmosféricas. As duas equações de relação moderada com a variável resposta para estas três faixas etárias utilizaram em suas fórmulas a média mensal de MP10.

As equações feitas para explicar as taxas de interações hospitalares, para a faixa etária de pessoas entre 20 e 59 anos, nos Municípios de Duque de Caixas e Resende utilizaram como variável independente as concentrações de material particulado. Uma possível explicação para isto pode ser o fato de que ambos os municípios possuem um setor industrial amplamente desenvolvido, o que pode ser o motivo por que as concentrações de partículas inaláveis tenham sejam utilizadas para se tentar explicar as internações de pessoas em idade produtiva.

O único município que teve regressões feitas para todas as variáveis resposta de interesse foi Volta Redonda. Esta cidade possui a maior siderúrgica da América Latina, uma das maiores do mundo, razão esta que, em conjunção com outros fatores existentes no local, pode ser uma das explicações do porquê este foi o único município que teve como variável independente a concentração média de material particulado em duas regressões realizadas para explicar as taxas de internações.

As equações obtidas para explicar as variáveis resposta tiveram um grau de relação considerado fraco, em sua maioria.

5. Conclusões

O trabalho cumpriu com seus objetivos, ao produzir um extenso material descritivo sobre a relação entre diferentes variáveis atmosféricas e as internações hospitalares.

A temperatura foi o grupo de variáveis mais utilizado na montagem das regressões feitas para se explicar as variações das taxas de internações hospitalares por doenças respiratórias nos diferentes municípios.

A umidade do ar foi o fator, dentre os utilizados no estudo, que teve maior relação com a concentração média mensal de MP_{10} .

Volta Redonda e Resende foram os municípios que tiveram o maior número de correlações de grau moderado ou forte entre as taxas de internações e as variáveis relacionadas às concentrações de partículas inaláveis.

Todos os municípios tiveram, em pelo menos um dos anos de estudo, a concentração média anual de MP_{10} maior do que o limite estabelecido pela OMS, uma situação preocupante.

A maioria das relações estabelecidas entre as variáveis foi considerada fraca, o que pode ter tido influência das limitações do estudo. Apesar disso, Esquivel, Gomes e Grauer (2011), assim como outros estudos, consideram as correlações que encontraram, que variavam entre 19 a 30%, como significativas. Posto que o estudo conseguiu diversas correlações, entre as taxas de internação e as variáveis relacionadas às concentrações de MP_{10} , de grau moderado e até mesmo forte, pode-se considerar que os resultados foram expressivos.

No entanto, assim como Andrés (2010), a seguir serão listados alguns possíveis motivos para a baixa força de relação entre algumas equações e as variáveis resposta:

Geralmente as correlações realizadas entre poluentes atmosféricos e efeitos sobre a saúde da população são realizadas com base em efeitos diários, enquanto no estudo realizado as análises foram feitas sobre os resultados mensais das diferentes variáveis, o que além de diminuir o número de observações, não permite perceber os efeitos imediatos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde da população.

As taxas de internação por mil habitantes causadas por doenças respiratórias para as diferentes faixas etárias estudadas foram baseadas em dados populacionais do Censo de 2010, o que pode ter gerado uma defasagem nas correlações.

A escassez de dados meteorológicos e de poluição atmosférica, seja por falta de dados preenchidos, inelegibilidade dos dados para o estudo ou mesmo por escassez de amostradores em determinadas regiões, podem fazer com que sejam estimados cenários de poluição atmosférica ou de determinadas características atmosféricas que não traduzem perfeitamente a realidade.

A localização dos amostradores utilizados no estudo pode ter sido um fator de interferência sobre as correlações e regressões realizadas.

A crise nas contas públicas do Estado nos últimos anos pode ter sido um fator que influenciou no número de leitos disponíveis nos hospitais, fazendo com que os números de internações hospitalares tenham diminuído.

A partir dos dados e conclusões do estudo, são sugeridas algumas recomendações a serem seguidas para os próximos estudos desenvolvidos.

É sugerido que se utilize diferentes técnicas estatísticas que ajudem a explicitar melhor as relações de causa e efeito das variáveis estudadas.

É recomendado que se faça este tipo estudo com os dados diários de internações, para que se investigue se a correlação entre a exposição ao poluente e as taxas de internação é mais expressiva nessa medida de tempo.

Sugere-se que se realizem estudos nos Municípios de Cantagalo, Quatis e Japeri, para que se investigue o motivo das taxas de internação hospitalar causadas por doenças respiratórias serem tão altas nestes municípios. Também é recomendado que se desenvolvam mais estudos sobre a poluição atmosférica no Município de Duque de Caxias, visto que este é o único município que teve as concentrações médias anuais de MP_{10} acima dos limites estabelecidos pela CONAMA.

Indica-se que se realizem mais estudos para averiguar mais a fundo os motivos pelos quais houve diversas correlações negativas entre as variáveis de MP_{10} e as taxas de internações.

Por fim, espera-se que este trabalho sirva como base para o desenvolvimento de novos estudos que buscam relacionar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população.

6. Referências bibliográficas

DE ALMEIDA, Vera Lúcia et al. **Câncer e agentes antineoplásicos ciclo-celular específicos e ciclo-celular não específicos que interagem com o dna: uma introdução**. Química Nova, Minas Gerais, v. 28, n. 1, p. 118-129, set. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n1/23048.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2017.

ARBEX, Marcos Abdo et al. **A poluição do ar e o sistema respiratório**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 643-655, ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.

BAKONYI, Sonia Maria et al. **Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 695-700, mar. 2004. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/pdf/rsp/2004.v38n5/695-700/pt>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BARBOSA, Silvia Maria. **Estudo da influência de fatores ambientais sobre o desencadeamento de crise álgica em crianças e adolescentes portadores de anemia falciforme na cidade de São Paulo**. 2006. 233 p. Tese de Doutorado (Departamento de Patologia. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.)- USP, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-19042007-154059/pt-br.php>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

BELL, Michelle L.; DAVIS, Devra Lee. **Reassessment of the lethal London fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution**. Environmental Health Perspectives, USA, v. 109, n. 3, p. 389-394, jun. 2001. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240556/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRAGA, Alfesio et al. **Poluição atmosférica e a saúde humana**. Revista USP, São Paulo, v. 51, p. 58-71, nov. 2001. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/35099/37838/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2005. 628 p.

BRAGA, Alfésio Luís et al. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil.** Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 570-578, set. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23s4/09.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

BRASIL, Resolução CONAMA nº018, de 6 de maio de 1986. Institui o Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores - PROCONVE. Publicado no D.O.U. de 17 de junho 1986. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res1886.html>>

BRASIL, Resolução CONAMA nº3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar determinando as concentrações de poluentes atmosféricos. Publicado no D.O.U. de 22 de agosto 1990. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>

BRASIL. Lei 1.413/75 de 31 de julho de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Publicado no D.O.U. de 01 de agosto de 1975. Disponível em:<<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/12543229/lei-n-1413-de-26-de-dezembro-de-1988-do-rio-de-janeiro?ref=serp-featured>>

BRASIL. Lei 6.803 de 02 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 03 de julho de 1980. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L6803.htm>

BRASIL. Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1982. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasil, 1981. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>

BRASIL. Resolução CONAMA nº 382 de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Publicado no D.O.U. de 02 de janeiro de 2007. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>

CALEI, Isabel Jepele. **Sequelas neurocognitivas da malária complicada em adultos de Benguela.** 2011. 37 f. Dissertação (CESPU-FORMAÇÃO ANGOLA)-INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, Angola, 2011. Disponível em: <https://repositorio.cespu.pt/bitstream/handle/20.500.11816/263/Tese%20de%20Mestrado_Isabel%20Jepele%20Calei.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 nov. 2017.

CASTRO, Hermano Albuquerque; GOUVEIA, Nelson; ESCAMILLA-CEJUDO, José. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde.** Revista Brasileira de Epidemiologia, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 135-149, jan. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v6n2/07.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

CERDA, Jaime; VALDIVIA, Gonzalo. **John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna.** Revista Chilena de Infectología, Chile, v. 24, n. 4, p. 331-334, jan. 2007. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0716-10182007000400014&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 13 dez. 2017.

HAMRA, Ghassan B. et al. **Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis.** Environmental Health Perspectives, USA, v. 123, n. 11, p. 1107-1112, nov. 2015. Disponível em: <<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.1408882>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS- DATASUS. Disponível em:<<http://datasus.saude.gov.br/>>

FRANÇA, Tanos C.; DOS SANTOS, Marta G.; FIGUEROA-VILLAR, José D. **Malária: aspectos históricos e quimioterapia.** Química Nova, Rio de Janeiro, v. 31, n. 5, p. 1271-1278, abr. 2008. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol31No5_1271_59-AG07101.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2017.

FREITAS, Clarice et al. **Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997.** Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 751-757, dez. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102004000600001&script=sci_abstract>. Acesso em: 29 maio 2017.

GOUVEIA, Nelson et al. **Hospitalização por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil.** Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001200016>. Acesso em: 17 maio 2017.

GOUVEIA, Nelson et al. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 29-40, mar. 2003. Disponível em: <<http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v12n1/v12n1a04.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2017.

HAIR, Joseph. **Análise multivariada de dados.** 6. ed. São Paulo: Bookman, 2009. 688 p.

HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution. 2010. **Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects**. HEI Special Report 17. Health Effects Institute, Boston, MA. Disponível em: <<https://www.healtheffects.org/system/files/SR17Traffic%20Review.pdf>>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>

INEA. **Inventário de emissões de fontes veiculares**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter/documents/document/zwew/mti3/~edisp/inea0127421.pdf>>

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE- INEA. **Relatório de Monitoramento da Qualidade do Ar, 2016**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dimfis_gear/documents/document/zwew/mtmx/~edisp/inea0131852.pdf>

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER-IARC. **Diesel engine exhaust carcinogenic, 2012**. Disponível em: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf>

LOUREIRO, Luciana Neves. **Panorâmica sobre emissões atmosféricas estudo de caso: avaliação do inventário emissões atmosféricas da região metropolitana do rio de janeiro para fontes móveis**. 2005. 153 p. Dissertação (mestre em ciências em planejamento energético)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lnloureiro.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

CENTRO LATINO-AMERICANO E DO CARIBE DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE. (São Paulo). **Informações para Tomadores de Decisão em Saúde Pública: Políticas Públicas em Saúde Pública**. [S.l.: s.n.], 2004. 90 p. Disponível em: <http://files.bvs.br/upload/M/2004/Lucchese_Políticas_publicas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2018.

MAGALHÃES, Gledson Bezerra. **O uso do geoprocessamento e da estatística nos estudos ecológicos em epidemiologia: o caso da dengue em 2008 na região metropolitana de fortaleza**. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, [S.l.], p. 63-77, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/download/17115/11164>>. Acesso em: 13 maio 2017.

MAGALHÃES, Lucas Carlúcio. **Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto**,

MG. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2222/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstudoMaterialParticulado.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2017.

QUEIROZ, Paula Guimarães; JACOMINO, Vanusa Maria; MENEZES, Maria Ângela. **Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais.** [S.l.]: Química Nova, 2007. 7 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a35v30n5.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

CÉSAR, Ana Cristina et al. **Material particulado fino estimado por modelo matemático e interações por pneumonia e asma em crianças.** [S.l.: s.n.], 2015. 6 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rpp/v34n1/pt_0103-0582-rpp-34-01-0018.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2017.

NEMERY, Benoit; HOET, Peter; NEMMA, Abderrahim. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. **The Lancet**, [S.l.], v. 357, p. 704-708, mar. 2001. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(00\)04135-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(00)04135-0/fulltext)>. Acesso em: 19 jan. 2018.

DE OLIVEIRA, Dora Lúcia. A 'nova' saúde pública e a promoção da saúde via educação: entre a tradição e a inovação. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [S.l.], v. 13, p. 423-431, mar. 2001. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281421844018>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

PEREIRA, Boscolli Barbosa; LIMONGI, Jean Ezequiel. Epidemiologia de desfechos na saúde humana relacionados à poluição atmosférica no Brasil: uma revisão sistemática. **Cadernos de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 91-100, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v23n2/1414-462X-cadsc-23-2-91.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

PORTA, Miguel. **A dictionary of epidemiology.** 6. ed. New York: Oxford University Press, 2014. 320 p. Disponível em: <<http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780195314496.001.0001/acref-9780195314496>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Prefeitura Municipal de Cantagalo. Disponível em: <http://www.cantagalo.rj.gov.br/aspectos-geograficos/>

Prefeitura Municipal de Duque de Caxias. Disponível em: <<https://transparencia.duquedecaxias.rj.gov.br/portal/images/arquivos/docs/leis/PM2010-2013%20Duque%20de%20Caxias.pdf>>

QUEIROZ, Paula Guimarães; JACOMINO, Vanusa Maria; MENEZES, Maria Ângela. COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DO MATERIAL PARTICULADO PRESENTE NO AEROSSOL ATMOSFÉRICO DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS, MINAS GERAIS. **Química Nova**, [S.l.], v. 30, n. 5, p. 1233-1239, jan. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a35v30n5.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

ROTHMAN, K.; GREENLAND, S. **Types of epidemiologic studies**.p 67-78, 1998. Disponível em:<<http://www.med.mcgill.ca/epidemiology/hanley/bios601/RothmanGreenland98/RothmanGreenland05TypesEpiStudies.pdf>>

SAMET, Jonathan et al. FINE PARTICULATE AIR POLLUTION AND MORTALITY IN 20 U.S. CITIES, 1987–1994. **The New England Journal of Medicine**, [S.l.], v. 343, n. 24, p. 1742-1749, dez. 2000. Disponível em: <<https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM200012143432401>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

SANTIAGO, Aline. **MATERIAL PARTICULADO TOTAL SUSPENSO NA BAIXA ATMOSFERA EM CUIABÁ-MT NO PERÍODO DE QUEIMADAS**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Edificações e Ambiental)- Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/55.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

SCHWARTZ, J. **PARTICULATE AIR POLLUTION AND CHRONIC RESPIRATORY DISEASE**. ENVIRONMENTAL RESEARCH 62, 7-13, 1993. Disponível em:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8325268>> Acesso em: 8 jul. 2016.

HETZEL, Jorge Lima et al. **Pneumologia: Princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2012. 738 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=wubPoWphlrcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

SNYDER, L. **The death-dealing smog over Donora, Pennsylvania: Industrial air pollution, public health, and federal policy, 1915—1963**. University of Pennsylvania, 1994. Disponível em:<<https://repository.upenn.edu/dissertations/AAI9521124/>>

SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE- SUS, 2018. Disponível em:<<http://portalms.saude.gov.br/sistema-unico-de-saude>>

TOPEY, Mikela M. **The Association Between Lung Cancer and Air Pollution in Trinidad: A Mixed Methods Literature Review**. [S.l.: s.n.], 2016. 25 p. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/classes/es196/projects/2016final/TopeyM_2016.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2017.

TORRES, F. Tamiozzo Pereira; MARTINS, L. Alberto. **Determinação dos Fatores que Influenciam na Concentração do Material Particulado Inalável na Cidade de Juiz de Fora- MG**. Revista Geo Ambiente, Goiás, v.5, p 54-76, dez. 2005. Disponível em:< <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25905/14875>>

Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. **Estudos socioeconômicos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:<<http://www.cedca.rj.gov.br/pdf/Cantagalo.pdf>>

TRUJILLO, E. **Seleção de pacientes e recrutamento dos sujeitos da pesquisa: Implicações éticas e jurídicas no âmbito das Instituições de Ensino Superior públicas- uma visão sob a ótica do Código de Defesa do Consumidor**. Bauru, 2016. Disponível em:< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25144/tde-07112016-090749/publico/EnioTrujillo.pdf>>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Criteria air pollution**. USA, 2018. Disponível em:<<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **The clean air act**. USA, 1970. Disponível em:< <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **The plan english guide to the clean air act**. USA, 2007. Disponível em:< <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/peg.pdf>>

VORMITAG, E.M.P.A.A. et al. Avaliação do Impacto da Poluição Atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde. Instituto Saúde e Sustentabilidade. São Paulo: 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality guidelines for particule matter, ozone, nitrogendioxide and sulfur dioxide**. World Health Organization, 2006. Disponível em:<http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em:<<http://www.who.int/>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **First International Conference on Health Promotion**. Ottawa, 1986. Disponível em:< <http://www.who.int/healthpromotion/conferences/previous/ottawa/en/>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global health risks. **Mortality and burden of disease attributable to selected major risks**. Geneva: World Health Organization; 2009.

APÊNDICES

Apêndice 1: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Barra Mansa

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade de Barra Mansa (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	2													
qtde_registros_maior_150 (3)	68	36												
dias_acima_oms_50 (4)	88	12	68											
temperatura_media (5)	-24	-37	-22	-27										
temperatura_maxima_mensal (6)	-8	2	15	0	73									
temperatura_minima_mensal (7)	-35	-23	-26	-38	87	63								
umidade_media (8)	-31	3	-28	-26	-44	7	3							
umidade_maxima (9)	2	4	-13	-4	-31	-48	-38	14						
umidade_minima (10)	-40	-21	-46	-45	-1	-19	20	56	-2					
tx_intern_0_4 (11)	0	17	-5	-12	-46	-16	-24	33	56	-3				
tx_intern_5_9 (12)	10	12	4	4	-32	-27	-45	-13	20	-39	24			
tx_intern_10_19 (13)	25	22	20	11	-16	-3	-5	0	0	11	24	-13		
tx_intern_20_59 (14)	-12	17	-1	-8	-13	-16	-24	-14	27	4	14	-1	25	
tx_intern_m60 (15)	25	48	32	26	-59	-2	-47	7	22	-30	52	48	23	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice 2: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Cantagalo

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Cantagalo (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	45													
qtde_registros_maior_150 (3)	51	81												
dias_acima_oms_50 (4)	67	58	69											
temperatura_media (5)	26	17	25	32										
temperatura_pico_mensal (6)	51	39	30	59	68									
temperatura_minima_mensal (7)	3	16	22	12	82	32								
umidade_media (8)	-38	8	0	-32	-21	-48	12							
umidade_maxima (9)	-19	3	6	9	16	5	8	22						
umidade_minima (10)	-31	4	-1	-31	11	-22	30	78	15					
tx_intern_0_4 (11)	-4	-2	-8	-19	-50	-44	-45	21	-7	3				
tx_intern_5_9 (12)	-5	17	-7	-9	-3	3	2	-8	-2	-15	24			
tx_intern_10_19 (13)	0	0	9	-6	-2	-14	4	-13	4	-16	19	30		
tx_intern_20_59 (14)	-8	-4	-19	-29	-28	-25	-14	7	-10	-12	22	34	12	
tx_intern_m60 (15)	-15	-18	-27	-22	-56	-38	-57	6	-17	-7	44	10	4	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice 3: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Duque de Caxias

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Duque de Caxias (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	54													
qtde_registros_maior_150 (3)	87	53												
dias_acima_oms_50 (4)	92	44	68											
temperatura_media (5)	-35	-16	-53	-40										
temperatura_pico_mensal (6)	-43	-4	-47	-50	79									
temperatura_minima_mensal (7)	-36	-15	-52	-34	89	61								
umidade_media (8)	-4	-1	11	4	-64	-62	-42							
umidade_maxima (9)	-13	-7	0	-17	-11	-13	0	41						
umidade_minima (10)	-22	-31	-23	-10	-9	-30	2	30	-4					
tx_intern_0_4 (11)	22	11	22	27	-63	-46	-51	46	1	13				
tx_intern_5_9 (12)	2	-5	19	2	-43	-8	-37	10	10	-1	49			
tx_intern_10_19 (13)	4	-6	-3	11	-23	-10	-34	11	7	3	16	14		
tx_intern_20_59 (14)	35	16	24	43	-37	-39	-34	18	-31	-2	22	11	24	
tx_intern_m60 (15)	25	19	29	29	-60	-46	-57	21	-34	-4	52	25	25	53

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice 4: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Itaboraí

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Itaborai (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	50													
qtde_registros_maior_150 (3)	81	29												
dias_acima_oms_50 (4)	85	26	89											
temperatura_media (5)	-1	-9	3	7										
temperatura_pico_mensal (6)	-3	-13	9	22	81									
temperatura_minima_mensal (7)	-1	-26	-8	-9	61	26								
umidade_media (8)	-35	-8	-36	-46	-65	-73	-19							
umidade_maxima (9)	-58	-15	-54	-58	-34	-18	-29	49						
umidade_minima (10)	-7	-9	-24	-36	-34	-65	25	59	10					
tx_intern_0_4 (11)	6	-5	27	17	-58	-46	-42	33	19	-3				
tx_intern_5_9 (12)	4	-12	27	17	-49	-33	-35	23	20	-2	65			
tx_intern_10_19 (13)	-8	-19	-7	1	-10	11	-11	-20	16	-1	4	1		
tx_intern_20_59 (14)	-3	-28	15	8	-23	0	-11	-3	23	-5	45	49	40	
tx_intern_m60 (15)	8	-31	24	31	-28	6	-27	-23	7	-39	39	50	32	46

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice 5: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Itaguaí

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Itaguaí (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	1													
qtde_registros_maior_150 (3)	36	58												
dias_acima_oms_50 (4)	64	8	17											
temperatura_media (5)	-15	11	20	-22										
temperatura_pico_mensal (6)	-1	17	25	2	82									
temperatura_minima_mensal (7)	-34	-4	2	-44	87	64								
umidade_media (8)	-39	4	-9	-13	-11	7	-7							
umidade_maxima (9)	-9	16	13	12	16	36	9	78						
umidade_minima (10)	-47	-5	-26	-11	-25	-22	-12	53	21					
tx_intern_0_4 (11)	1	2	-11	-21	-25	-40	-26	-19	-19	-33				
tx_intern_5_9 (12)	34	-6	5	26	-7	12	-11	-29	-12	-31	20			
tx_intern_10_19 (13)	43	-15	-4	29	17	26	-1	-44	-21	-52	20	48		
tx_intern_20_59 (14)	34	6	12	12	29	35	16	-12	17	-47	17	37	62	
tx_intern_m60 (15)	12	-14	-11	15	-5	-8	-1	15	18	-26	12	-11	3	-9

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice 6: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Itatiaia

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Itatiaia (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8
Media_mp10 (1)								
Maximo_mp10 (2)	62							
qtde_registros_maior_150 (3)	48	82						
dias_acima_oms_50 (4)	82	46	45					
tx_intern_0_4 (5)	20	10	20	16				
tx_intern_5_9 (6)	-1	3	-7	-3	38			
tx_intern_10_19 (7)	-19	-13	7	-6	14	-17		
tx_intern_20_59 (8)	13	-14	-22	26	9	-15	3	
tx_intern_m60 (9)	12	-12	-18	-4	23	6	-14	7

Apêndice 7: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Japeri

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Japeri (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 (1)														
Maximo_mp10 (2)	18													
qtde_registros_maior_150 (3)	28	82												
dias_acima_oms_50 (4)	71	36	37											
temperatura_media (5)	-7	-3	-4	-11										
temperatura_pico_mensal (6)	6	7	8	11	73									
temperatura_minima_mensal (7)	-25	5	1	-13	83	59								
umidade_media (8)	-43	-4	-11	-19	-54	-43	-29							
umidade_maxima (9)	4	9	8	18	-49	-46	-46	8						
umidade_minima (10)	-51	-21	-24	-42	-16	-46	-7	67	-11					
tx_intern_0_4 (11)	15	3	-3	8	-36	-35	-49	18	48	4				
tx_intern_5_9 (12)	-6	-18	-20	-1	-7	-13	-9	8	12	19	48			
tx_intern_10_19 (13)	7	-11	-16	-15	-8	-39	2	0	17	6	1	-17		
tx_intern_20_59 (14)	10	-21	-22	-4	7	-35	12	-17	3	7	-3	-15	67	
tx_intern_m60 (15)	8	-25	-25	-9	9	-31	13	-24	5	3	-2	-10	71	94

Apêndice 8: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Macaé

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade de Macaé (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 ; 1														
Maximo_mp10 ; 2	44													
qtde_registros_maior_150 ; 3	64	71												
dias_acima_oms_50 ; 4	77	43	71											
temperatura_media ; 5	-8	4	11	-4										
temperatura_pico_mensal ; 6	13	6	7	8	57									
temperatura_minima_mensal ; 7	2	-1	13	1	57	15								
umidade_media ; 8	-72	-29	-35	-39	-33	-33	-12							
umidade_maxima ; 9	-37	18	-12	-20	-48	-28	-36	59						
umidade_minima ; 10	-24	-16	-11	-9	20	-33	27	22	-22					
tx_intern_0_4 ; 11	6	8	-3	5	-64	-34	-46	17	33	-11				
tx_intern_5_9 ; 12	-8	5	-3	2	-39	-29	-28	26	26	18	82			
tx_intern_10_19 ; 13	-1	-9	2	17	13	1	33	3	-7	25	7	34		
tx_intern_20_59 ; 14	20	-9	-11	24	-48	-19	-48	1	23	-29	28	22	6	
tx_intern_m60 ; 15	10	-1	-7	4	-62	-24	-45	8	26	-52	22	-10	-30	46

Apêndice 9: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Quatis

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Quatis (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 ; 1														
Maximo_mp10 ; 2	52													
qtde_registros_maior_150 ; 3	56	68												
dias_acima_oms_50 ; 4	79	52	74											
temperatura_media ; 5	0	-16	-15	-5										
temperatura_pico_mensal ; 6	13	-6	-7	12	73									
temperatura_minima_mensal ; 7	-8	-6	-9	-8	76	26								
umidade_media ; 8	-39	-25	-20	-36	-20	-29	-5							
umidade_maxima ; 9	-39	-24	-27	-41	-8	-8	-12	59						
umidade_minima ; 10	-21	-8	-7	-22	18	-17	45	45	0					
tx_intern_0_4 ; 11	-2	-9	-19	-20	-18	-30	-1	18	31	27				
tx_intern_5_9 ; 12	10	-4	-16	-11	-10	-3	-10	25	22	31	65			
tx_intern_10_19 ; 13	-54	-48	-18	-32	3	-3	7	-5	10	5	-11	-27		
tx_intern_20_59 ; 14	6	-2	0	10	-11	-6	-18	20	40	-27	21	0	-14	
tx_intern_m60 ; 15	-15	4	21	10	-12	10	-20	-1	4	3	-15	-7	13	-3

Apêndice 10: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Resende

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Resende (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 ; 1														
Maximo_mp10 ; 2	65													
qtde_registros_maior_150 ; 3	59	75												
dias_acima_oms_50 ; 4	92	64	57											
temperatura_media ; 5	-47	-44	-16	-37										
temperatura_pico_mensal ; 6	-9	-7	18	3	77									
temperatura_minima_mensal ; 7	-65	-53	-33	-56	80	46								
umidade_media ; 8	-16	-12	-33	-20	-54	-60	-27							
umidade_maxima ; 9	11	9	11	12	-33	-16	-33	60						
umidade_minima ; 10	-37	-33	-37	-40	-16	-55	16	69	35					
tx_intern_0_4 ; 11	17	22	-6	9	-63	-64	-40	42	20	32				
tx_intern_5_9 ; 12	13	0	9	5	-22	-6	-14	23	17	5	22			
tx_intern_10_19 ; 13	19	15	-6	21	-40	-48	-27	29	-3	18	51	-4		
tx_intern_20_59 ; 14	58	44	31	54	-63	-49	-66	26	36	4	22	14	32	
tx_intern_m60 ; 15	62	48	37	62	-62	-28	-75	-3	24	-31	14	-5	16	70

Apêndice 11: Descrição das variáveis analisadas e Correlações feitas entre as variáveis do Município de Volta Redonda

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O MUNICÍPIO

Media_mp10 = concentração média de todas as mensurações mensais das partículas inaláveis

Maximo_mp10 = maior mensuração mensal de concentração das partículas inaláveis

Qtde_registros_maior_150 = total de mensurações das partículas inaláveis acima de 150

Dias_acima_oms_50 = quantidade de dias com concentrações médias de partículas inaláveis acima de 50 microgramas por metro cúbico

Temperatura_media = média de todas as mensurações mensais da temperatura

Temperatura_pico_mensal = maior mensuração mensal da temperatura

Temperatura_mínima_mensal = menor mensuração mensal da temperatura

Umidade_media = média de todas as mensurações mensais da umidade

Umidade_maxima = maior mensuração mensal de umidade

Umidade_minima = menor mensuração mensal de umidade

Tx_intern_0_4 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 0 a 4 anos

Tx_intern_5_9 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 5 a 9 anos

Tx_intern_10_19 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 10 a 19 anos

Tx_intern_20_59 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, de 20 a 59 anos

Tx_intern_m60 = taxa de internação por doenças respiratórias, por mil habitantes, acima de 60 anos

Correlação das variáveis na cidade Volta Redonda (em %)

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Media_mp10 ; 1														
Maximo_mp10 ; 2	55													
qtde_registros_maior_150 ; 3	77	65												
dias_acima_oms_50 ; 4	86	50	77											
temperatura_media ; 5	-39	-38	-19	-44										
temperatura_pico_mensal ; 6	-24	-10	5	-19	78									
temperatura_minima_mensal ; 7	-57	-36	-35	-55	88	66								
umidade_media ; 8	-51	-19	-46	-38	-26	-17	-3							
umidade_maxima ; 9	-50	-39	-42	-35	6	19	13	75						
umidade_minima ; 10	-59	-39	-48	-59	2	-30	18	64	39					
tx_intern_0_4 ; 11	20	28	6	22	-82	-76	-68	35	12	20				
tx_intern_5_9 ; 12	19	20	9	11	-44	-39	-40	6	-10	12	49			
tx_intern_10_19 ; 13	13	58	20	12	-33	-19	-15	1	-23	-11	25	31		
tx_intern_20_59 ; 14	38	24	21	22	-51	-46	-53	-18	-28	-24	34	34	8	
tx_intern_m60 ; 15	56	33	31	54	-70	-55	-70	-4	-9	-28	61	20	19	52