

VII-030 - INFLUÊNCIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CENTROS URBANOS

David Silveira Monteiro⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitário pela UNESA, Gestor Ambiental pela UNESA e Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental pela PUC - Rio

DSc. Raquel Lima Oliveira⁽²⁾

Doutora em Química/UFF. Professora na UNESA-Niterói.

MSc. Fernando Periard Gurgel do Amaral⁽³⁾

Mestre em Engenharia de Produção – Sistemas de Gestão/UFF-RJ. Professor na UNESA-Niterói.

Endereço⁽¹⁾: Rua Princesa Isabel, 61A - Però - Cabo Frio - RJ - CEP: 28922-335 - Brasil - Tel: (21) 982586520 - e-mail: david.ambuff@gmail.com

RESUMO

O aumento da poluição atmosférica como consequência de uma quantidade cada vez maior de emissões poluidoras de origem antropogênica, causa danos ambientais à flora, à fauna, aos recursos hídricos e ao solo; e principalmente, ao próprio homem. Este estudo ecológico epidemiológico destina-se a verificar a possível correlação entre as variações da concentração de poluentes atmosféricos e as internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório de crianças com idades entre 0 e 14 anos no ambiente urbano da cidade de Niterói - RJ. Os dados de internações foram coletados através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), delimitados por local de residência, faixa etária e o período. Os dados de poluentes atmosféricos e dados meteorológicos foram disponibilizados pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente - RJ). A variável internações foi classificada como dependente em relação às variáveis meteorológicas e de poluentes, e estas classificadas como independentes na análise estatística sobre o efeito dose-resposta. Foi verificada uma correlação positiva e significativa entre as partículas inaláveis ($<2,5\mu\text{m}$) e a quantidade de internações (correlação de Pearson 0,411, significativa a 1%) porém não foi verificada correlação significativa estatisticamente do ozônio com a quantidade de internações (0,178 sem descartar a hipótese nula). Especificamente em 2014, foi verificada correlação positiva entre as internações e as partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$). Observou-se a sinergia entre os poluentes atmosféricos e os fatores meteorológicos em dois dias de concentração máxima anual de poluentes. Porém, como os dados de internações foram totais mensais e não admissões diárias, não foi possível verificar se existe correlação à exposição aguda. Foi constatado que mesmo em níveis de concentração mensal abaixo dos níveis de risco para a população preconizados pela legislação atual, existe a influência deletéria das partículas inaláveis sobre a saúde humana, de forma crônica e sazonal.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes atmosféricos, Doenças respiratórias, Internações, Meteorologia.

INTRODUÇÃO

O Homem, enquanto ser consciente de seus atos e potencial criativo, depara-se atualmente com as consequências óbvias de suas ações em relação ao meio em que vive e aos organismos que se inter-relaciona: morbidades casuais, crônicas, diminuição da qualidade de vida e aumento na quantidade de óbitos. Porém estas são apenas consequências; tornou-se imperativa uma reavaliação do modo de vida humano, a mensuração de sua pegada ecológica e o devido tratamento ao meio em que está inserido, de modo a harmonizar-se com ele, sendo participante dos ciclos e ciclagens naturais.

A poluição do ar é causada de forma antropogênica, através do aumento da emissão quantidade de poluentes na atmosfera de forma que não possa ser depurado através dos canais naturais mas encontra corpos receptores, tanto animados quanto inanimados. Tais corpos têm suas características físicas, químicas ou biológicas alteradas negativamente pela reação ao agente externo.

A preocupação em se determinar o risco devido à má qualidade do ar já é antiga. No século 19 canários eram levados para as minas pois quando paravam de cantar os mineradores sabiam que era hora de sair da mina. A

morte dos canários seria devido a contaminação do ar por metano. Esse gás não tem cheiro então foi essa a maneira que os mineradores encontraram para identificar o risco. (MILLER, 2007)

Essa pequena ilustração mostra aspectos de monitoramento e preocupação com a saúde humana levando em consideração os efeitos deletérios que a degradação do ar por poluente atmosférico pode causar. Hoje utilizamos equipamentos sofisticados para monitorar a qualidade do ar, mas também podem ser usados seres vivos como bioindicadores de degradação ambiental, como os líquens por exemplo. (MILLER, 2007)

A cidade de Niterói, alvo do estudo, possui belezas naturais que reforçam sua capacidade turística, porém a degradação da qualidade do ar acarreta também o empobrecimento dos solos, perda gradual da vegetação nativa, acidez e contaminação dos corpos hídricos; prejudicando o turismo local. O turismo pode ser apoiado sobre três pilares, como elenca Fabricio (2015): sustentabilidade, respeitando-se possibilidades e limites econômicos; o sociocultural e o ambiental, este último não menos importante, porém equiparando-se aos demais em sua manutenção.

Os principais poluentes presentes na atmosfera e descritos neste estudo são: ozônio, material particulado, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, monóxido de carbono e compostos orgânicos voláteis. Trataremos neste estudo o impacto local direto, mensurado pelos poluentes relacionados às condições meteorológicas, quantificando suas contribuições a internações por doenças do aparelho respiratório.

O estudo consiste na caracterização do município de Niterói, região alvo escolhida; análise da quantidade de internações por doenças do aparelho respiratório (DAR), verificação de sazonalidades, números totais mensais e em relação a outros motivos de internação da população. Consiste ainda na verificação de correlação entre os agentes poluidores, agentes atmosféricos e as internações por doenças do aparelho respiratório, sendo esta a variável resposta na aplicação do modelo estatístico.

A determinação da influência dos poluentes atmosféricos sobre internações por doenças respiratórias da população infantil, pode contribuir para uma revisão dos atuais parâmetros de qualidade do ar e contribuir também para tomada de decisão com vistas a minimizar as internações sazonais por adoecimento infantil.

OBJETIVOS

Objetivos gerais:

- Demonstrar a sinergia entre elementos poluentes e elementos atmosféricos no ambiente urbano.
- Constatar a suscetibilidade dos grupos etários mais atingidos.
- Identificar eventos críticos de poluição associados a meteorologia

Objetivo específico:

- Verificar a existência de correlação entre a concentração de poluentes e a quantidade de admissões hospitalares através de internações por doenças respiratórias em ambiente urbano.

METODOLOGIA UTILIZADA

Como o presente estudo utiliza como unidade de observação um grupo de indivíduos e não apenas um isolado, sendo este grupo pertencente a uma região geográfica definida, avalia-se o contexto ambiental e compara-se a influência de fatores em determinados grupos num mesmo período, caracteriza-se por ser um estudo epidemiológico, ecológico e exploratório baseado em séries temporais. (UFRJ, 2016)

Os dados sobre as internações por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) foram coletados no sítio do Departamento de Informática do Sistema Único do Brasil (DATASUS). Foram obtidos através de informações de saúde, epidemiológicas e morbidade. A morbidade foi relacionada por local de residência na tentativa de caracterizar melhor a população local impactada.

A Organização Mundial de Saúde, através da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), atribui a letra J, que corresponde ao capítulo X, às doenças relacionadas ao aparelho respiratório. (DATASUS, 2016)

Os dados de poluentes atmosféricos foram solicitados através de ofício protocolado ao INEA, órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro. Foram disponibilizados dados conforme tabela 1.

A faixa etária escolhida é um dos grupos mais suscetíveis indicado pela literatura, os menores de 14 anos. Verifica-se pelo gráfico da fig. 1, a distribuição de internações por DAR do ano de 2008 a 2015, período máximo disponibilizado pelo DATASUS para este tipo de consulta.

Assim como Postill e Knorstiv (2007), no estudo e sobre fatores de risco para internação de crianças por doença respiratória, a utilização da ferramenta estatística Análise de Regressão, pode sugerir inferências sobre a relação entre duas ou mais variáveis relacionadas de maneira não determinística. (DEVORE,2014)

O R^2 (R quadrado) é o valor previsto ou esperado ao usar a reta da regressão e informa, de maneira indireta, o percentual de respostas associadas ao modelo estatístico. (DEVORE,2014).

Há situações em que o objetivo da análise de duas ou mais variáveis é verificar o quão elas estão relacionadas e não necessariamente para prever o valor de uma em função das demais. Nesse caso é utilizada a Matriz de Correlação de Pearson. (DEVORE,2014)

Para o cálculo das regressões foi utilizado o programa Microsoft Office Excel (2013) e para a produção da matriz de correlação foi utilizado o programa IBM SPSS Statistics for Windows, versão 22.0 (2013).

Utilizou-se o cálculo de regressão com 6 (seis) variáveis consideradas independentes: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade escalar do vento, direção escalar do vento, ozônio e partículas inaláveis, e a variável internações como sendo a variável resposta.

Como a disponibilidade de dados é maior para o período de 2013 a 2015, optou-se por este período como faixa temporal. A disponibilidade de dados do DATASUS é através de uma variável discreta do total consolidado de internações mensais, não sendo informado por admissões diárias.

Os dados do ozônio troposférico e meteorológicos foram coletados a cada hora. Os dados das estações semiautomáticas foram coletados seguindo um cronograma anual, de seis em seis dias. No tratamento dos dados, foi utilizado o total mensal ou média mensal como unidade temporal padronizada para consecução dos cálculos estatísticos.

As estações Getulino e Policlínica (realocação da estação Centro) fazem parte da rede composta por 116 estações, entre próprias do INEA e privadas, que são semiautomáticas. A análise do material coletado automaticamente é realizada em cronograma anual dividido por períodos de seis dias.

A estação Caio Martins é automática e faz parte de uma rede de 21 estações automáticas, coletando dados 24hs por dia, ininterruptamente. Os dados são tratados e relacionados por hora e dia. Além da mensuração de ozônio, esta estação também coleta dados meteorológicos de maneira contínua, os quais são enviados ao INEA em tempo real.

Como pode ser observado na tabela 1 referente aos dados fornecidos pelo INEA, optou-se por estudar partículas inaláveis $2,5\mu m$, ozônio e fatores meteorológicos no período de 2013 a 2015 pela disponibilidade destas variáveis nestes anos, não mensuradas nos anos anteriores. Porém, como há muitas lacunas nas coletas de ozônio e de material particulado ($< 2,5\mu m$), o preenchimento dos valores faltantes foi realizado através da técnica estatística de linha de tendência ou de médias móveis.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O total de internações no período de 2008 a 2015 foi de 99.310. Como 8.145 internações correspondem a DAR, esse tipo de internação é o quinto maior motivo. Um percentual de 8,2% possui grande relevância pela dimensão do impacto social, econômico e de qualidade de vida da população.

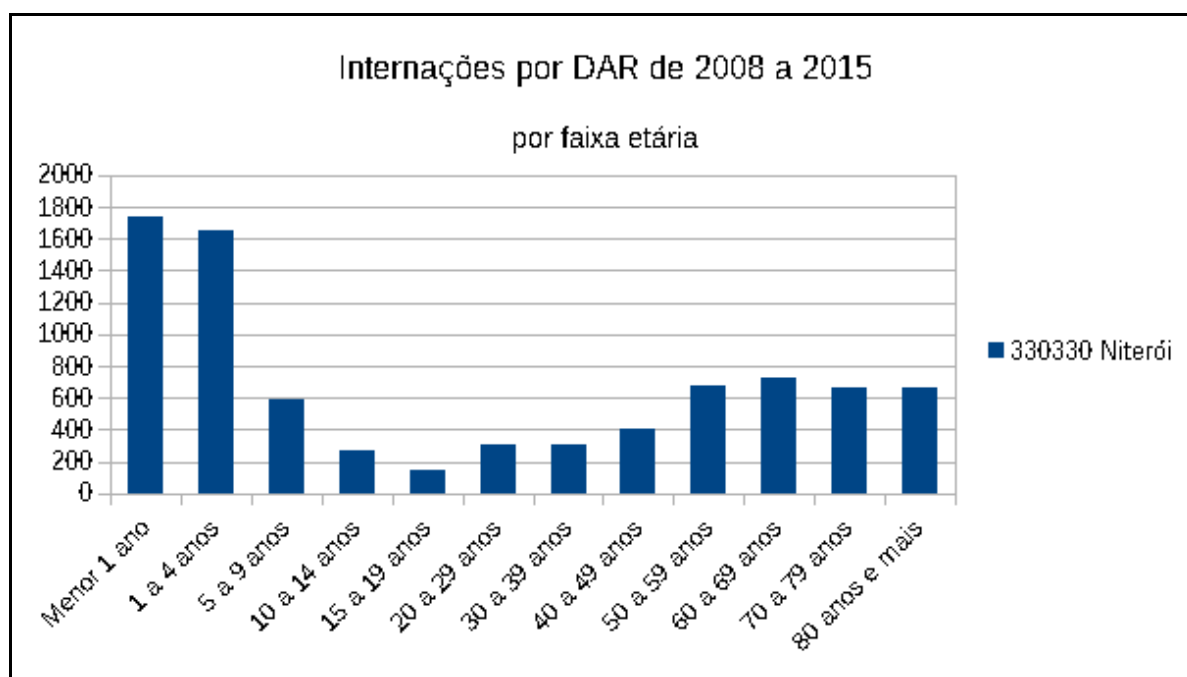


Figura 1: Internações por DAR de 2008 a 2015.

Os dados fornecidos pelo INEA foram dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Conjunto de Dados disponibilizados pelo INEA

ANO	POLUENTE ATMOSFÉRICO	ESTAÇÃO	TIPO DE ESTAÇÃO	QUANTIDADE DE COLETAS DE POLUENTES	FATORES METEOROLÓGICOS	QUANTIDADE DE DADOS MEOROLÓGICOS
2015	OZÔNIO (ppb e µg/m3)	CAIO MARTINS	AUTOMÁTICA	7522**	DIREÇÃO ESCALAR DO VENTO*	7231
	Partículas Inaláveis < 2.5µm	GETULINHO	SEMI-AUTOMÁTICA	47**	VELOCIDADE ESCALAR DO VENTO*	7231
	Partículas Inaláveis (<10µm)	POLICLÍNICA	SEMI-AUTOMÁTICA	47**	UMIDADE RELATIVA*	7231
					TEMPERATURA*	7231
2014	OZÔNIO (ppb e µg/m3)	CAIO MARTINS	AUTOMÁTICA	6604**	DIREÇÃO ESCALAR DO VENTO*	8198
	Partículas Inaláveis < 2.5µm	GETULINHO	SEMI-AUTOMÁTICA	39**	VELOCIDADE ESCALAR DO VENTO*	8198
	Partículas Inaláveis (<10µm)	POLICLÍNICA	SEMI-AUTOMÁTICA	39**	UMIDADE RELATIVA*	8198

					TEMPERATURA*	8198
2013	OZÔNIO (ppb e µg/m ³)	CAIO MARTINS	AUTOMÁTICA	8257**	DIREÇÃO ESCALAR DO VENTO*	8171
	Partículas Inaláveis < 2.5µm	GETULINHO	SEMI-AUTOMÁTICA	59**	VELOCIDADE ESCALAR DO VENTO*	8171
					UMIDADE RELATIVA*	8171
					TEMPERATURA*	8171
2012	Partículas Inaláveis < 2.5µm	GETULINHO	SEMI-AUTOMÁTICA	43**	DIREÇÃO ESCALAR DO VENTO*	8468
					VELOCIDADE ESCALAR DO VENTO*	8468
					UMIDADE RELATIVA*	8468
					TEMPERATURA*	8468

ANO	POLUENTE ATMOSFÉRICO	ESTAÇÃO	TIPO DE ESTAÇÃO	QUANTIDADE DE DE COLETAS DE POLUENTES	FATORES METEOROLÓGICOS	QUANTIDADE DE DADOS MEOROLÓGICOS
2011	Partículas Inaláveis < 2.5µm	GETULINHO	SEMI-AUTOMÁTICA	59**		
	Partículas Inaláveis (<10µm)	CENTRO***	SEMI-AUTOMÁTICA	59**		
		CAIO MARTINS	AUTOMÁTICA		RADIAÇÃO SOLAR	4443
2010	Partículas Inaláveis (<10µm)	CENTRO***	SEMI-AUTOMÁTICA	41**		

*Todas as coletas meteorológicas são provenientes da Estação Caio Martins

**Considerando os dias e horários de coletas, pois existem dias e horários que os valores de coleta não foram informados na planilha.

***Posteriormente a Estação Centro foi realocada para a Policlínica

Com relação às internações, foi utilizado o período de fevereiro de 2013 a janeiro de 2016. Isto deve-se a várias considerações que serão elencadas a seguir:

1. A quantidade de internações é mensurada através da Autorização de Internação Hospitalar (AIH) por ano e mês de processamento, ou seja, corresponde geralmente ao mês de alta hospitalar e não necessariamente ao mesmo mês de exposição. (DATASUS, 2016)

2. Estudando internações por doenças respiratórias em pacientes do SUS no Rio Grande do Sul, Godoy et al (2001) concluíram que a duração de internação por doença respiratória é de 10,4 dias, superior a outros motivos de internação que é de 7,7 dias.

3. Dois estudos, um da Associação Americana do Coração (AHA, 2010) e outro publicado no Jornal Americano de Epidemiologia (DOMINICI et al, 2001) informam que os efeitos da exposição ao material particulado MP2,5 podem ser aferidos de 14 a até 2(dois) meses após a exposição

4. Segundo estudo de Arbex et al (2012) sobre os efeitos associados a exposição crônica, a exposição por ao menos 1(um) ano foi significativamente associada à hospitalização por pneumonia adquirida em uma comunidade estudada.

5. Amancio (2012) demonstrou, através de regressão logística, a influência deletéria do material particulado até 6(seis) dias após a exposição.

6. Em estudo sobre material particulado, Jacobson (2002) informa que o MP2,5 pode permanecer no ar por dias ou semanas.

7. O Manual Técnico do Sistema de Informação Hospitalar (BRASIL, 2007) considera um período máximo de até 15 dias entre a autorização e a internação.

8. Em um estudo sobre filas para internações, Marinho (2004) chega à conclusão que, em média, leva-se até 7 dias para se conseguir a internação na região Sudeste do Brasil.

9. Em avaliação do desempenho dos serviços de internações hospitalares utilizando o modelo de filas, Mathias, Coelho e Gonçalves (2015) obtiveram como um dos resultados que a probabilidade de um paciente encontrar um leito desocupado é nula e 119% de chances de todos os leitos estarem ocupados através do sistema utilizado pelo SUS.

Dessa forma foi elaborada a tabela 2 com uma defasagem de até 30 (trinta) dias entre a exposição aos poluentes e a alta hospitalar.

Tabela 2: Poluentes Atmosféricos, Fatores Meteorológicos e Internações por DAR

Mês de exposição 2013 a 2015	Ozônio (ppb)**	Partículas Inaláveis (<2,5 µm)**	Velocidade de Escalar do Vento (m/s)**	Umidade Relativa (%)**	temperatura (C°)**	Direção Escalar do Vento (°)**	Internações por DAR 2013 a 2015*	Mês de resposta a exposição***
janeiro	14,5	8,4	0,57	75,03	25,69	162,26	19	fevereiro
fevereiro	20,26	15,75	0,68	69,28	27,62	153,34	28	março
março	6,78	19	0,65	76,55	25,67	166,44	11	abril
abril	8,67	23	0,67	73,89	23,74	144,72	82	maio
maio	10,17	16	0,68	73,36	22,51	176,75	26	junho
junho	10,41	13	0,37	77,7	22,18	125,82	54	julho
julho	10,32	14,25	0,41	74,8	20,51	202,23	46	agosto
agosto	16,14	20,83	0,48	69,54	21,76	180,45	28	setembro
setembro	17,15	7,6	0,44	67,87	23,26	156,56	39	outubro
outubro	20,99	8,6	0,46	70,86	23,28	183,19	32	novembro
novembro	17,87	7,6	0,44	72,55	24,41	176,91	11	dezembro
dezembro	17,32	9,6	0,47	74,09	25,96	179,61	20	janeiro

janeiro	11,69	21,79	0,53	60,44	29,36	160,6	27	fevereiro
fevereiro	15,67	15,86	0,51	57,87	28,71	162,78	24	março
março	19,5	16,26	0,42	67,51	26,86	157,28	27	abril
abril	11,13	15,21	0,4	73,86	24,01	172,28	61	maio
maio	21,42	18,21	0,33	74,7	22,71	146,12	59	junho
junho	16,8	18,74	0,26	77,71	21,73	123,22	46	julho
julho	12,96	17,78	0,27	75,52	20,61	147,98	40	agosto
agosto	11,41	17,92	0,35	69,35	21,12	130,41	40	setembro
setembro	16,65	18,06	0,42	65,97	23,34	161,65	40	outubro
outubro	17,66	20,8	0,48	66,53	23,87	180,35	26	novembro
novembro	7,33	12,01	0,45	69,27	25	206,96	18	dezembro
dezembro	12	7,56	0,47	64,53	27,58	177,04	28	janeiro
janeiro	13,96	8,4	0,48	62,37	29,25	168,77	24	fevereiro
fevereiro	17,12	15,75	0,42	65,52	28,02	149,8	24	março
março	15,54	19	0,34	75,3	26,04	158,93	55	abril
abril	17,48	23	0,35	73,74	24,67	167,74	52	maio
maio	11,08	16	0,28	74,93	22,67	130,09	58	junho
junho	10,01	13	0,2	76,92	20,7	127,8	42	julho
julho	9,97	14,25	0,22	73,47	22,39	129,5	40	agosto
agosto	16,12	20,83	0,35	63,01	23,26	141	34	setembro
setembro	17,21	7,6	0,32	76,49	23,56	169,45	33	outubro
outubro	19,5	8,6	0,4	71,24	25,04	176,74	24	novembro
novembro	16,85	7,6	0,36	82,03	25,34	199,55	37	dezembro
dezembro	18,36	8	0,35	75,82	27,62	169,26	20	janeiro

*Valor Total Mensal

**Média Mensal

*** Considerada defasagem de 30 dias

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verifica-se no gráfico da figura 1 que na região de Niterói, os grupos mais suscetíveis a internação por doença respiratória é composto pelos menores de 9 anos e maiores de 50 anos. Em números absolutos, a maior quantidade de internações é de crianças menores de 4 anos.

Percebe-se, a partir da tabela 1, um incremento tecnológico do período de 2010 a 2015, com aumento do número de estações, diversificação e aumento da quantidade de poluentes atmosféricos monitorados e monitoramento concomitante de variáveis meteorológicas.

Houve realocação estratégica da estação Centro para a atual estação Policlínica no ano de 2013 passando a operar com dados significativos em 2014. A estação Caio Martins monitorou radiação solar no ano de 2011 sendo alterado o monitoramento em 2012, para as atuais variáveis meteorológicas.

Foi utilizado o período de 2013 a 2015 para análise das interações entre poluentes atmosféricos e fatores meteorológicos.

O valor total das internações por doenças respiratórias no período de estudo (janeiro/2013 a janeiro/2016) foi de R\$ 809.803,16. (DATASUS, 2016)

Com relação ao gasto de prevenção uma estimativa feita nos Estados Unidos mostra que cada dólar investido no controle da poluição do ar evita-se o gasto de US\$ 16 com os danos decorrentes. (DERISIO, 2000)

Com relação à tabela 2, o tratamento do volume de dados diários de fatores meteorológicos e ozônio foi realizado transformando os valores em médias mensais, onde as eventuais lacunas foram preenchidas através de linhas de tendência ou médias móveis. O mesmo ocorreu para os dados das coletas programadas mensais de partículas inaláveis.

Foi realizada uma análise estatística através da regressão linear múltipla, gerando os resultados constantes na tabela 3.

Tabela 3: Regressão Internações como variável explanatória

<i>Estatística de regressão</i>						
R múltiplo	0,6530					
R-Quadrado	0,4264					
R-quadrado ajustado	0,3077					
Erro padrão	12,9865					
Observações	36,0000					
ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de significação	
Regressão	6,0000	3635,9196	605,9866	3,5932	0,0087	
Resíduo	29,0000	4890,8304	168,6493			
Total	35,0000	8526,7500				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	
Interseção	19,4102	59,7998	0,3246	0,7478	-102,8942	
Ozônio (ppb)	-0,1450	0,5855	-0,2477	0,8061	-1,3424	
Partículas inaláveis (<2,5µm)	1,1069	0,5069	2,1837	0,0372	0,0702	
Velocidade Escalar do Vento (m/s)	-14,7781	22,5281	-0,6560	0,5170	-60,8532	
UMIDADE RELATIVA (%)	0,7518	0,4923	1,5271	0,1376	-0,2551	
TEMPERATURA (C°)	-0,8575	1,1730	-0,7311	0,4706	-3,2565	

Verifica-se através do resultado R² ajustado, que leva em consideração a quantidade de variáveis envolvidas e a distribuição de seus valores, a proporção de até 30% de correspondência entre as variáveis consideradas independentes e a variável resposta internações.

O F de significação calculado através da ANOVA (análise de variância), considerou o teste significativo estatisticamente.

De posse do valor calculado dos coeficientes envolvidos foi possível realizar uma equação para previsão de valores de internações baseados em incrementos nas variáveis meteorológicas e de poluentes atmosféricos, porém não faz parte do escopo deste trabalho.

Foi construída a Matriz de Correlação de Pearson, tabela 4, afim de verificar-se a correlação entre as variáveis envolvidas.

Tabela 4: Matriz de Correlação de Pearson

		Internaço es por DAR 2013 a 2015	Ozônio (ppb)**	Partícula s Inaláveis (<2,5 µm)**	Velocida de Escar do Vento (m/s)**	Umidade Relativa (%)**	temperat ura (C°)**	Direção Escar do Vento (°)**
Internaço es por DAR 2013 a 2015	Correlaçã o de Pearson	1	-0,178	0,411*	-0,299	0,326	-0,451**	-0,431**
	Sig. (bilateral)		0,3	0,013	0,077	0,052	0,006	0,009
	N	36	36	36	36	36	36	36
Ozônio (ppb)**	Correlaçã o de Pearson	-0,178	1	-0,184	-0,097	-0,127	0,22	0,105
	Sig. (bilateral)	0,3		0,282	0,574	0,459	0,197	0,542
	N	36	36	36	36	36	36	36
Partícula s Inaláveis (<2,5 µm)**	Correlaçã o de Pearson	0,411*	-0,184	1	0,08	-0,162	-0,187	-0,343*
	Sig. (bilateral)	0,013	0,282		0,642	0,344	0,276	0,04
	N	36	36	36	36	36	36	36
Velocida de Escar do Vento (m/s)**	Correlaçã o de Pearson	-0,299	-0,097	0,08	1	-0,3	0,429**	0,375*
	Sig. (bilateral)	0,077	0,574	0,642		0,076	0,009	0,024
	N	36	36	36	36	36	36	36
Umidade Relativa (%)**	Correlaçã o de Pearson	0,326	0,-127	-0,162	-0,3	1	-0,507**	-0,06
	Sig. (bilateral)	0,052	0,459	0,344	0,076		0,002	0,73
	N	36	36	36	36	36	36	36
temperat ura (C°)**	Correlaçã o de Pearson	-0,451**	0,22	-0,187	0,429**	-0,507**	1	0,264
	Sig. (bilateral)	0,006	0,197	0,276	0,009	0,002		0,12
	N	36	36	36	36	36	36	36

Direção Escalar do Vento (°)**	Correlação de Pearson	-0,431**	0,105	-0,343*	0,375	-0,06	0,264	1
	Sig. (bilateral)	0,009	0,542	0,04	0,024	0,73	0,12	
	N	36	36	36	36	36	36	36

*A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral)

**A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral)

As partículas inaláveis (<2,5µm) correlacionam-se positivamente às internações em aproximadamente 41% dos casos. Há uma correlação positiva também com a direção escalar do vento. Já o ozônio não está estatisticamente relacionado à nenhuma das variáveis envolvidas, em nível de significância bilateral de 5%.

A quantidade de internações também se encontra relacionada de maneira inversa a temperatura. O valor negativo da correlação (-0,451) indica que quando ocorre uma diminuição no valor da temperatura, pode ocorrer um aumento no valor de internações.

A maior correlação estatisticamente significativa ocorreu entre a temperatura e umidade relativa, de maneira inversa (-0,507)

O gráfico de internações por doenças respiratórias é característico, com picos ocorrendo entre os meses de maio e junho, como pode ser observado no gráfico da figura 3.

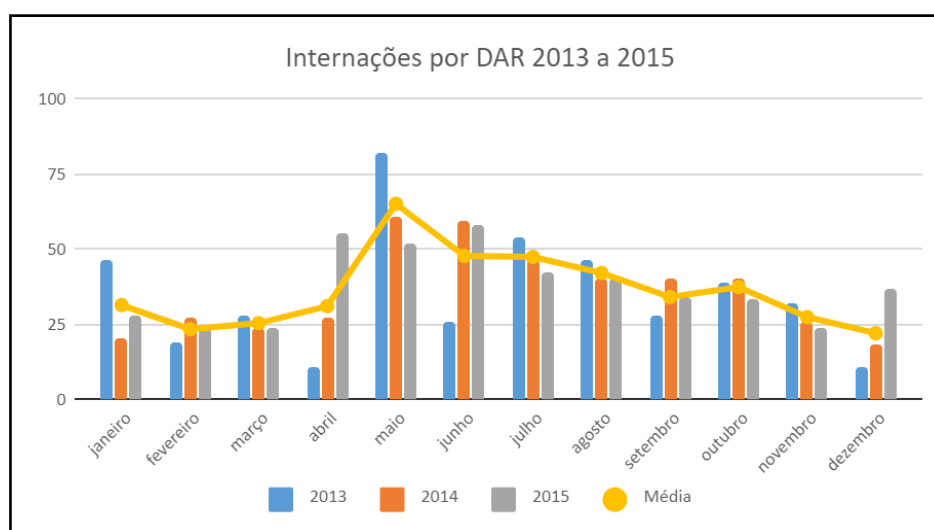


Figura 3: Gráfico de Internações por DAR (2013 a 2015)

Assim como Toyoshima et al (2005), vários estudos apontam os meses de princípio de outono até junho como meses críticos para incidência de doenças respiratórias. Se forem comparados os valores percentuais da soma dos três meses onde a literatura reconhece como um período clássico de crescimento de incidência de doenças respiratórias (maio, junho e julho) será verificada uma certa regularidade entre os anos sendo constatado, conforme tabela 5, que entre 35% a 38% do total de internações ocorre neste período anualmente.

Tabela 5: Percentual de Internações (maio a julho)

2015	soma de maio a julho	160
	percentual :	35,48
2014	soma de maio a julho	166
	percentual :	38,79
2013	soma de maio a julho	162
	percentual :	38,39

A quantidade total de internações por DAR em 2015 foi de 451 internações. Este valor é acima dos valores dos dois anos anteriores, mas com quantidade de internações mais bem distribuída ao longo do ano.

No ano de 2013 ocorreu uma diferença abrupta entre o mês com menores admissões hospitalares (abril – 11 admissões) para o mês subsequente com o maior número de internações no ano (maio – 82 admissões). No mês de junho de 2013 houve uma queda no número de internações assim a proporção de admissões hospitalares para o período crítico foi conforme a tendência encontrada (entre 35% a 38%)

Em consonância com estudo de Santos e Toledo Filho (2014) a variável resposta internações é fortemente influenciada pela variável independente temperatura, como pode ser visto nos dados de regressão da figura 4.

O valor do R^2 de 0,2031 bem como o valor-p de 0,0058 confirma tanto a correlação entre as variáveis quanto a significância estatística. O valor de R^2 indica uma correlação em até 20% da amostra.

Tabela 6: Regressão Internações por Temperatura

Estatística de regressão					
R múltiplo	0,4507				
R-Quadrado	0,2031				
R-quadrado ajustado	0,1797				
Erro padrão	14,1368				
Observações	36,0000				
ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1731,9159	1731,9159	8,6662	0,0058
Resíduo	34,0000	6794,8341	199,8481		
Total	35,0000	8526,7500			
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	104,0391	23,4293	4,4406	0,0001	56,4250
TEMPERATURA (C°)	-2,8071	0,9535	-2,9438	0,0058	-4,7449

Com relação às Partículas Inaláveis (<2,5 μ m), 2015 foi um ano de baixa concentração em relação aos dois anos anteriores com a distribuição homogênea e de valores significativamente baixos, como pode ser observado no gráfico da figura 4.

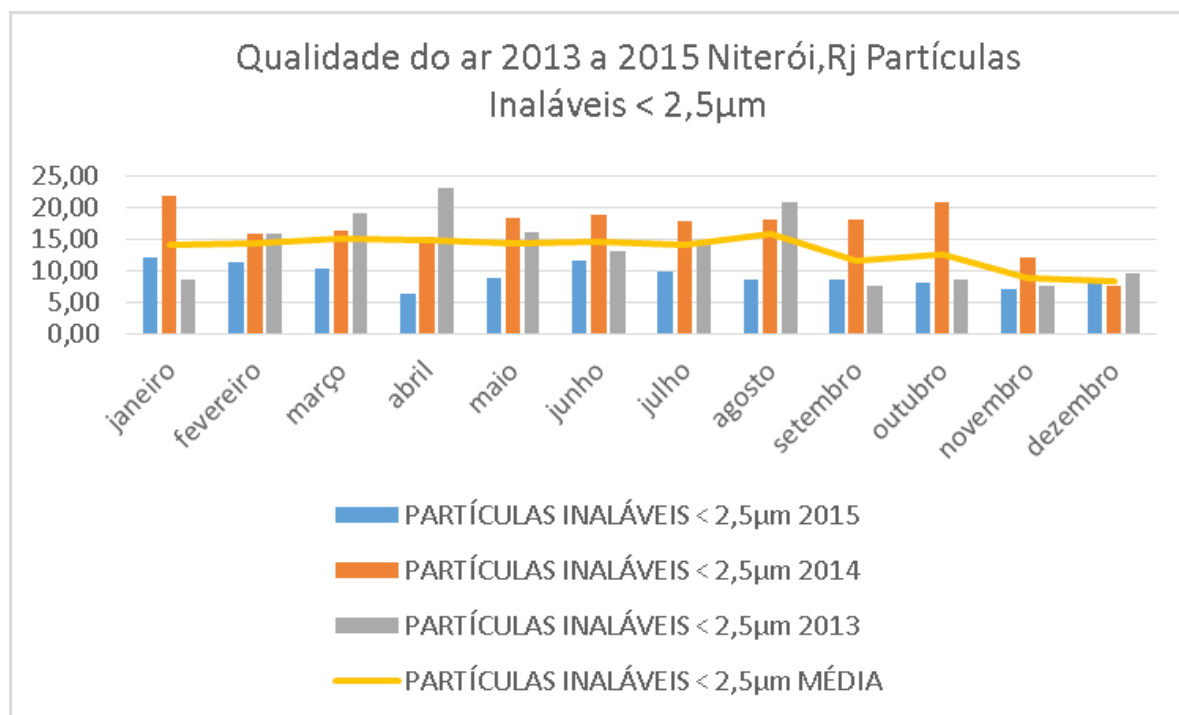


Figura 4: Gráfico Partículas Inaláveis (<2,5µm) 2013 a 2015

Além da distribuição atípica do ozônio no ano de 2014 observou-se que, em relação aos anos de 2015 e 2013, ocorreu a permanência de concentração mais elevada dos valores de partículas inaláveis durante o ano inteiro.

Tabela 7: Regressão Internações por DAR e Partículas Inaláveis (<2,5µm)

Estatística de regressão					
R múltiplo	0,4113				
R-Quadrado	0,1692				
R-quadrado ajustado	0,1447				
Erro padrão	14,4347				
Observações	36,0000				
ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1442,4808	1442,4808	6,9230	0,0127
Resíduo	34,0000	7084,2692	208,3609		
Total	35,0000	8526,7500			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	16,8968	7,4385	2,2716	0,0296	1,7801
Partículas inaláveis (<2,5µm)**	1,2678	0,4818	2,6312	0,0127	0,2886

Percebe-se pela regressão entre Internações por DAR e PI (<2,5µm) na tabela 7, a adequação da proposta de defasagem de até 30 dias entre a exposição e a alta hospitalar. A regressão aponta que cerca de 14% das internações podem ser explicadas pela concentração de partículas inaláveis (<2,5µm).

Não houve coleta de dados de partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$) no ano de 2013 e os dados informados pelo INEA referente ao material particulado ($<10\mu\text{m}$) no ano de 2015 apresentam muitas lacunas. Foi realizada uma regressão (tabela 8) entre as interações por DAR e as partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$) do ano de 2014 obtendo-se uma correlação positiva $R^2 = 0,4877$ significativo estatisticamente para um nível de 10% de probabilidade bivariada, pois valor-p = 0,0115

Tabela 8: Regressão Interações por DAR e Partículas Inaláveis ($<10\mu\text{m}$)

<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,6984				
R-Quadrado	0,4878				
R-quadrado ajustado	0,4365				
Erro padrão	10,8227				
Observações	12,0000				
ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1115,3510	1115,3510	9,5222	0,0115
Resíduo	10,0000	1171,3157	117,1316		
Total	11,0000	2286,6667			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	-18,0314	17,6799	-1,0199	0,3318	-57,4246
Partículas Inaláveis (<10µm)	1,0167	0,3295	3,0858	0,0115	0,2826

No ano de 2014, a região Sudeste do Brasil foi afetada com um grande período de estiagem com chuvas esparsas e insuficientes para manter o nível dos corpos hídricos usados para abastecimento da população (ABRIL, 2014). Foi registrado o menor valor médio de umidade relativa anual entre os três anos avaliados. Observou-se também uma relação inversa entre a umidade relativa e a velocidade escalar do vento.

No ano de 2014 ocorreu uma distribuição irregular de concentração de ozônio ocorrendo a concentração máxima no mês de maio. Essa é uma concorrência atípica que não segue a tendência dos outros dois anos onde ocorreram concentrações máximas de ozônio no início ou no final do ano devido à elevação da temperatura.

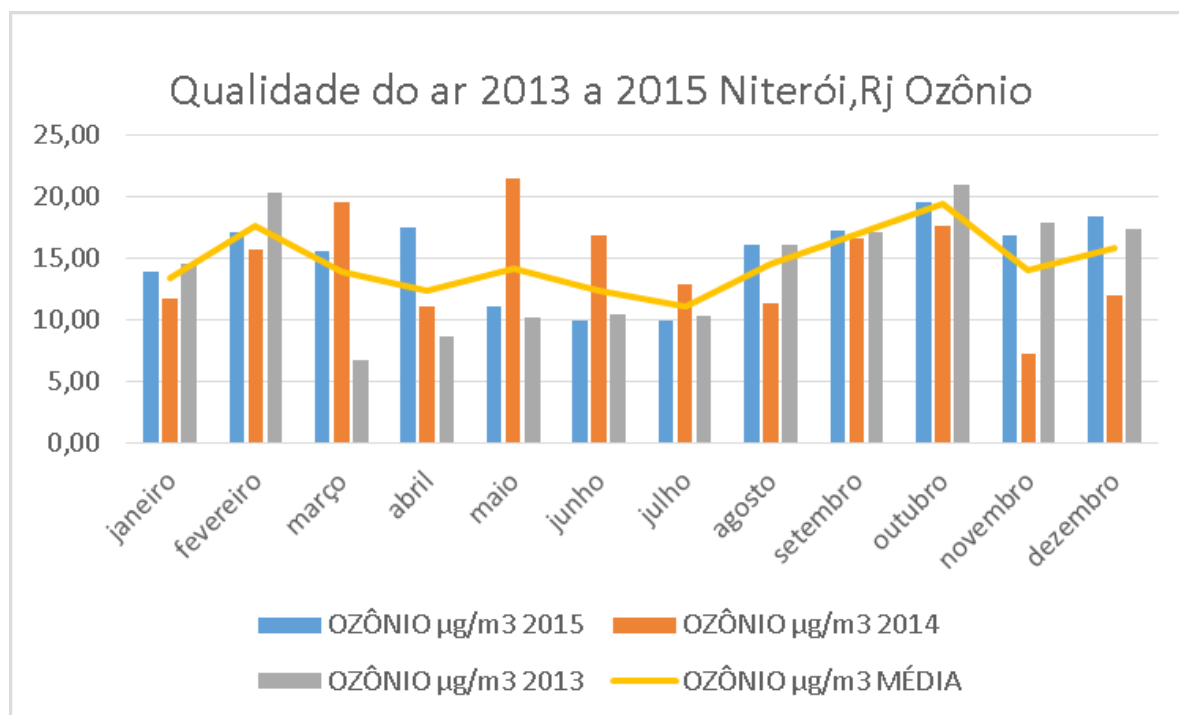


Figura 5: Gráfico da Concentração de Ozônio (ppb) 2013 a 2015

Para o período de 2013 a 2015, conforme gráfico da figura 5, a soma das médias de concentração mais alta de ozônio foi de 183,21 ppb no ano de 2015. Porém o ano teve a distribuição média mensal mais homogênea seguindo a tendência de maior concentração nos meses mais quentes e menor concentração nos meses mais frios.

A concentração de ozônio no ano de 2013 foi elevada em fevereiro (20,26 ppb) e em outubro (20,99 ppb). A concentração de partículas inaláveis ocorreu registro de elevação em abril (23 ppb) e em agosto (20,83 ppb). O valor mais alto de concentração de ozônio no ano de 2013 foi registrado no dia 26 de outubro, coincidindo com um teste de fechamento do Viaduto Juscelino Kubitschek, gerando grande volume de veículos em marcha lenta. (GLOBO, 2013)

Tabela 9: Dia de Maior Exposição ao Ozônio em 2013

Exposição acima de 8 horas - Ozônio (µg/m³)	
12/11/2013 10:30hs	120,98
12/11/2013 11:30hs	152,37
12/11/2013 12:30hs	138,84
12/11/2013 13:30hs	96,88
12/11/2013 14:30hs	114,53
12/11/2013 15:30hs	158,31
12/11/2013 16:30hs	166,4
12/11/2013 17:30hs	146,64
12/11/2013 18:30hs	70,39
média:	129,482

Ocorreu ainda em 2013, como pode ser observada pela tabela 5, o registro de qualidade do ar considerada entre inadequada e má pelos padrões do CONAMA, pois no dia 12 de novembro entre 10:30hs e 18:30hs o valor médio da concentração de ozônio foi de 129,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O valor mais alto de concentração de ozônio segundo os dados fornecidos pelo INEA foi registrado no dia 19/11/2015 às 14:30 horas sendo 155,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (81,9 ppb). O dia em questão foi véspera de feriado do Dia da Consciência Negra, onde foi previsto um fluxo de 753.000 veículos pela ponte Rio-Niterói segundo estimativa da concessionária Ecoponte. (O DIA, 2015)

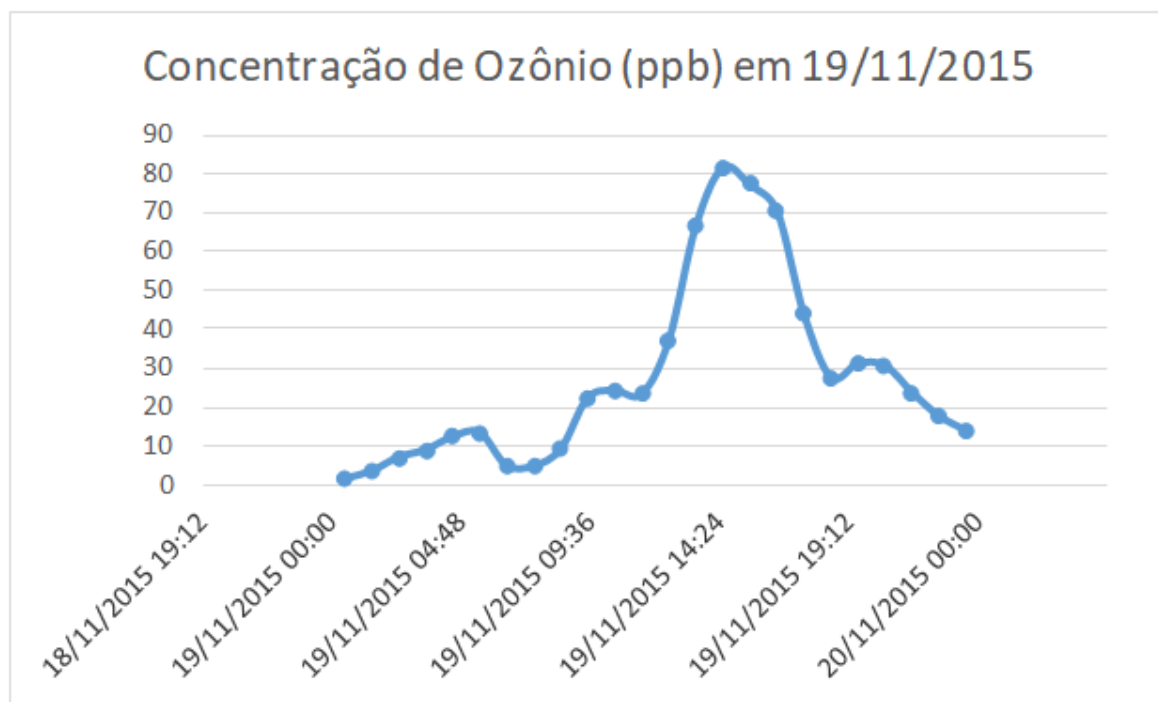


Figura 6: Gráfico da concentração de Ozônio em 19/11/2015

O gráfico de concentração de ozônio na figura 6 segue a tendência diária normal com maior concentração nos horários de pico de trânsito e menor concentração durante a madrugada. Porém nesse dia houve uma grande diferença motivada pelo aumento das fontes emissoras de poluentes primários através do trânsito.

Nesse dia de maior concentração de ozônio em 2015, foi registrada também uma temperatura de 34,7 graus Celsius no mesmo horário às 14:30 horas, conforme tabela 12. Houve uma mudança da direção escalar dos ventos às 10:30 horas que perdurou até às 17:30 horas ocorrendo concomitantemente uma abrupta queda da umidade relativa do ar de 100% às 6:30 horas da manhã caindo vertiginosamente até o mínimo de 47% às 16:30 horas retornando somente às 23:30 horas a 80%. Entre o mês de outubro até meado de dezembro o maior valor (13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) registrado de concentração de partículas inaláveis (<2,5 μm) foi no dia 19/11/15.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A poluição atmosférica é uma preocupação constante e diária nos grandes centros urbanos que realizam o monitoramento sistemático da qualidade do ar.

O cálculo da regressão utilizando todas as variáveis foi significativo pelo teste F, porém o valor-p de cada variável demonstra que existe multicolinearidade entre algumas variáveis envolvidas. Indica que o conjunto das variáveis possui significância estatística para influenciar a variável interações, mas não necessariamente para determiná-la. Torna-se necessário, para trabalhos posteriores baseados nesta prerrogativa, um estudo mais amplo, com maior tamanho de amostra e testes estatísticos adicionais

As partículas inaláveis ($<2,5\mu\text{m}$) apresentaram correlação positiva com as internações por DAR no período analisado sendo 41% pela matriz de correlação de Pearson e na regressão o valor de R^2 indica uma explicação em apenas 20% da amostra. Demonstra que, mesmo os valores mensais estando abaixo do valor considerado de risco para a população pela legislação atual, os grupos mais suscetíveis às variações de concentração de partículas continuam sofrendo adoecimento sazonal pela influência do poluente.

Ficou evidenciada a sinergia entre os poluentes atmosféricos e os fatores meteorológicos, observada pelos dias em que foram registradas altas concentrações de poluentes. No dia 19 de novembro de 2015, por exemplo, quando ocorreu um valor elevado de temperatura, mudança brusca na direção do vento, queda da umidade relativa do ar e alterações na velocidade dos ventos foi registrado o maior valor de concentração do ozônio no ano e um dos maiores valores semestrais de partículas inaláveis.

A falta de chuvas na região Sudeste do Brasil, onde está localizado o Estado do Rio de Janeiro, potencializou a sinergia entre as partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$), especificamente, e as variáveis meteorológicas de modo que existiu uma correlação positiva e moderada entre a quantidade de internações no ano e a influência do poluente.

A região de estudo possui um clima que favorece a dispersão de poluentes, não sofrendo influência acentuada de rugosidade urbana ou relevo para concentração dos mesmos. Porém a sinergia entre os fatores meteorológicos e os poluentes pode colaborar com o aumento do número de internações como foi verificada através da relação entre partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$) e internações em 2014.

A vulnerabilidade da faixa etária escolhida para o estudo também pode ser constatada no gráfico de internações por DAR de 2008 a 2015 onde é observada uma maior quantidade de internação de menores de 14 anos em números absolutos.

Para realização do estudo foram utilizados os dados fornecidos pelo INEA dos anos 2015, 2014 e 2013 pela maior quantidade de variáveis contidas, porém algumas lacunas nas séries históricas podem contribuir negativamente para o resultado desta pesquisa, através dos processos de estimação utilizados.

A produção diária de ozônio é verificada através de gráficos característicos com produção maior nos horários de pico de trânsito e nos horários em que praticamente não há fluxo de veículos também não a produção de ozônio. Além disso a reação para formação do ozônio troposférico depende da disponibilidade de radiação solar. Observa-se que o ozônio troposférico é originário direto de ação antropogênica na região de Niterói.

A variável que mais fortemente influenciou a quantidade de internações do período estudado foi a temperatura, sendo esta considerada a variável mais independente entre as variáveis estudadas, pois correlaciona-se com todas sendo fracamente influenciada por alguma das outras variáveis meteorológicas.

Não foi possível pormenorizar os efeitos do ozônio sobre a quantidade de internações pela falta de dados de admissões hospitalares diárias, que poderia ser relacionado aos dias de eventos críticos relacionados neste trabalho. Sugere-se uma atenção redobrada por parte do poder público no período do início do outono, pois conforme revisado neste estudo, coincide com o período de maior quantidade de internações.

Por fim, apesar do efetivo controle e monitoramento dos efluentes atmosféricos tornou-se evidente que um percentual expressivo de internações é influenciado diretamente pelo aumento de concentração de poluentes no ar, mesmo com as médias estando dentro dos padrões de qualidade do CONAMA. Portanto, aconselha-se uma revisão nos atuais parâmetros nacionais e estaduais de qualidade do ar com o objetivo de minimizar as internações sazonais por adoecimento infantil, diminuir custos ao erário público e melhorar a qualidade de vida da população

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRIL, Almanaque. Volume Morto. 2014. Disponível em: <<https://almanaque.abril.com.br/crise-agua>>. Acesso em: 29 maio 2016.
2. AGENCY, European Environment. Ozoneweb - near real-time ozone conditions across Europe. 2016. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/themes/air/links/data-sources/ozoneweb-ozone-conditions-across-europe>>. Acesso em: 28 maio 2016.
3. AHA, American Heart Association, Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease. 2010 Disponível em: <<https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d8e1>> acesso em 25/03/2016
4. AMANCIO, Camila Trolez; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; AMANCIO, Thiago Trolez. Poluentes ambientais e chance de internações por asma em crianças - São José dos Campos, Brasil, nos anos 2004-2005. Journal of Human Growth and Development, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 202-208, aug. 2012. ISSN 2175-3598. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/jhgd/article/view/44932>>. Acesso em: 10 june 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.44932>.
5. ARBEX, Marcos Abdo et al . A poluição do ar e o sistema respiratório.J. bras. pneumol., São Paulo , v. 38,n. 5,p. 643-655, out. 2012 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 13 maio 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>.
6. DATASUS. CID - 10. 2016. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/cadastrados-nacionais/cid-10>>. Acesso em: 27 maio 2016.
7. DEVORE, Jay L.. Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências. São Paulo: Cengage Learning, 2014. Tradução da 8ª ed. norte-americana.
8. DERISIO, José Carlos. Introdução ao Controle da Poluição Ambiental. 2. ed. São Paulo: Signus, 2000. 164 p. (Controle).
9. disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=251196> acesso em: 12/05/2016
10. DOMINICI, Francesca, et al. "Airborne particulate matter and mortality: timescale effects in four US cities." American Journal of Epidemiology 157.12 (2003): 1055-1065.
11. FABRICIO, Ana Carolina Baggio. Turismo, Meio ambiente e Sustentabilidade. Curitiba: Intersaberes, 2015. 283 p. (Desenvolvimento Sustentável).
12. GLOBO, G1. Pequim decreta segundo alerta vermelho por poluição do ar. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/12/pequim-decreta-segundo-alerta-vermelho-por-poluicao-do>>. Acesso em: 23 abr. 2016.
13. GLOBO, G1. Perimetral fecha nos 2 sentidos para testes neste domingo no Rio. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/transito/noticia/2013/10/perimetral-fecha-nos-2-sentidos-para-para-testes-neste-domingo-no-rio.html>>. Acesso em: 23 março 2019.
14. GODOY, DAGOBERTO VANONI DE et al . Doenças respiratórias como causa de internações hospitalares de pacientes do Sistema Único de Saúde num serviço terciário de clínica médica na região nordeste do Rio Grande do Sul. J. Pneumologia, São Paulo , v. 27, n. 4, p. 193-198, July 2001 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-35862001000400005&lng=en&nrm=iso>. access on 10 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862001000400005>.
15. JACOBSON, Mark Z. Control of fossil-fuel particulate black carbon and organic matter, possibly the most effective method of slowing global warming.Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 107, n. D19, 2002.
16. JORNAL O DIA, Consciência Negra: 753 mil veículos passam pela Ponte até domingo. disponível em <https://odia.ig.com.br/_conteudo/odia24horas/2015-11-19/consciencia-negra-753-mil-veiculos-passam-pela-ponte-ate-domingo.html> acesso em 21/03/2019
17. MARINHO, Alexandre. TD 1055 - Um Estudo Sobre as Filas Para Internações e Para Transplantes no Sistema Único de Saúde Brasileiro. 2004. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/porta/index.php?option=com_content&view=article&id=4652>. Acesso em: 02 jun. 2016.
18. MATHIAS, Rafael Vieira; COELHO, Antonio Sérgio; GONÇALVES, Mirian Buss. DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES UTILIZANDO O MODELO DE FILAS: Estudo de Caso em Hospital De Santa Catarina. Disponível em <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/34322379.pdf>. Acesso em : 02/06/2016
19. MILLER, G. Tyler. Ciência Ambiental: Tradução da 11ª ed. norte-americana. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 123 p.

20. POSTIII, Paulo; KNORSTIV, Marli. Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade. *Rev Saúde Pública*, v. 41, n. 3, p. 351-8, 2007
21. SANTOS, Daniel dos; TOLEDO FILHO, Manoel da Rocha. Estudo sobre a influência de variáveis meteorológicas em internações hospitalares em Maceió-AL, durante o período 1998 a 2006. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo , v. 29, n. 3, p. 457-467, Sept. 2014 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862014000300013&lng=en&nrm=iso>. access on 01 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620110324>.
22. TOYOSHIMA, Marcos Tadashi Kakitani; ITO, Gláucia Munemasa; GOUVEIA, Nelson. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São Paulo/SP. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, São Paulo , v. 51, n. 4, p. 209-213, Aug. 2005 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302005000400017&lng=en&nrm=iso>. access on 31 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302005000400017>.
23. UFRJ. Estudos Ecológicos: Faculdade de Medicina / Instituto de Estudos em Saúde Coletiva - IESC. Disponível em: <[http://www.nesc.ufrj.br/cursos/epigrad/aulasteoricas/AT12 Estudos Ecologicos.pdf](http://www.nesc.ufrj.br/cursos/epigrad/aulasteoricas/AT12%20Estudos%20Ecologicos.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2016. acesso em: 13/05/2016