

Relação entre internações por doenças coronárias e poluição do ar *Relationship between hospitalizations for coronary heart disease and air pollution*

Camila de Araújo Amaro¹, Francisco Orlando Rafael Freitas²

¹ Discente do Curso de Enfermagem do Centro Universitário de Cajazeiras, Cajazeiras-PB, Brasil.

² Doutor em Ciências Morfofuncionais. Docente no Centro Universitário de Cajazeiras, Cajazeiras-PB, Brasil. E-mail: franciscoo.orlando@gmail.com

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre poluição atmosférica e internações por doença isquêmica do coração (DIC) em adultos na cidade de São Paulo, estratificada por sexo, explorando estruturas de defasagem para o período de 2000 a 2013. Trata-se de um estudo ecológico de série temporal. Os dados referentes a O₃, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂, temperatura mínima e umidade foram obtidos junto à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). As internações hospitalares foram obtidas no banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Utilizou-se análise descritiva e modelo linear generalizado de regressão de Poisson com polinômios de terceiro grau, considerando defasagem distribuída de até sete dias após a exposição e controlando a sazonalidade de longo prazo, dias úteis. O nível significativo foi de 5%. Para um aumento no intervalo interquartil de PM₁₀ (24,29µg/m³) não foram observados efeitos significativos para a faixa etária de 30 a 44 anos. Mas para a faixa etária de 45 a 60 anos, houve um aumento devido às internações de homens para 3,30% (IC 95% : 1,64-4,96) e para mulheres 2,88% (IC 95%: 1,42-4,33) no dia da exposição.. Para o NO₂, um intervalo interquartil (50,22 µg/m³) aumenta o total de internações em 6,17% (IC 95%: 2,80-9,53) no dia da exposição, demonstrando efeito agudo. As cardiopatias isquêmicas apresentam efeito agudo na exposição das pessoas aos poluentes atmosféricos, afetando ambos os sexos nas faixas etárias. É importante a implementação de políticas públicas visando níveis de concentrações que não afetem a saúde da população.

Descritores: Doenças Isquêmicas do Coração; Poluição do Ar; Adulto.

Abstract - The aim of this study was to evaluate the relationship between air pollution and adults ischemic heart disease admissions (IHD) in São Paulo city, stratified by gender, exploring lag structures for the period from 2000 to 2013. The is an ecological time series study. The data referring to O₃, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂, minimum temperature and humidity were obtained from the Environmental Company of São Paulo State (CETESB). Hospital admissions were obtained from the Public Health System database (DATASUS). It was used the descriptive analysis and Generalized linear model of Poisson regression with third-degree polynomials, considering a distributed lag of up to seven days after exposure as well as controlling for long-term seasonality, weekdays. The significant level was 5%. For an interquartile range increase in PM₁₀ (24.29µg/m³) no significant effects were observed for the age group 30 to 44. But for the age group 45 to 60, there was an increase due to men admissions for 3.30% (95% CI: 1.64-4.96) and for females 2.88% (95% CI: 1.42-4.33) on the day of exposure.. For NO₂, an interquartile range (50.22 µg / m³) increases the total admissions in 6.17% (95% CI: 2.80-9.53) on the day of exposure, demonstrating acute effect. Ischemic heart diseases present an acute effect on people exposure to air pollutants, affecting both gender in the age groups. It is important the implementation of public policies aiming at levels of concentrations that do not affect the population health.

Keywords: Ischemic Heart Diseases; Air pollution; Adult.

INTRODUÇÃO

A constante evolução ao longo dos séculos evolução caminha junto com alguns efeitos indesejáveis à saúde da população. Como exemplo, pode-se citar a poluição atmosférica com a qual desde a antiguidade o homem vem causando efeitos deletérios a atmosfera do planeta. Porém, existe um ponto chave na história mundial: a elevada emissão de poluentes começa a prejudicar a saúde da população, este marco histórico chama-se revolução industrial (ARBEX *et al.*, 2012; COELHO-ZANOTTI, 2007; HABERMANN *et al.*, 2011).

A partir de então, diversas patologias começam a ser associadas à emissão excessiva de poluentes atmosféricos, identificadas principalmente na população que vive em grandes cidades e aglomerados urbanos, ficando exposta diariamente a níveis inadequados de poluentes, principalmente em países em desenvolvimento. Com isso, conseqüentemente, elevou-se o número de internações, consultas médicas e óbitos de pacientes com danos a saúdes inter-relacionados com a exposição inadequada aos poluentes. Por conseguinte, a poluição atmosférica passa a ser apontada como um preocupante problema de saúde pública (EVO *et al.*, 2011; GOUVEIA *et al.*, 2006;



MARTINS et al., 2006; POPE, 2004; SALVI, 2009).

Estabelecida a relação entre efeitos à saúde e poluição atmosférica através de estudos epidemiológicos, os quais relatam associação entre os níveis poluentes com o número de casos de mortes e número de admissões hospitalares devido a problemas cardiovasculares e respiratórios, principalmente em pessoas idosas com doenças cardiorrespiratórias pré-existentes. Isso se traduz negativamente na qualidade de vida da população e também aumenta de forma significativa os gastos públicos destinados à saúde (LOMBARDI, 2010).

Dados da Organização Mundial de Saúde revelam, preocupantemente, que em 2011 houve cerca de 2 milhões de óbitos no mundo desencadeados pela poluição atmosférica, e estudos demonstram, que caso não haja novas políticas públicas, em 2050, a poluição atmosférica tornar-se-á a causa ambiental de maior morte prematura no mundo (VORMITTAG *et al.*, 2013). Já no Brasil, estima-se 20 mil óbitos/ano estão associados à poluição do ar (WHO, 2015).

Com relação à gastos públicos e privados com internações por doenças cardiovasculares e pulmonares, em 2011 no estado de São Paulo, foram respectivamente, em torno R\$ 76 milhões e R\$ 170 milhões, totalizando um gasto de R\$ 246 milhões. Os mesmos gastos para a cidade de São Paulo, no mesmo período, foram em torno de R\$ 31 milhões (VORMITTAG; RODRIGUES; SALDIVA, 2014).

A relação entre os altos níveis de poluentes no ar e aumentos na morbidade e mortalidade cardiorrespiratória é descrita em diversas pesquisas na década de 1990, o que vem se comprovando ao longo dos anos e seus efeitos deletérios atingindo de forma crescente a população. Além disso, esses danos à saúde podem tornar-se mais frequentes e intensos quando se associam fatores meteorológicos à poluição do ar (VERAS *et al.*, 2010).

Considera-se o ar poluído como um aglomerado de partículas – Material Particulado (MP), bem como a emissão de gases principalmente pelas indústrias e veículos automotivos, os quais tornam o ar repleto de substâncias nocivas ao organismo, fora dos padrões estabelecidos pelos órgãos fiscalizadoras, causando assim, impactos no ambiente ou na saúde humana (ARBEX, *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o presente estudo procura avaliar efeitos deletérios dos poluentes na degradação da saúde da população, principalmente nas doenças coronarianas.

Dessa forma, espera-se que os dados obtidos ajudem a melhorar a qualidade de vida da população que se encontra exposta ao excesso de poluição atmosférica associada muitas vezes a condições meteorológicas inadequadas e principalmente a doenças pré-existente podem promover sérios danos à saúde do indivíduo.

Assim, objetivou-se avaliar a relação entre poluição do ar e internações por doenças isquêmicas do coração, em adultos, na cidade de São Paulo, estratificado por sexo, explorando estruturas de defasagens (0 a 7 dias), para o período de 2000 a 2013.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico de séries temporais. Os estudos ecológicos utilizam como unidades de

análise grupos de pessoas ao invés de indivíduos (BONITA 2010). Avaliam como o contexto ambiental e social podem afetar a saúde de grupos populacionais, sendo geralmente de baixo custo, por utilizarem dados secundários, ou seja, dados coletados para outros fins (MEDRONHO, 2004).

Para este estudo utilizamos as seguintes informações: data de internação, idade (anos), gênero, diagnóstico principal (CID) e município de residência. Este estudo incluiu os pacientes residentes na cidade de São Paulo e que tiveram registro de internação hospitalar no período compreendido, entre 01 de janeiro de 2000 e 31 de Dezembro de 2013. Foram selecionadas todas as internações por Doença Isquêmica do Coração (DIC) (CID10: I20-I25).

Os níveis médios diários dos poluentes atmosféricos (PM10, CO, NO2 e O3) e os dados climáticos de temperatura e umidade foram obtidos junto à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). A CETESB dispõe de 14 estações fixas na cidade de São Paulo.

A análise do PM10 foi realizada utilizando a média de 24 horas obtidas em cada estação de monitoramento. Já para o CO foi utilizada a maior média móvel de 8 horas para o período de 24 horas (CETESB, 2013).

Para o SO2 também foi utilizado à média de 24 horas e para o O3 e NO2 foi utilizado o maior valor horário diário (CETESB, 2015). Nem todas as estações de monitoramento da qualidade do ar medem todos os poluentes.

Foi realizada a análise de correlação para cada poluente entre as estações no qual este era medido. Como as estações se apresentaram altamente correlacionadas ($p < 0,001$), foi calculada a média das estações que mediam o dado poluente como sendo um valor representativo para a exposição dos moradores do município de São Paulo (BRAGA, 1998).

As informações sobre temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar média para o período do estudo foram obtidas junto a Agência Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Foram realizadas as análises descritivas de todas as variáveis do estudo, através de seus valores de tendência central e de dispersão (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Com a finalidade de se verificar a relação linear entre os poluentes do ar e entre estes e as variáveis meteorológicas, utilizamos a análise de correlação através do Coeficiente de Correlação Pearson (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os bancos de dados foram preparados utilizando-se o *programa Statistical Package for Social Science (SPSS) Windows* versão 22.0. Análise descritiva e de correlação foram feitas com o mesmo programa.

RESULTADOS

Foram internados no SUS em São Paulo, no período de 2000 a 2013, 1430.029 indivíduos por doenças isquêmica do coração (DIC), sendo que 726.201 (50,8%) eram do sexo masculino, e 703.821 (49,2%) do sexo feminino. Do total de internações por DIC, 442.809 (31,0%) tinham entre 30 a 44



anos, sendo 193.101 (43,6%) do sexo masculino e 249.706 (56,4%) do sexo feminino. Na faixa etária de 45 a 60 anos, foram 987.022 (69,0%), sendo 533.001 (54,0%) do sexo masculino e 454.115 (46,0%) do sexo feminino.

Na Tabela 1 são apresentadas as informações relativas a análise descritiva das internações por DIC conforme a faixa etária e sexo para o período considerado no estudo. Ao considerarmos apenas a estratificação por faixa

etária, observa-se uma média maior de internações para idades entre 45 a 60 anos. Quando considerada a estratificação conjunta da faixa etária e sexo, seja na faixa de 30 a 44 ou na de 45 a 60 anos, houve prevalência de internações por DIC para o sexo masculino sendo em ambas as faixas os valores médios aproximadamente duas vezes maior neste.

Tabela 1 - Análise descritiva das internações por doença isquêmica do coração para as faixas etárias de 30 a 44 anos e 45 a 60 anos, considerando o total e conforme gênero feminino e masculino, São Paulo, 2000 a 2013.

Medida estatística	Faixa etária (anos)						
	30 a 44			45 a 60			
	Total	Feminino	Masculino	Total	Feminino	Masculino	
Média	1,64	0,53	1,11	9,71	3,32	6,39	
Mediana	1,00	0,00	1,00	10,00	3,00	6,00	
Dp	1,45	0,77	1,15	4,95	2,22	3,65	
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Máximo	9,00	5,00	7,00	31,00	14,00	23,00	
Percentil	25	1,00	0,00	0,00	6,00	2,00	4,00
	50	1,00	0,00	1,00	10,00	3,00	6,00
	75	2,00	1,00	2,00	13,00	5,00	9,00

Onde: Dp é o desvio padrão.

As estimativas de efeito e defasagem para as internações por doença isquêmica do coração estão expressas em figuras, revelando os aumentos percentuais,

para o dia e até seis dias após a exposição, para o desfecho em função do aumento de um interquartil na concentração dos poluentes.

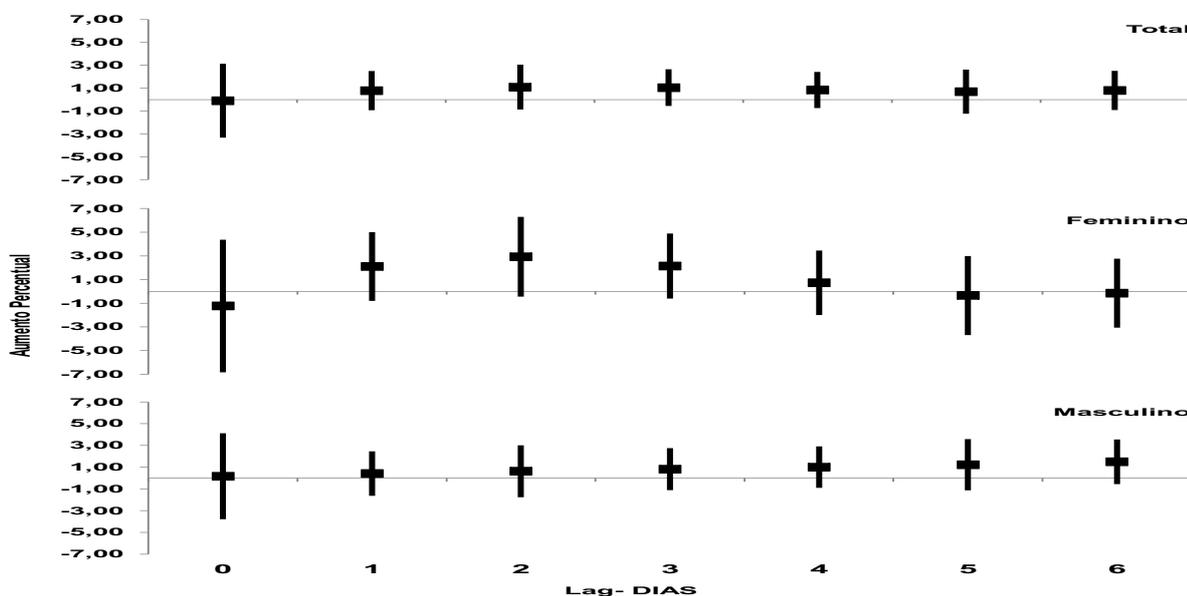


Figura 1 apresenta as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do ozônio (O₃) nas internações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino, em que não foi evidenciado efeito, para a faixa etária de 30 a 44 anos, quando houve aumento de um interquartil na concentração de O₃ igual a 52,45 µg/cm³.

Com relação as estimativas de efeito e estrutura de defasagem diárias de aumentos percentuais com seus respectivos intervalo de confiança de 95% para o PM₁₀, nas

internações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino para adultos entre 30 a 44 anos de idade.

As internações totais revelaram efeito agudo, para



o dia da exposição com aumento médio de 4,35% (IC95%: 0,65-8,04), nas interações por doença isquêmica do coração para cada aumento de um interquartil no nível de PM₁₀ (24,29µg/m³).

Para o sexo feminino e masculino isoladamente, com aumento de um interquartil de PM₁₀ (24,29µg/m³) não foi evidenciado efeito significativo.

Já com relação as estimativas de efeito e estrutura de defasagem diárias de aumentos percentuais com seus respectivos intervalos de confiança de 95% para o SO₂, considerando aumento de um interquartil igual a 7,63 µg/m³, nas interações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino para adultos entre 30 a 44 anos de idade.

Para as interações totais, com aumento de um interquartil de SO₂, houve elevação de 6,99% (IC95%: 3,31-10,67) e 2,46% (IC95%: 0,51-4,42) nas interações no dia da exposição e no dia seguinte, respectivamente, demonstrando um efeito agudo e defasado de até um dia.

Para o sexo feminino, com aumento de um interquartil de SO₂, houve elevação nas interações por doença isquêmica do coração de 7,99% (IC95%: 1,62-14,36) nas interações no dia da exposição demonstrando apenas um efeito agudo.

Para o sexo masculino, com aumento de um interquartil de SO₂, não houve elevação significativa nas interações por doença isquêmica do coração no dia e em seis dias subsequentes a exposição.

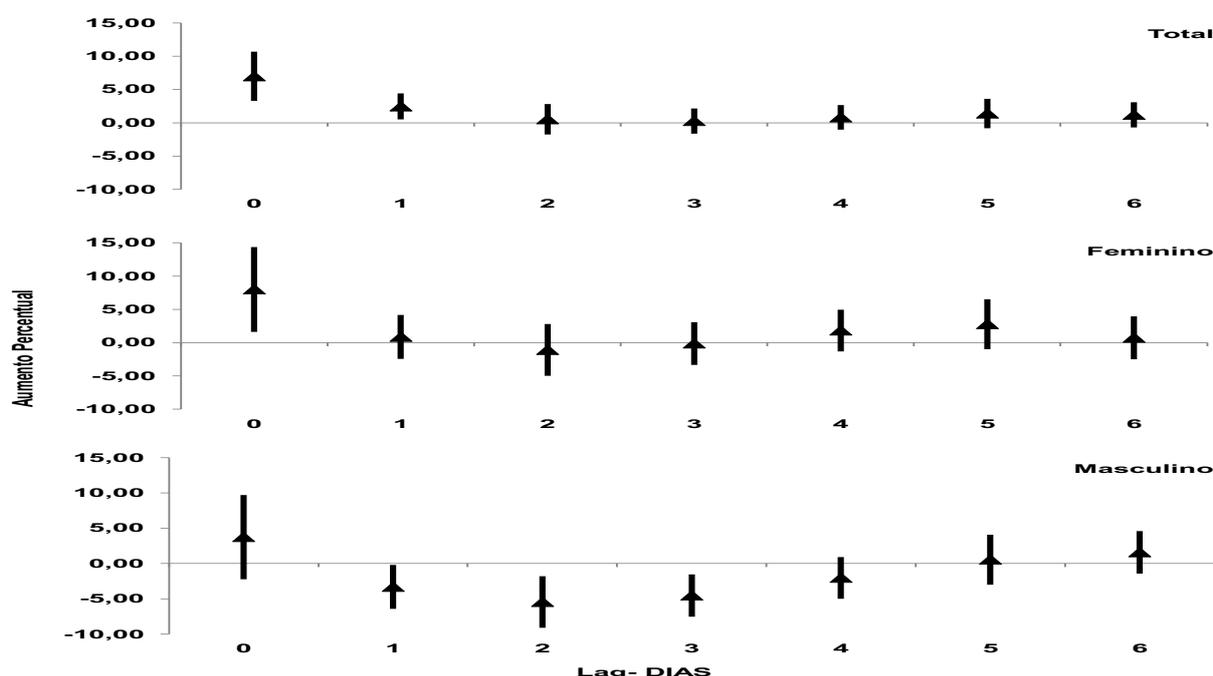


Figura 2 - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95% nas interações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino, em adultos entre 30 a 44 anos de idade, devido ao aumento de um interquartil na concentração de SO₂ (7,63 µg/m³).

Para as interações totais, com aumento de um interquartil de NO₂, houve elevação de 6,17% (IC95%: 2,80-9,53) nas interações apenas no dia da exposição demonstrando efeito agudo.

Quando considerado apenas o sexo feminino, com aumento de um interquartil de NO₂, houve elevação nas interações por doença isquêmica do coração de 7,44% (IC95%: 1,65-13,33) e 3,79% (IC95%: 0,76-6,82) nas

interações no dia da exposição e no dia seguinte a mesma, respectivamente, demonstrando um efeito agudo e defasado de até um dia.

Quando considerado apenas o sexo masculino, com aumento de um interquartil de NO₂, as elevações nas interações por doença isquêmica do coração foram de 5,92% (IC95%: 1,77-10,08) apenas no dia da exposição demonstrando um efeito agudo.

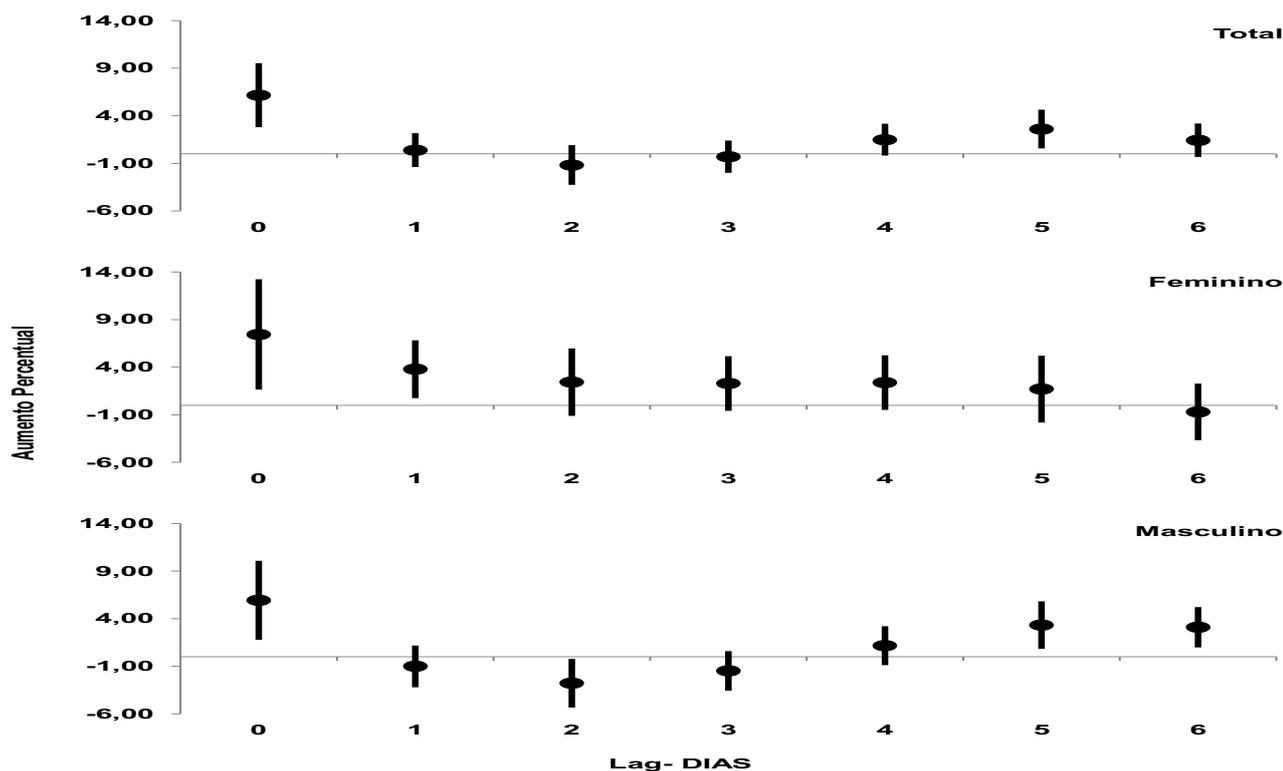


Figura 3 - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95% nas internações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino, em adultos entre 30 a 44 anos de idade, devido ao aumento de um interquartil na concentração de NO₂ (50,22 µg/m³).

Nas estimativas de efeito e estrutura de defasagem do monóxido de carbono (CO) nas internações por doença isquêmica do coração total, feminino e masculino, em que não foi evidenciado efeito, para a faixa etária de 30 a 44 anos, quando houve aumento de um interquartil na concentração de CO igual a 1,28 ppm.

DISCUSSÃO

A poluição atmosférica vem se concretizando como um dos principais fatores que contribuem para o aparecimento de doenças no organismo principalmente aquelas relacionadas com o sistema cardiorrespiratório. Este efeito deletério ocasionado pela poluição do ar apresenta um grande impacto de morbimortalidade à saúde populacional, o que pode ser identificado através de uma investigação epidemiológica eficaz (HART, 2016; FREITAS, 2016).

Para realização deste estudo, que teve o intuito de avaliar a relação entre exposição e efeito foi utilizado o Modelo Linear Generalizado de distribuição polinomial, com isso tornou-se possível avaliar a defasagem entre a exposição aos poluentes e os efeitos à saúde. Identificou-se efeito agudo com relação às internações por doenças isquêmicas do coração nas faixas etárias estudadas, sendo que para cada faixa etária, os efeitos são verificados em alguns grupos (masculino, feminino e total) específicos, com isso pode-se afirmar que ao ocorrer o aumento da poluição do ar, impactará imediatamente na saúde desta população.

Foram realizados os ajustes adequados nos modelos utilizados pelas variáveis como temperatura, umidade e dias

da semana minimizando, dessa forma, a possibilidade de vies sistemático nas estimativas.

Acrescenta-se ainda, que a partir da elaboração deste estudo, foi possível verificar a relação entre exposição aos poluentes do ar (O₃, SO₂, NO₂, PM₁₀, CO) e aumentos no número de internações hospitalares por doenças isquêmicas do coração, em adultos de 30 a 44 anos e 45 a 60 anos. Os adultos na faixa etária de 45 a 60 anos foram os mais afetados, apresentando uma média maior de internações pela variação diária dos poluentes.

De acordo com estudos realizados em populações que residem nas áreas urbanas das grandes cidades, verifica-se que a maior parte dos habitantes encontra-se expostos aos elevados níveis de poluição inadequados, proporcionado pela queima de carvão e de outros produtos da combustão, principalmente o material particulado, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e o ozônio, através da emissão por parte dos veículos motorizados, o que vem a acarretar inúmeras patologias, internações e óbitos (FERNANDES,2010; FREITAS,2013; COSSELMAN *et al.*, 2015).

Com essa exposição o número de patologias associadas à má qualidade do ar vem aumentando, principalmente as doenças cardiovasculares, as quais são consideradas como a principal causa de mortes em todo o mundo. Um estudo realizado por WHO (2015) evidenciou que só no ano de 2012, estima-se que 17.5 milhões de pessoas morreram por problemas cardiovasculares, representando 31% do total de mortes globais, sendo estimado que 7.4 milhões morreram devido a doença

cardíaca coronária e 6.7 milhões devido a acidente vascular encefálico.

Neste contexto, observando as causas mais comuns de internações no município de São Paulo registradas pelo SUS, verificou-se que a causa mais comum dessas internações foram devido a pacientes que apresentaram doenças cardiovasculares, onde os dados desse estudo mostram que entre 2000 até 2013, na cidade de São Paulo, 1430.029 indivíduos foram acometidos por doenças cardiovasculares totais (DATASUS, 2014). Isso representa uma realidade preocupante para os usuários do SUS, e uma perspectiva ruim para o funcionamento adequado deste sistema, que tem dificuldades financeiras e mesmo assim tem que proporcionar uma cobertura adequada a saúde da população.

Com isso, observa-se que o tema analisado no presente estudo (a poluição atmosférica e as doenças isquêmicas do coração), é de total relevância, principalmente para população de áreas urbanas que vivem cotidianamente expostos a má qualidade do ar. Além disso, poucas pesquisas no Brasil trabalham de forma específica os efeitos da poluição do ar como causa das doenças isquêmicas do coração em adultos.

A cidade de São Paulo, no decorrer de sua evolução, vem apresentando aumento dos níveis de poluição do ar e mudanças na temperatura mínima e umidade relativa, com isso, crescem os casos de doenças isquêmicas do coração, números esses medidos pelas internações nos hospitais do SUS. Este estudo vem contribuir para fortalecer a relação causal entre a exposição aos fatores ambientais e as doenças isquêmicas do coração (CHIARELLI, 2009).

A investigação epidemiológica é uma ferramenta de confiabilidade na identificação de fatores de risco para a saúde dos seres humanos. Nos dias atuais, um dos principais fatores contribuintes para proporcionar efeitos deletérios à saúde da população é a poluição atmosférica, a qual vem gerando impacto na morbimortalidade, principalmente em grupos populacionais específicos, a exemplo dos indivíduos que habitam os grandes centros urbanos (CLOGHERTY, 2011).

Atualmente, já se pode contar com diversos estudos que abordam as características epidemiológicas que proporcionam evidências de que os níveis atuais de poluentes contribuem para a morbidade e mortalidade cardiovascular, enfatizando que o aumento da emissão dos diversos poluentes na atmosfera está associado ao crescente número das diversas doenças relacionadas ao sistema cardiovascular na sociedade. Como exemplos destas alterações cardiovasculares, podem-se citar as doenças isquêmicas do coração, as quais vêm contribuindo para o aumento das hospitalizações por doenças cardiovasculares ocasionadas pela poluição atmosférica, dados que são confirmados através de estudos anteriores (BROOK *et al.*, 2010; ATKINSON, 2013; BALLESTER *et al.*, 2005; NASCIMENTO, 2013; NASCIMENTO 2016).

Estudos recentes, vêm evidenciando a maneira pela qual a poluição do ar está associada à indução de doenças cardiovasculares, estes demonstram que a poluição está associada com a alteração na viscosidade sanguínea; anormalidade no complexo estimulante do coração,

incluindo o aumento da frequência cardíaca. Esses dados elucidam caminhos fisiopatológicos, no qual a poluição do ar, afeta o sistema cardiovascular, nas diversas faixas etárias e em ambos os sexos (BRAGA, 2007; ZHANG *et al.*, 2015)

Neste contexto de investigação epidemiológica, observamos no presente estudo um predomínio de internações de adultos do sexo masculino (50,8%) com doenças isquêmicas do coração em relação ao sexo feminino (49,2%), demonstrando uma maior susceptibilidade dos homens às doenças isquêmicas do coração. Nos estudos epidemiológicos realizados por Gouveia e colaboradores (2006) e MARTINS (2004) enfatizaram que tanto homens idosos quanto mulheres idosas são suscetíveis aos danos cardiovasculares causados pela exposição aos poluentes atmosféricos.

Em contra partida, segundo Bellasi e colaboradores (2007), existem fatores que demonstram que as mulheres podem ser mais afetadas do que os homens na doença isquêmica do coração. Uma dessas evidências é que no sexo feminino as artérias coronárias possuem diâmetro menor em relação aos homens, por isso, que ao sofrerem estenose ou disfunção endotelial o dano causado por vir a surgir mais precocemente e com uma gravidade maior. Essa característica endotelial dos vasos sanguíneos menores pode explicar, em parte, sintomas em mulheres.

Pose-se ter uma explicação fisiológica para demonstrar a predisponibilidade das mulheres serem mais acometidas pelas doenças cardiovasculares. Como já mencionado, o sexo feminino possuem artérias coronárias menores que os homens, então que há formação ou deslocamento de um trombo pelas características anatomicas dos vasos fica a mulher mais susceptível a alterações isquêmicas no coração. Além disso, existe a característica hormonal também pode estar associada à presença dos fatores contribuintes para o aparecimento de doenças cardiovasculares. (BELASSI *et al.*, 2007).

A respeito do O₃, apesar de durante o período de este estudo ultrapassar o limite diário de qualidade de ar 221 vezes, não foi evidenciado associação positiva deste poluente ao percentual de internações de adultos por doenças isquêmicas do coração, assim como no número de internações, quando diferenciadas por sexo, corroborando com os estudos realizados em Pittsburg (WELLENIUS *et al.*, 2005) e Baltimore (SYMONS *et al.*, 2006).

Já em estudo realizado por Nardocci e colaboradores (2013), no município de Cubatão, observou que para cada aumento no interquartil de 52,1 µg/m³ de O₃ houve efeito estatisticamente significativo de 2,85 % (IC95%: 0,77 – 4,98%) nas internações por doenças cardiovasculares em adultos maiores de 39 anos. Esses dados contrariam os obtidos neste estudo, no qual, mesmo tendo sido realizado em São Paulo, uma cidade semelhante, em termos de emissão de poluentes, não foi observado efeito significativo para esse poluente, fato esse que corroborou com a pesquisa de Oliveira (2008).

Vale ressaltar ainda, que em estudo realizado por Ballester e colaboradores (2005) alerta, que o ozônio pela sua capacidade oxidante, pode proporcionar aumento do trabalho do miocárdio, além de causar danos aos pulmões, prejudicando e as trocas gasosas pulmonares em pessoas



com insuficiência cardiovascular preexistente, com ou sem doença pulmonar concomitante.

Koken e colaboradores (2004) também encontraram um efeito estatisticamente significativo do ozônio nas admissões hospitalares por aterosclerose coronariana no segundo dia após a exposição ao poluente. Verificou-se que um aumento no nível médio diário de O₃ de 20 ppm a 29,7 ppm (25-75 percentil) foi associado com um aumento correspondente de 12,3% (IC95%: 3,96–21,4) nas admissões hospitalares por aterosclerose coronariana.

Os resultados deste estudo para PM₁₀ e DIC na faixa etária de 30 a 44, as internações totais revelaram efeito agudo para o dia da exposição nas internações totais. Para o sexo masculino e feminino com o aumento de um interquartil de PM₁₀ de 24,28µg/cm³ não foi evidenciado efeito significativo pós-exposição.

Outros dados relevantes são apresentados por Gouveia e colaboradores (2006), onde os autores relatam que ao ocorrer no um aumento de 10µg/m³ no nível de material particulado inalável associa-se ao número de 1,5% de internações por doença isquêmica do coração em idosos. Outro estudo realizado na Espanha concluiu que um aumento de 10mg/m³ nos níveis de PM₁₀ foi associado com um aumento de 0,9% (IC95%: 0,4 a 1,5%) no número de internações hospitalares por doenças cardiovasculares, e de 1,6% (IC95%: 0,8 - 2,3%) para as doenças do coração (Ballester 2005).

Para a faixa etária de 30 a 44 anos, devido ao aumento de um interquartil de 7,63µg/cm³ na concentração de dióxido de enxofre, observou-se elevação nas internações por DIC no dia da exposição -6,99% (IC95%: 3,31 – 10,76) e no dia seguinte da exposição, demonstrando um efeito agudo nos casos de DIC total, onde se observa um acréscimo de 2,46% (IC95%: 0,51- 4,42). Em estudos realizados por Koken e colaboradores 2004, evidenciaram-se associações positivas de internações hospitalares para arritmias cardíacas, com aumento nas concentrações diárias de SO₂. Observou-se que para um aumento do interquartil (25-75) em concentrações médias diárias de SO₂ (3,8-7,2 ppb) está associada a uma mudança de 9% no risco de hospitalização por arritmias cardíacas (IC95%: -0,34 a 18,93%).

Esse efeito também pode ser comprovado no estudo de Nascimento *et al.*, (2016), onde foi demonstrado que elevações nas concentrações de SO₂, associado a concentrações de outros poluentes, implicam aumento significativo no risco para o sexo feminino (RR = 1,10), contribuindo assim para elevação no sexo total (RR = 1,06). Vale ressaltar que não foi identificado efeito significativo para o sexo masculino e a sua exposição para este poluente.

Outro estudo realizado por, realizado por Cendon e colaboradores (2006), conclui que o SO₂ apresentou uma associação mais positiva sobre as internações por infarto do miocárdio, quando comparados com outros poluentes, apresentando um aumento de 13,0% (IC 95%: 6,0-19,0) nas internações em unidades de terapia intensivas, e de 8,0% (IC 95%: 2,0-13,0) nas internações em enfermarias.

Para adultos entre 30 a 44 anos, os resultados revelam que para cada aumento de interquartil de 1,28 ppm

nas concentrações de CO, não houve aumento das internações por DIC, total, masculino e feminino em adultos de 30 a 44 anos. Esses dados são diferentes dos apresentados pelo estudo de Pamplona (2016), no qual se verificou um efeito agudo para as internações totais e do sexo masculino no dia da exposição, sendo 6,41% (IC95%: 2,66-10,16) e 7,78% (IC95%: 2,77-12,79) respectivamente nas internações hospitalares.

Outro estudo realizado por Nascimento e colaboradores (2016), relatou que a exposição significativa para o CO leva as internações por IAM, assim como os resultados encontrados por Gouveia e colaboradores (2006).

Outros estudos também constataram a associação estatisticamente significativa do CO com as internações de idosos por DIC. Para o aumento de um interquartil (1,33 ppm) de CO observou-se um aumento de 1,82% no total de internações por DIC em idosos (IC95%: 0,77 - 2,88). Dados estes também demonstrados por Ballester e colaboradores (2005), onde comprovaram que um aumento de 1 mg/m³ nos níveis de CO foi associado com um aumento de 2,1% (0,7 a 3,5%) nas admissões por DCV e 4,2% (1,3 para 7,1%) nas admissões por doenças do coração.

CONCLUSÃO

Com a realização do presente estudo foi possível constatar que durante o período avaliado, de janeiro de 2000 a dezembro de 2013, houve uma relação significativa entre exposição à poluição do ar e internações hospitalares por Doenças Isquêmicas do Coração em adultos estratificado por sexo na cidade de São Paulo, demonstrando assim, que os poluentes atmosféricos aparecem como um importante fator contribuinte para o aumento do número de hospitalizações.

Entre os adultos na faixa etária de 30 a 44 anos, observou-se uma relação entre os poluentes e o sexo masculino, feminino e total, apresentando efeito apenas no dia da exposição para o NO₂. Para o SO₂ ocorreu efeito para as internações do sexo feminino. Com relação ao PM₁₀ apresentou efeito agudo no dia da exposição apenas para as internações do sexo masculino. As internações por doenças isquêmicas do coração, não foi evidenciando efeito para o O₃ e o CO, independente do sexo.

Já relacionado à faixa etária de 45 a 60 anos, foi possível identificar relação entre os poluentes SO₂, NO₂, PM₁₀ e as internações por doenças isquêmicas do coração, em ambos os sexos, ficando apenas o CO e O₃ sem evidenciar efeito.

Vale ressaltar que Todos os poluentes estão diretamente correlacionados entre si e inversamente correlacionados entre as variáveis climáticas, exceto o O₃ que apresenta uma correlação direta com a temperatura mínima.

Embora mensurando os efeitos agudos da poluição do ar, os estudos de séries temporais, podem ser empregados para a conscientização da população no geral, como também dos que fazem a gestão acontecer, implementando a adoção de políticas públicas que apontem para a melhoria do ambiente, e o mais importante, os mesmos não devem ficar apenas na teoria, no papel, ou em uma biblioteca, mas, sobretudo e principalmente devem ser posto em prática.



A área ambiental de São Paulo pode e deve utilizar esse estudo, para avançar nos artificios, visando o controle da qualidade do ar da cidade, tendo em vista que o mesmo comprova a relação intrínseca entre a emissão dos poluentes e a vida dos adultos, gerando um estímulo à continuidade e diversificação de abordagens que visem relacionar as condições ambientais adversas a seus impactos na saúde, cuja não só desejável, mas sim, necessária para a estruturação tanto da Saúde Ambiental no Brasil como de todo o mundo, o que não só estaria ajudando aos cofres públicos, como também, contribuindo para a diminuição das internações, culminando assim no aumento da sobrevida da população.

REFERÊNCIAS

- ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J Bras Pneumol.** 2012; 38(5): 643-655.
- BALLESTER, F. et al. Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS Project. **J. Epidemiol. Community Health,** 2006; 60; 328-336.
- BELASSI, A. et al. New insights into ischemic heart disease in women. **Cleveland Clinic Journal Of Medicine.** 2007. Vol 74. Num 8.
- BONITA. R.; BEAGLEHOLE, R; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia Básica.** 2. Ed. São Paulo: Santos Editora, 2010. 213p.
- BRAGA, A.L.F. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública,** Rio de Janeiro, v.23, sup 4:S570-S578, 2007.
- BRAGA, A.L.F. ZANOBETTI, A., SCHWARTZ J. The lag structure between particulate air pollution and respiratory and vascular deaths in ten US cities. **J Occup Environ Med.** 2001b; 43: 927-33.
- BROOK, R.D. et al. Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease An Update to the Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation.** p.121:2331-2378, 2010.
- CENDON, S. et al. Air pollution effects on myocardial infarction. **Rev Saude Publica.** 2006 Jun; 40(3):414-9
- CHIARELLI, P. S. **Efeito da poluição do tráfego na pressão arterial dos agentes de trânsito em Santo André.** 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- CLOUGHERTY, J.E. A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. **Cien saúde colet.** 2011;16(4):2221-38.
- COELHO-ZANOTTI MSS. Statistical analysis aiming at the predictability of respiratory diseases internment based on meteorological conditions at São Paulo city. **Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo;** 2007. Doctoral thesis.
- COSELMAN, K. E.; NAVAS-ACIEN, A.; KAUFMAN, J. D. Environmental factors in cardiovascular disease. **Nature Reviews Cardiology,** v. 12, n. 11, p. 627-642, 2015.
- EVO, C. P. R. et al. Poluição do ar e internação por insuficiência cardíaca congestiva em idosos no município de Santo André. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde,** v. 36, n. 1, p. 6-9, 2011.
- FERNANDES, J.S. et al. Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana. **Rev Med Minas Gerais.** v.20, n.1, p.92-101, 2010.
- FREITAS, C. U. de et al. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. **Epidemiol. Serv. Saúde** [online]. vol.22, n.3, pp. 445-454. ISSN 1679-4974. 2013.
- FREITAS, C.U. de et al. Poluição do ar e impactos na saúde em Vitória, Espírito Santo. **Rev Saúde Pública.** v.50,n.4, 2016.
- GOUVEIA, N. et al. Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. **Cad Saúde Pública.** 2006;22(12):2669-77.
- HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. **Rev. bras. Epidemiol,** v.14, n. 1, p.120-130, mar. 2011.
- HART, E.J. et al. Effect Modification of Long-Term Air Pollution Exposures and the Risk of Incident Cardiovascular Disease in US Women. **J Am Heart Assoc.**v.25, n.12, 2015.
- KOKEN, P. J., PIVER, W. T., Ye, F., ELIXHAUSER, A., OLSEN, L. M., & PORTIER, C. J. Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver. **Environmental health perspectives,** v. 111, n. 10, p. 1312, 2004.
- LOMBARDI, S. M. E. et al. Poluição do ar e efeitos cardiorrespiratórios: a importância da prática clínica. **Revista Hipertensão,** v. 13, n. 4, p. 210-225, dez. 2010. Disponível em: <http://www.sbh.org.br/pdf/revista_hipertensao_4_2010.pdf>.
- MARTINS, L.C. **Efeitos da poluição do ar e dos fatores meteorológicos nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo.** 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MARTINS, L. C. et al. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. **Revista de Saúde**



Pública, v. 40, n. 4, p. 677-683, 2006.

MEDRONHO, R. et al. Epidemiologia. Atheneu. São Paulo, 2009.

NARDOCCI, A. C. *et al.* Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública** [online]. vol.29, n.9, pp. 1867-1876. 2013

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J. B. Particulate matter and hospital admission due to arterial hypertension in a medium-sized Brazilian city. **Cad. Saúde Pública** [online]., vol.29, n.8, pp. 1565-1571. 2013.

NASCIMENTO, L. F. C. *et al.* Effects of Air Pollutant Exposure on Acute Myocardial Infarction, According to Gender. **Arq Bras Cardiol.** 2016; 107(3):216-222.

OLIVEIRA, I. M. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana. **R. RA'E GA**, Editora UFPR, Curitiba, n.15, p.113-126, 2008.

POPE, C.A. *et al.* Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. **Circulation.** v.109, n.1, p.71-77, 2004.

SALVI, S.; BARNES, P.J. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. **Lancet.** v.374, n.9691, p.733 743, 2009.

SYMONS, J. *et al.* A case-crossover study of fine particulate matter air pollution and onset of congestive heart failure symptom exacerbation leading to hospitalization. **American journal of epidemiology**, v. 164, n. 5, p. 421-433, 2006.

VERAS, M. M. et al. Air pollution and effects on reproductive-system functions globally with particular emphasis on the Brazilian population. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2010.

VORMITTAG, E.M. P.A. A.; RODRIGUES, C. G.; SALDIVA, P. H. N. S. Projeção da mortalidade, internações hospitalares na rede pública e gastos públicos em saúde decorrentes da poluição atmosférica no Estado de São Paulo de 2012 a 2030. **Instituto Saúde e Sustentabilidade**. São Paulo agosto de 2014. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wpcontent/uploads/2013/09/Documentofinaldapesquisapadrao_2409-FINAL-sitev1.pdf>.

WELLENIUS, G. A. *et al.* Particulate air pollution and the rate of hospitalization for congestive heart failure among medicare beneficiaries in Pittsburgh, Pennsylvania. **American journal of epidemiology**, v. 161, n. 11, p. 1030-1036, 2005.

WHO. World Health Organization. **WHO air quality guidelines global update 2015**: report on a working group meeting. Bonn, Germany: WHO; 2015.

ZHANG, Y. *et al.* Association between Ambient Air Pollution and Hospital Emergency Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases in Beijing: a Time Series Study. **Biomed Environ Sci.** v.28, n.5, p.352-363, 2015.

