

Poluição ambiental e doença cardiovascular na cidade de São Paulo

Air pollution and cardiovascular disease in São Paulo

Helena Cramer Veiga Rey¹

Palavras-chave:

poluição do ar, assunção de risco, doenças cardiovasculares

Keywords:

air pollution, risk exposure, cardiovascular disease

RESUMO

Estudos epidemiológicos realizados em grandes centros urbanos têm demonstrado a associação da poluição atmosférica com aumento de morbimortalidade cardiovascular. Devido à densidade populacional e numerosa frota de automóveis, São Paulo é um cenário apropriado para o estudo do impacto da poluição na saúde cardiovascular. As evidências demonstram que a poluição na cidade de São Paulo afeta a saúde cardiovascular da população, elevando o número de internações, mortalidade e subsequentemente os gastos com saúde pública, demonstrando a necessidade do investimento em medidas de controle das fontes poluentes e gerenciamento do desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Recent epidemiologic studies indicate that air pollution is directly linked to increased cardiovascular morbidity and mortality. São Paulo, the most populous city of South America with a numerous automobile fleet is an appropriate place to study air pollution adverse health problems. Evidences showed that air pollutant effects on cardiovascular health of general population increased the hospital admissions, mortality and impact on public health costs, indicating the necessity of air quality policy and control to promote a sustainable development.

Introdução

A doença cardiovascular resulta da combinação de herança genética e fatores ambientais. Ainda que os hábitos de vida como dieta, atividade física e tabagismo compreendam os principais fatores de risco ambientais e modificáveis, o papel da poluição atmosférica tem sido estudado como responsável pela elevação do risco cardiovascular (Dockery et al., 1993).

Níveis elevados de poluição atmosférica têm efeito sobre a pressão arterial, a frequência cardíaca, a resistência vascular e a coagulação sanguínea (Ibaldi-Mulli et al., 2001) (Brook et al., 2002), que resulta no aumento da morbidade e mortalidade cardiovascular (Schwartz et al., 1994) (Pope et al., 2004).

O interesse sobre esse tema nos últimos anos reflete no aumento de publicações na área de Cardiologia Ambiental (Bhatnagar et al., 2006). Na última década muitos estudos foram realizados tendo como cenário grandes centros urbanos. São Paulo é a maior cidade sul-americana, cuja população estimada para o ano de 2007 foi de mais de 10 milhões de habitantes (IBGE, 2007) e possui a maior frota de automóveis do país (CETESB, 2009). Portanto, São Paulo é um local apropriado para o estudo dos efeitos da inalação de poluentes na saúde da população.

A presente revisão tem o objetivo de descrever os efeitos da poluição atmosférica no sistema cardiovascular e seu impacto na saúde pública na cidade de São Paulo.

As fontes de poluição, os níveis aceitáveis e impacto na saúde cardiovascular

As emissões gasosas e de material particulado para a atmosfera derivam principalmente de veículos, indústrias e da queima de biomassa. As principais fontes de poluição na cidade de São Paulo são as emissões provenientes de veículos e indústrias.

Os parâmetros regulamentados para aferição da qualidade do ar são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis ou material particulado (PM), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂). Na Tabela 1 estão descritos os padrões de qualidade do ar para os principais poluentes, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA). O índice de qualidade do ar pode variar de 0 a maior ou igual a 300. Quando acima de 100 já causa impacto na saúde e sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta; e quanto maior o índice, pior a reper-

Recebido em 07/02/2010. Aprovado para publicação em 27/02/2010. Fontes de financiamento: não houve. Conflito de interesse: não há.

1. Pesquisadora do Departamento de Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Cardiologia – Rio de Janeiro – Brasil.

Endereço para correspondência: Instituto Nacional de Cardiologia. Rua das Laranjeiras 374 / 5ª Andar – Laranjeiras – Rio de Janeiro – CEP 22240-006. Telefone 21-82589140 e 21-32030522 e-mail hcramer@globo.com

cussão clínica e as manifestações cardiovasculares, se tornam mais frequentes (CETESB, 2009).

Tabela 1. Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes, segundo a Agência de Proteção Ambiental – EPA, EUA

Poluentes	Padrões primários	Tempo médio
Partículas inaláveis (PM ₁₀)	50 mg/m ³ 150 mg/m ³	média aritmética anual nível limite para 24 horas
Ozônio (O ₃)	0,12 ppm (235 mg/m ³)	média de 1 hora máxima diária
Dióxido de enxofre (SO ₂)	0,03 ppm (80 mg/m ³) 0,14 ppm (365 mg/m ³)	média aritmética anual nível máximo em 24 horas
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm (10 mg/m ³) 35 ppm (40 mg/m ³)	nível máximo em 1 hora média máxima de 8 horas
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	0,053 ppm (100 mg/m ³)	média aritmética anual

A relação causal entre danos à saúde e poluição ambiental foi estabelecida em meados do século 20 em episódios agudos que ocorreram na Europa (Logan et al., 1952). A partir daí, o controle da qualidade do ar passou a ser adotado nos países desenvolvidos. O órgão responsável pelo controle da qualidade ambiental no estado de São Paulo, Companhia de

Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), foi criado em 1968 e vem monitorando a qualidade do ar em uma rede automatizada em todo o estado. Esse registro possibilita pesquisas e auxilia na formulação de ações para controle da poluição. Na Tabela 2 estão os valores de referência para episódios agudos de poluição.

Os poluentes que mais frequentemente ultrapassam os limites legais em São Paulo são o ozônio, o material particulado e o monóxido de carbono. O que mais difere dos estudos em países desenvolvidos é a elevação de CO atmosférico, que ainda é encontrado no Brasil devido ao baixo uso de catalisadores em automóveis e pela frota antiga de veículos, fabricados antes das leis regulatórias de controle de emissão de poluentes, que datam de 1996 (CETESB, 2009).

Os poluentes atmosféricos também apresentaram variações sazonais, tendo o PM₁₀ e CO picos no inverno e o O₃ picos no verão (CETESB, 2009).

Mecanismos fisiopatológicos de efeito da poluição na saúde cardiovascular – evidências de estudos na cidade de São Paulo e impacto na Saúde Pública

Evidências recentes acumulam informações sobre os mecanismos fisiopatológicos envolvidos nos eventos cardiovasculares mediados pela poluição ambiental.

Tabela 2. valores de referência para episódios agudos de poluição – CETESB

Poluente	Características	Fontes principais	Nível de atenção	Nível de alerta	Nível de emergência
Partículas Inaláveis (MP ₁₀ e MP _{2,5}) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido em suspensão, Faixa de tamanho < 10 micra	Processos de combustão e aerossol secundário	375 (µg/m ³) - 24 h	625 (µg/m ³) - 24 h	875 (µg/m ³) - 24 h
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido em suspensão, Faixa de tamanho < 100 micra	Processos de combustão e exaustão. Fontes Naturais como o pólen	250 (µg/m ³) - 24 h	420 (µg/m ³) - 24 h	500 (µg/m ³) - 24 h
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, precursor dos sulfatos, um dos componentes das partículas inaláveis	Processos que utilizam queima de óleo combustível	800 (µg/m ³) (µg/m ³) - 24 h	1.600 ((µg/m ³) (µg/m ³) - 24 h	2.100 (µg/m ³) (µg/m ³) - 24 h
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom-vermelhado, pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos e compostos orgânicos tóxicos	Processos de combustão	1.130 (µg/m ³) - 1 h	2.260 (µg/m ³) - 1 h	3.000 (µg/m ³) - 1 h
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido	Combustão incompleta em veículos automotores	15 (ppm) - 8 h	30 (ppm) - 8 h	40 (ppm) - 8 h
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, principal componente da névoa fotoquímica	Produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos	200 (µg/m ³) - 1 h	800 (µg/m ³) - 1 h	1.000 (µg/m ³) - 1 h

*Adaptado do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008⁴.

Constata-se que a poluição causa alteração em diversos parâmetros cardiovasculares.

Estudos demonstraram a associação entre o aumento de partícula inalável < 2,5 micra (PM_{2,5}) e a redução da frequência cardíaca (Gold et al., 2000) e que a elevação de PM₁₀ se relaciona com elevação da frequência cardíaca (Pope et al., 1999), sustentando a tese de que a poluição altera o sistema nervoso autônomo, corroborando com os achados de estudos que demonstram a alteração da variabilidade da frequência cardíaca, que é um fator de risco para desenvolvimento de arritmias cardíacas, pela exposição a poluentes (Gold et al., 2000) (Devlin et al., 2003).

Em 2007 foi publicada uma série temporal que evidenciou a associação dos níveis de CO, NO₂ e PM₁₀ e admissão por arritmia cardíaca na Emergência do Instituto do Coração (InCor), na cidade de São Paulo (Santos et al., 2008). A participação de CO e NO₂ está relacionada à combustão dos automóveis.

O efeito da poluição na resistência vascular foi comprovado em estudo controlado com voluntários sadios que, ao inalarem PTS e O₃ em níveis elevados por duas horas, apresentavam diminuição do diâmetro da artéria braquial de em média 0,09 mm, elevando a resistência vascular sistêmica e, por fim, a pressão arterial (Brook et al., 2002).

Pesquisa realizada em uma emergência na cidade de São Paulo, no período de janeiro de 2001 a dezembro de 2003, na qual se estudou pacientes hipertensos que procuravam atendimento por complicação hipertensiva, demonstrou que elevações nas concentrações atmosféricas de NO₂, CO e SO₂ se relacionam com maior número de atendimentos de pacientes portadores de hipertensão arterial (Santos et al., 2008).

O efeito da poluição na doença isquêmica do coração é multifatorial. Estudos evidenciam vários mecanismos envolvidos. O estudo epidemiológico MONICA comprovou a associação de aumento da poluição com o aumento da viscosidade sanguínea (Peters et al., 2002). A exposição por longo tempo a níveis elevados de PM_{2,5} demonstrou estar associada à calcificação coronariana e ao processo de aterosclerose (Hoffman et al., 2007). A ativação de processo inflamatório pela inalação de PM₁₀ e PM_{2,5}, entre outros poluentes, está amplamente documentada na literatura (Peters et al., 2001) (Ruckert et al., 2007). A conjunção de hipercoagulabilidade, aterosclerose e inflamação resultam no processo de isquemia miocárdica.

O grupo do laboratório de poluição atmosférica experimental da Universidade de São Paulo confirmou a associação entre CO e admissão na emergência do InCor por isquemia cardíaca em adultos acima de 45 anos de idade. Foi evidenciada a associação de elevação de PM₁₀, SO₂ e O₃ com as admissões hospitalares por doença isquêmica, porém sem significância estatística, provavelmente devido ao tamanho amostral (Lin et al., 2003).

Estudos de associação entre mortes totais de idosos e níveis de poluição atmosférica vêm sendo realizados na cidade de São Paulo. Pesquisa realizada em 1995 (Saldiva et al., 1995) encontrou incremento de 13% de mortes associadas com os níveis médios anuais, analisando um ano de mortes por todas as causas, excluídas as causas externas. Em outro estudo, na mesma época, em que se analisou um período de cinco anos, detectou-se aumento de 8% nas mortes totais de idosos (excluídas as causas externas) associados com um incremento de PM₁₀ (Freitas et al., 2004). Devido à constância da associação entre PM₁₀ e danos à saúde, este se posiciona como indicador de exposição para o acompanhamento do impacto na saúde.

O custo indireto com saúde atribuível à poluição atmosférica é cerca de três milhões de dólares anuais, fato que, associado ao aumento do número de eventos cardiovasculares e respiratórios, torna essa questão um problema de saúde pública (Miraglia et al., 2005).

Propostas para minimizar o problema

Com uma frota de cerca de seis milhões de veículos automotivos e o principal parque industrial do país, São Paulo, que ocupa a terceira posição entre as cidades mais populosas do mundo, enfrenta um grande desafio de controlar adequadamente a qualidade do ar para manter a saúde da população.

Iniciativas importantes vêm sendo tomadas, como a implantação de programas de gestão ambiental em frotas de transporte de cargas e passageiros, a capacitação de oficinas destinadas à melhoria da manutenção de veículos automotores dos ciclos Otto e Diesel, o incentivo à contínua melhoria da qualidade de combustíveis automotivos, o estudo de novas alternativas energéticas veiculares, bem como o aumento do controle corretivo da emissão excessiva de fumaça preta nos veículos em uso movidos a diesel. Seus efeitos serão vistos no longo prazo.

As propostas de maior fiscalização no uso obrigatório de catalisadores em automóveis, investimento em transporte coletivo com expansão das linhas de metro e ativação de trens intermunicipais e o uso de biocombustíveis se encontram na ordem do dia.

Em avaliação dos impactos ambientais e sociais da mistura estabilizada do uso de diesel/etanol na frota de ônibus e caminhões na região metropolitana de São Paulo, se verificou reduções nos poluentes atmosféricos, especialmente o PM₁₀, e uma análise custo-benefício ambiental que resultou positiva em US\$ 2,851 milhões, concluindo que o uso de biodiesel produziria ganhos em termos ambientais, de saúde e de inclusão socioeconômica, garantindo sustentabilidade (Miraglia et al., 2010).

Esta revisão buscou não apenas sumarizar evidências dos impactos na saúde cardiovascular causados pelas mudanças

ambientais, mas alertar sobre a necessidade de gerenciar o crescimento de uma grande metrópole como São Paulo de forma sustentável.

Referências bibliográficas

- Bhatnagar A. Environmental cardiology. Studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Cir Res* 2006;99:692-705
- Brook RD, Brook JR, Urch B, Vincent R, Rajagopalan S, Silverman F. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation* 2002;105:1534-6.
- CETESB, 2009. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2008 [recurso eletrônico]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>. Acessado em 20/02/2010.
- Cury-Junior, Abrão José; Cendon-Filha, Sonia Perez; Pereira, Luiz Alberto Amador; Braga, Alfesio Luis Ferreira; Conceição, Gleice Margarete de Souza. Efeitos da poluição atmosférica na frequência de atendimentos por hipertensão arterial em unidade de emergência na cidade de São Paulo.
- Devlin RB, Ghio AJ, Kehrk H, Sanders G, Cascio W. Elderly humans exposed to concentrated air pollution particles have decreased heart rate variability. *Eur Respir J* 2003;21:765-805.
- Dockery DW, Pope CA III, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993;329:1753-1759.
- Freitas, Clarice et al. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Rev. Saúde Pública, São Paulo*, v. 38, n. 6, Dec. 2004.
- Gold DR, Litonjua A, Schwartz J, et al. Ambient pollution and heart rate variability. *Circulation* 2000;101:1267-73.
- Hoffmann B, Moebus S, Mohlenkamp, et al., for the Heinz Nixdorf Recall Study Investigative Group. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 2007;116:489-96.
- Ibald-Mulli A, Stieber J, Wichmann H-E, Koenig W, Peters A. Effects of air pollution on blood pressure: a population-based approach. *Am J Public Health* 2001;91:571-7.
- IBGE, 2007. Contagem Populacional. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>. Acessado em : 20/02/2010.
- Lin CA, Amador Pereira LA, de Souza Conceição GM, Kishi HS, Milani R Jr, Ferreira Braga AL, Nascimento Saldiva PH. Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits. *Environ Res*. 2003 May;92(1):57-63.
- Logan WPD. Mortality in the London fog incident, 1952. *Lancet* 1953;1:336-8
- Miraglia SG, Saldiva PH, Böhm GM. An evaluation of air pollution health impacts and costs in São Paulo, Brazil. *Environ Manage*. 2005 May;35(5):667-76.
- Miraglia, SG. Health, environmental, and economic costs from the use of a stabilized diesel/ethanol mixture in the city of São Paulo, Brazil. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, 2010.
- Peters A, Döring A, Wichmann H-E, Koenig W. Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? *Lancet* 1997;1582-7.
- Peters A, Fröhlich M, Döring A, et al. Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men. *Eur Heart J* 2001;22:1198-204.
- Pope CA III, Dockery DW, Kanner RE, Villegas GM. Oxygen saturation, pulse rate, and particulate air pollution. A daily time-series panel study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:365-72.
- Pope CA III, Burnett RT, Thurston GD, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution. Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004;109:71-7.
- Ruckert R, Greven S, Ljungman P, et al. Air pollution and inflammation(interleukin-6, C-reactive protein, fibrinogen) in myocardial infarction survivors. *Environ Health Perspect* 2007;115:1072-80.
- Saldiva PHN, Pope CA, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil. *Arch Environ Health* 1995;50:159-63.
- Santos UP, Terra-Filho M, Lin CA, Pereira LA, Vieira TC, Saldiva PH, Braga AL. Cardiac arrhythmia emergency room visits and environmental air pollution in Sao Paulo, Brazil. *J Epidemiol Community Health*. 2008 Mar;62(3):267-72.
- Schwartz J. Air pollution and daily mortality: a review and metaanalysis. *Environ Res* 1994;64:36-52.