


Fatores socioeconômicos aumentam os efeitos nocivos da poluição atmosférica e da temperatura na mortalidade

Socioeconomic factors increase the effects of air pollution and temperature on mortality

Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues¹ , Eliane Ignotti¹ , Sandra de Souza Hacon¹ 

RESUMO: *Objetivo:* Verificar os efeitos do $PM_{2,5}$ e da temperatura na mortalidade por doenças cardiovasculares segundo *status* socioeconômico e proximidade do tráfego. *Método:* Utilizaram-se séries temporais por meio da classe dos modelos aditivos generalizados com a opção de regressão de Poisson, a 5% de significância. Analisou-se interação entre a proximidade do tráfego e o *status* socioeconômico por meio de estratificação. A proximidade do tráfego foi dividida em maior e menor que 150 m de distância. O *status* socioeconômico no entorno residencial foi categorizado em Alto e Baixo a partir da mediana (3,9%). Calculou-se o percentual de risco relativo (%RR) dos óbitos por doenças cardiovasculares para cada aumento linear de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de $PM_{2,5}$ e 1°C na temperatura máxima. *Resultados:* A mortalidade por doenças cardiovasculares apresentou %RR 1,64 (IC95% -0,03; 3,33) relacionada à temperatura máxima e %RR 4,60 (IC95% 0,78; 8,56) relacionada ao $PM_{2,5}$, em áreas com alta exposição ao tráfego. Em áreas com condições de vida precárias, observou-se %RR 1,34 (IC95% -0,31; 3,01) relacionada à temperatura máxima e %RR 3,95 (IC95% -0,27; 8,34) associada ao $PM_{2,5}$. *Conclusão:* Áreas com condições de vida precárias e com alta exposição ao tráfego apresentaram maior risco de mortalidade por doenças cardiovasculares relacionados à temperatura e ao $PM_{2,5}$.

Palavras-chave: Séries temporais. Mudanças climáticas. Calor. Emissões de veículos. Material particulado.

¹Universidade do Estado de Mato Grosso – Cáceres (MT), Brasil.

¹Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Autor correspondente: Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues. Rua 7, Quadra D, Lote 6, Residencial Marechal Rondon, CEP: 78200-000, Cáceres, MT, Brasil. E-mail: polianyrodrigues@unemat.br

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (convênio FINEP/Rede CLIMA 01.13.0353.00).

ABSTRACT: *Objective:* To verify the effects of $PM_{2.5}$ and temperature on mortality due to cardiovascular diseases according to socioeconomic status and traffic proximity. *Method:* Time series were used, using the generalized additive models with the Poisson regression option, at 5% significance level. Interaction between proximity of traffic and socioeconomic status was analyzed through stratification. The proximity to the traffic was divided into distances up to 150m or over 150m. Socioeconomic status in the residential environment was categorized as high and low based on the median (3.9%). The relative risk percentage (%RR) of cardiovascular disease deaths was calculated for each linear increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at $PM_{2.5}$ and 1°C at the maximum temperature. *Results:* Mortality due to cardiovascular diseases presented %RR 1.64 (95%CI -0.03; 3.33), related to the maximum temperature and %RR 4.60 (95%CI 0.78; 8.56) related to $PM_{2.5}$, in areas with high traffic exposure. In areas with poor living conditions, %RR 1.34 (95%CI -0.31; 3.01) was observed, related to maximum temperature and RR% 3.95 (95%CI -0.27; 8.34) associated with $PM_{2.5}$. *Conclusion:* Areas with poor living conditions and high-exposure to vehicular traffic had an increased risk of cardiovascular disease mortality related to high temperature and $PM_{2.5}$.

Keywords: Time series studies. Climate change. Heat. Vehicle Emissions. Particulate matter.

INTRODUÇÃO

Os fatores socioeconômicos podem atuar como modificadores dos efeitos da exposição ao material particulado (PM) e da temperatura na saúde humana¹. Em geral, populações com piores condições de vida têm sido mais afetadas por vários problemas de saúde, assim como têm se apresentado mais expostas às más condições ambientais^{2,3}. Alguns autores defendem que os impactos ambientais negativos podem contribuir para as desigualdades sociais de saúde ao nível local^{3,4}, enquanto outros se referem à segregação residencial como uma das principais razões pelas quais as comunidades diferem em níveis de exposição¹.

Na literatura científica, três hipóteses têm sido discutidas com relação aos efeitos deletérios da temperatura e da poluição em determinados subgrupos. A primeira está relacionada à exposição diferencial, ou seja, ao fato de que grupos com piores condições socioeconômicas podem estar mais expostos à poluição do ar e a extremos de temperatura; a segunda remete à suscetibilidade diferencial, ou seja, grupos com condições de vida precárias podem ser mais suscetíveis aos efeitos da poluição do ar e da temperatura, porque apresentam grande sobreposição de fatores de risco, assim como dificuldade de acesso à saúde; e a terceira hipótese sugere uma interação multiplicativa dos dois primeiros fatores, ou seja, a combinação de maior exposição e suscetibilidade^{1,5}.

A exposição diferencial pode explicar, em parte, porque os efeitos nocivos da temperatura e da poluição atmosférica na saúde da população podem diferir de acordo com o local de residência. A exposição ao tráfego veicular pode ser uma fonte de exposição diferencial à poluição do ar e à temperatura na zona urbana, devido à alta taxa de pavimentação e construções de concreto e à alta emissão de diferentes poluentes^{6,7}.

Uma vez que o local de residência ou o entorno residencial é resultado da ação da sociedade sobre o espaço e que sua configuração incorpora a estrutura socioeconômica de uma população, este estudo combina técnicas espaciais e análise de séries temporais para verificar a influência do *status* socioeconômico e do tráfego veicular sobre os efeitos do material particulado fino (PM_{2,5}) e da temperatura na mortalidade por doenças cardiovasculares (DC).

MÉTODO

DESENHO DO ESTUDO

Estudo ecológico de séries temporais da associação entre temperatura e PM com a mortalidade por DC, estratificadas por *status* socioeconômico e exposição ao tráfego.

POPULAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

A população do estudo é composta por indivíduos acima de 45 anos residentes na zona urbana dos municípios de Cuiabá e Várzea Grande entre abril de 2009 e dezembro de 2011. Foram selecionados os óbitos por DC de acordo com o Capítulo IX da Décima Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10 — códigos I00 a I99).

Localizada na única área metropolitana do estado do Mato Grosso, a conurbação formada pelas cidades de Cuiabá e Várzea Grande apresenta as maiores taxas de urbanização e as mais altas densidades demográficas do estado⁸. A região ainda sofre as consequências do processo de urbanização acelerado. O espaço urbano é marcado pela desigualdade social e de renda, aumentando a propensão ao favelamento, à violência e à exclusão social e dificultando o acesso à saúde⁹. Apesar dos altos índices de desenvolvimento humano municipal, as cidades apresentam cerca de 20% de pessoas vulneráveis à pobreza e 6% da população com condições precárias de moradia¹⁰.

FONTES DOS DADOS

Os registros de óbito foram provenientes do Sistema de Informação para a Mortalidade do Sistema Único de Saúde (SIM/SUS) e cedidos pela Secretaria Estadual de Saúde com o endereço de residência de cada indivíduo. Dados individuais, sobre o *status* socioeconômico no entorno residencial e a distância em metros referente à proximidade do tráfego foram georreferenciados e calculados em um estudo anterior¹¹ e disponibilizados para este estudo. Médias diárias de temperatura e umidade foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Dados de *Aerosol Optical Depth* (AOD) foram provenientes da estação Cuiabá-Miranda disponíveis no site do *Aerosol Robotic Network* (AERONET). As estimativas diárias de $PM_{2,5}$ foram obtidas por meio da conversão dos valores de AOD (500 nm) por meio de um cálculo desenvolvido e validado para a Amazônia brasileira e Cerrado¹² que possui uma resolução espacial de até 10 km e representa os valores médios para toda a coluna atmosférica.

ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada regressão de séries temporais na construção de modelos explicativos para contagens de óbitos por DC ao longo do tempo. Utilizou-se a classe dos modelos aditivos generalizados (GAM) com a opção de regressão de Poisson, a 5 e 10% de significância, para investigar a associação entre $PM_{2,5}$ e temperatura máxima com a mortalidade por DC. A metodologia de séries temporais avalia o efeito agudo da exposição, assim como os efeitos lineares dessa relação, por isso é adequada para estudos epidemiológicos ecológicos¹³⁻¹⁵.

Para analisar a influência do local de residência na mortalidade por DC associada ao $PM_{2,5}$ e à temperatura máxima, a população de estudo foi estratificada de acordo com os respectivos endereços de residência, em dois subgrupos:

- proximidade do tráfego veicular;
- *status* socioeconômico no entorno residencial.

Após a estratificação da população com base no endereço de residência, novas regressões de série temporal foram realizadas para cada estrato. O método da estratificação foi escolhido porque utiliza menos parâmetros e oferece uma comparação simples e quantitativa dos efeitos estimados para a exposição nos diferentes estratos^{13,14}, ao apontar as novas características da exposição após a estratificação¹⁵.

A proximidade do tráfego foi dividida em:

- até 150 m de distância;
- acima de 150 m de distância.

A proximidade residencial de até 150 m de uma via de grande fluxo de veículos foi utilizada para caracterizar a alta exposição ao tráfego, e qualquer distância acima desse ponto de corte caracterizou a baixa exposição ao tráfego. Foi utilizada a distância euclidiana entre o endereço de residência no dia do óbito e a via principal ou estrutural mais próxima¹¹.

O *status* socioeconômico no entorno residencial foi categorizado em alto e baixo a partir da mediana (3,9%). Essa variável corresponde à disponibilidade de serviços básicos regulares de coleta de lixo e esgotamento sanitário no setor censitário, caracterizando o entorno residencial dos indivíduos. O cálculo realizado foi a divisão do número de domicílios com

esgoto e/ou lixo a céu aberto dentro do setor censitário e o total de domicílios no setor censitário, multiplicado por 100¹¹.

Nas análises de regressão das séries temporais, a tendência temporal e a sazonalidade foram controladas incluindo-se a variável dia da semana e um *spline* da variável de dias transcorridos, respectivamente. O ajuste de cada modelo final foi avaliado por meio do critério de Akaike (AIC) e da autocorrelação parcial (PACF). Foram testadas diferentes defasagens e médias móveis para cada variável explicativa. Investigaram-se as associações da exposição no dia corrente com defasagens simples (*single Lag*) de 0 a 10 dias. Apenas um *Lag* permaneceu no modelo final, nos quais foram priorizadas as menores defasagens.

Para a construção do modelo da relação entre PM_{2,5} e mortalidade utilizaram-se a umidade e a temperatura média como variáveis de ajuste; no modelo final, permaneceram o *lag* 3 para a população geral e estratificada por *status* socioeconômico e o *lag* 7 para a estratificação pela proximidade do tráfego. Para a construção do modelo da relação entre temperatura máxima e mortalidade utilizaram-se a umidade e o PM_{2,5} como variáveis de ajuste, e o *lag* 5 foi selecionado nos modelos finais para todos os estratos.

Foi calculado o percentual de risco relativo (%RR) dos óbitos por DC, o qual corresponde ao aumento linear de 10 µg/m³ nos níveis de PM_{2,5} e ao aumento linear de 1 °C para a temperatura máxima. As análises de regressão de séries temporais foram realizadas no aplicativo R 3.0.2 por meio da biblioteca *Are s2*¹⁵. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP).

RESULTADOS

A série temporal foi composta por 983 dias (abril de 2009 a dezembro de 2011) e 2.504 óbitos. Na zona urbana de Cuiabá e Várzea Grande, ocorreram 1.272 óbitos em áreas de alta exposição ao tráfego e 1.254 óbitos em áreas com condições de vida precárias.

Foi observada média de 2,54 óbitos/dia para a zona urbana, cerca de 1,25 óbitos/dia para os estratos de exposição ao tráfego e condições de vida precárias. O desvio padrão dos óbitos variou entre 0,76 e 1,59, apresentando valor máximo de 9 óbitos/dia e valor mínimo de zero. A média diária de PM_{2,5} foi de 17,07 µg/m³, apresentando valores entre 0,10 e 172,30 µg/m³. Somente o PM_{2,5} apresentou 55 dias aleatórios sem informações. O valor máximo da temperatura máxima chegou a 42,3°C. A umidade apresentou média de 70,71% e desvio padrão de 11,35% (Tabela 1).

A mortalidade por DC relacionada ao PM_{2,5} apresentou %RR 4,60 (IC95% 0,78; 8,56) em áreas com até 150 m de distância do tráfego veicular e %RR 3,95 (IC95% -0,27; 8,34) em áreas com *status* socioeconômico no entorno residencial classificado como baixo. Observou-se %RR -5,80 (IC95% -10,61; -0,73), caracterizando um efeito protetor, em áreas cujo entorno residencial apresentou *status* socioeconômico alto (Tabela 2).

A mortalidade por DC relacionada à temperatura máxima apresentou %RR 1,64 (IC95% -0,03; 3,33) em áreas com até 150 m de distância do tráfego e %RR 1,34 (IC95% -0,31; 3,01) em áreas

com *status* socioeconômico no entorno residencial classificado como baixo. Foi observado efeito protetor em áreas acima de 150 m de distância do tráfego veicular, com %RR -1,46 (IC95% -2,98; 0,09) (Tabela 3).

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis em estudo. Cuiabá e Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil, 2009 a 2011.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Óbitos por DC (n)				
Exposição ao tráfego				
Alta exposição ao tráfego	1,29	1,15	0	6
Baixa exposição ao tráfego	1,25	1,11	0	7
Status socioeconômico				
Precárias condições de vida	1,27	1,14	0	6
Melhores condições de vida	1,27	1,12	0	6
Variáveis ambientais				
PM _{2,5} (µg/m ³)*	17,07	15,66	0,10	172,30
Temperatura média (°C)	26,45	3,04	11,44	33,44
Temperatura máxima (°C)	33,69	3,88	13,30	42,30
Umidade relativa do ar (%)	70,71	11,35	35,00	97,00

DC: doenças cardiovasculares; *55 dias sem informação.

Tabela 2. Risco relativo percentual e intervalos de confiança de 95% para mortalidade por doenças cardiovasculares relacionados ao aumento linear de 10 µg/m³ de PM_{2,5} por defasagem simples, segundo *status* socioeconômico no entorno residencial e proximidade do tráfego veicular. Cuiabá e Várzea Grande, 2009 a 2011.

		%RR	IC95%
Geral		2,95**	5,67 – 0,30
Proximidade do tráfego veicular	Até 150 m	4,08**	8,36 – -0,02
	Acima de 150 m	-1,45	3,35 – -6,02
<i>Status</i> socioeconômico no entorno residencial	Baixo	3,95**	8,34 – -0,27
	Alto	-5,80**	-0,73 – -10,61

%RR: risco relativo percentual; IC95%: intervalos de confiança de 95%; **p-valor ≤ 0,05.

DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram risco relativo mais elevado de mortalidade por DC associado ao $PM_{2,5}$ e à temperatura em áreas com baixo *status* socioeconômico no entorno residencial e em áreas com proximidade de até 150 m de distância do tráfego veicular. Esses achados sugerem que o local de residência está relacionado a uma exposição diferencial ao PM e à temperatura.

Em detrimento das condições socioeconômicas individuais, alguns autores discutem que o entorno residencial pode ter maior influência sobre a saúde das pessoas por estar diretamente ligado a diversas fontes de exposição ambiental¹. Além de que os locais onde as pessoas vivem e/ou trabalham referem-se a uma exposição contínua, o que tornaria os efeitos graduais sobre a saúde cumulativos ao longo da vida⁷. A proximidade residencial de uma via de grande fluxo de veículos pode ser considerada uma característica importante do entorno residencial, uma vez que pode estar relacionada à alta exposição à poluição atmosférica proveniente do tráfego¹⁶, às piores condições socioeconômicas⁷ e à maior prevalência de ilhas de calor nos centros urbanos^{17,18}.

Residir na proximidade de vias com trânsito intenso pode ser um fator de risco para a mortalidade por DC. A principal causa discutida tem sido a maior exposição aos poluentes atmosféricos emitidos por veículos, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), PM, dióxido de enxofre (SO₂) e ozônio (O₃)^{16,19}. Cada um desses poluentes está relacionado a efeitos adversos na saúde humana^{20,21}, entretanto os efeitos mais nocivos da poluição proveniente do tráfego têm sido observados a uma distância entre 150 e 300 m de uma via de grande fluxo de veículos^{16,22}. Esse gradiente está diretamente relacionado ao tipo e ao volume de tráfego em cada cidade, assim como as condições meteorológicas locais^{7,23}.

No que diz respeito à temperatura, a proximidade residencial do tráfego pode estar relacionada à maior concentração de edifícios, veículos e instalações industriais, o que contribui

Tabela 3. Risco relativo percentual (%RR) e intervalos de confiança de 95% (IC95%) para mortalidade por doenças cardiovasculares relacionados ao aumento linear de 1°C na temperatura máxima por defasagem simples, segundo *status* socioeconômico no entorno residencial e proximidade do tráfego veicular. Cuiabá e Várzea Grande, 2009 a 2011.

		%RR	IC95%
Geral		0,76	1,76 – -0,23
Proximidade do tráfego veicular	Até 150 m	1,64**	3,33 – -0,03
	Acima de 150 m	-1,46*	0,09 – -2,98
<i>Status</i> socioeconômico no entorno residencial	Baixo	1,34*	3,01 – -0,31
	Alto	1,02	2,71 – -0,64

**p-valor ≤ 0,05; *p-valor ≤ 0,10.

para um aumento na temperatura local²⁴, criando as chamadas ilhas de calor em alguns locais. O aumento da temperatura em áreas urbanas relaciona-se a maior absorção e reflexão do sol pelas construções de concreto e pela pavimentação; ao arrefecimento reduzido devido à obstrução da ventilação pelos edifícios; e à liberação de calor antropogênico das indústrias e dos transportes¹⁷. A alta densidade populacional e o alto grau de urbanização têm apresentado correlações com as áreas mais quentes nos grandes centros urbanos, principalmente por influenciar diretamente os padrões de cobertura do solo¹⁸.

O calor também pode ser considerado uma medida indireta das emissões de poluentes atmosféricos em áreas urbanas²⁵, em razão da forte relação das altas temperaturas com o carbono e sulfato orgânico e elementar²⁶, o O_3 ²⁷ e à concentração das partículas semivoláteis²³. Por outro lado, os efeitos sinérgicos entre altas temperaturas e poluentes atmosféricos, como O_3 e PM, têm sido relacionados ao aumento do risco de mortalidade por DC^{14,28}. O calor pode sobrecarregar o sistema de termorregulação corporal e aumentar a vulnerabilidade individual aos efeitos dos poluentes atmosféricos²⁹.

Locais associados a engarrafamentos intensos são gradativamente desvalorizados pelo mercado imobiliário, por isso pessoas com pior *status* socioeconômico tendem a residir próximo a vias de grande fluxo de veículos e/ou em locais com pior qualidade do ar¹. Contudo, mesmo em locais onde indivíduos com maior renda e/ou escolaridade encontram-se mais expostos à poluição proveniente do tráfego, os indivíduos com piores condições de vida têm apresentado maior probabilidade de adoecimento e mortalidade^{1,3,30}. Huang et al.³¹ observaram que residir em áreas urbanas e/ou em áreas com condições de vida precárias associa-se ao aumento de 0,31% (IC95% 0,11; 0,51) no risco de mortalidade por DC relacionada com o calor. Forastiere et al.⁵ observaram que há maior risco de mortalidade por DC relacionada ao PM_{10} em pessoas com menor renda e pior *status* socioeconômico (1,9 e 1,4% por 10 mg/m³, respectivamente) que são residentes em áreas de maior exposição ao tráfego veicular.

Áreas cujo entorno residencial apresentou *status* socioeconômico alto e áreas acima de 150 m de distância do tráfego veicular intenso apresentaram-se como fator protetor para os efeitos nocivos do $PM_{2,5}$ e da temperatura máxima, respectivamente. De acordo com Franchini e Mannucci³², quanto maior a exposição maior será o risco; assim, dedutivamente, podemos concluir que a relação inversa também pode ser verdadeira. Basu⁶ esclarece que a resposta à exposição pode estar associada a fatores extrínsecos ao indivíduo, como os fatores socioeconômicos, e pode assumir relações diferentes quando da presença de coexposição a fatores ambientais, que incluem as condições meteorológicas locais, os poluentes atmosféricos (*indoor* e *outdoor*), a presença de alérgenos, entre outros. Assim, esse resultado sugere que áreas com melhores condições de vida, bem como menor exposição ambiental a agentes nocivos à saúde, podem estar associadas a melhores condições de saúde.

Forastiere et al.⁵, em Roma, observaram que áreas com alto *status* socioeconômico não sofreram os efeitos nocivos da poluição do ar sobre a mortalidade por DC, mesmo em áreas com alta exposição. Esses autores discutem que áreas com melhores condições de vida possuem uma maior quantidade de pessoas com alta renda e melhores trabalhos, o que pode,

consequentemente, melhorar o acesso aos serviços de saúde e à prevenção de doenças. Além disso, de acordo com Deguen e Zmirou-Navier¹, pessoas com alto *status* socioeconômico costumam viajar mais ou ter residências de campo ou na praia, passando menos tempo na residência oficial.

Com relação aos efeitos diferenciais associados à temperatura, McGeehin e Mirabelli³³ discutem que pessoas com melhores condições de vida têm acesso a medidas adaptativas mais adequadas tanto ao calor quanto ao frio, como casas adequadas, quintais e entornos residenciais mais arborizados, bem como mais acesso ao ar condicionado. Por outro lado, segundo Zhou et al.¹⁸ e Bagieński²⁴, áreas mais afastadas dos centros urbanos e comerciais costumam apresentar cerca de 6°C de redução na temperatura, principalmente em horários de pico.

É importante mencionar, como limitações deste estudo, o caráter ecológico das associações, que não admite a confirmação de qualquer efeito causal; além do fato de que não foram levadas em consideração variáveis como o uso de ar condicionado, volume de veículos e outras exposições ambientais, como a poluição sonora. É preciso considerar que a distribuição espacial da mortalidade por DC está sujeita a alguns equívocos de classificação, uma vez que, neste estudo, foram consideradas as distâncias das vias de maior fluxo de veículos e a proporção de esgoto e lixo a céu aberto no setor censitário para a classificação dos indivíduos em seus respectivos locais de residência. Esses indicadores foram utilizados apenas como um *proxy* para a exposição e foram provenientes de dados secundários. A utilização de dados estimados para o PM também pode subestimar os valores reais da exposição individual ao PM.

Por outro lado, este é o primeiro estudo que aborda a relação dos fatores socioeconômicos com a poluição e a temperatura na região do Cerrado, e as análises utilizadas mostraram resultados compatíveis com os observados em outros estudos ecológicos. Os resultados deste estudo direcionam para uma nova visão sobre os efeitos da poluição e da temperatura na região, ao sugerir que o processo de urbanização pode influenciar de maneira significativa na suscetibilidade da população. Dessa forma, nossos achados podem auxiliar na fundamentação de estudos futuros e no planejamento das estratégias voltadas à mitigação do impacto da poluição do ar e da temperatura na saúde humana.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que, em Cuiabá e Várzea Grande, as distribuições geográficas desiguais das condições de vida da população e do tráfego conferem uma exposição diferencial aos efeitos da temperatura e do PM, aumentando o risco de mortalidade por DC. Sendo assim, o investimento no transporte público e em medidas regulamentares de redução da poluição atmosférica proveniente do tráfego deve ser considerado. Contudo, a redução dos riscos para as populações menos favorecidas deve ser priorizada para promover a equidade socioambiental.

Foi aprovado pelo Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública (CAAE 18634613.0.0000.5240.) e é parte da Tese “Mortalidade por doenças cardiovasculares

associadas ao PM e suas interações com parâmetros meteorológicos e socioeconômicos na Região Centro-Oeste”, defendida na Escola Nacional de Saúde Pública, em maio de 2016, por Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues.

REFERÊNCIAS

1. Deguen S, Zmirou-Navier D. Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality - A European review. *Eur J Public Health* 2010; 20(1): 27-35. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp220>
2. Gouveia N, Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Community Health* 2000; 54(10): 750-5. <https://dx.doi.org/10.1136%2Fjech.54.10.750>
3. Padilla CM, Kihal-Talantikite W, Vieira VM, Rosselo P, Le Nir G, Zmirou-Navier D, et al. Air quality and social deprivation in four French metropolitan areas – A localized spatiotemporal environmental inequality analysis. *Environ Res* 2014; 134: 315-24. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.017>
4. Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Pope CA, Krewski D, Newbold KB, et al. Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in Los Angeles. *Epidemiology* 2005; 16(6): 727-36.
5. Forastiere F, Stafoggia M, Tasco C, Picciotto S, Agabiti N, Cesaroni G, et al. Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: differential exposure or differential susceptibility. *Am J Ind Med* 2007; 50(3): 208-16. <https://doi.org/10.1002/ajim.20368>
6. Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ Health* 2009; 8: 40. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1476-069X-8-40>
7. Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics - 2010 Update A Report From the American Heart Association. *Circulation* 2010; 121(7): 948-54. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192666>
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades: indicadores e dados populacionais [Internet]. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2010 [acessado em 6 maio 2013]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=510340&search=mato-grosso|cuiaba>
9. Margarit E. O processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: uma leitura a partir do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o governo militar. *Geografia em Questão* 2013; 6(1): 12-31.
10. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas of Human Development in 2013 [Internet]. Brasil: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2013. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil/>
11. Rodrigues PCO, Santos ES, Ignotti E, Haçon SS. Space-Time Analysis to Identify Areas at Risk of Mortality from Cardiovascular Disease. *Bio Med Res Int* [Internet]. 2015 [acessado em 6 out. 2015];2015. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/841645/abs/http://dx.doi.org/10.1155/2015/841645>
12. Paixão M. Optical properties of natural aerosols and from burning of the Amazon [dissertação] [Internet]. São Paulo: Instituto de Física, Universidade de São Paulo; 2011 [acessado em 22 jul. 2016]. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-30092011-150552/>
13. Meng X, Zhang Y, Zhao Z, Duan X, Xu X, Kan H. Temperature modifies the acute effect of particulate air pollution on mortality in eight Chinese cities. *Sci Total Environ* 2012; 435-436: 215-21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.008>
14. Pinheiro S de L, Saldiva PH, Schwartz J, Zanobetti A. Isolated and synergistic effects of PM10 and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Rev Saúde Pública* 2014; 48(6): 881-8. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048005218>
15. Junger W, de Leon AP. Ares: A Library for Time Series Analysis in Air Pollution and Health Effects Studies Using R. *Epidemiology* 2009; 20(6): S217. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000362727.55583.4a>
16. Brugge D, Durant JL, Rioux C. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environ Health* 2007; 6(1): 23. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1476-069X-6-23>
17. Buscail C, Upegui E, Viel J-F. Mapping heatwave health risk at the community level for public health action. *Int J Health Geogr* 2012; 11(1): 38. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-38>
18. Zhou D, Zhang L, Hao L, Sun G, Liu Y, Zhu C. Spatiotemporal trends of urban heat island effect along the urban development intensity gradient in China. *Sci Total Environ* 2016; 544: 617-26. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.168>

19. Brender JD, Maantay JA, Chakraborty J. Residential proximity to environmental hazards and adverse health outcomes. *Am J Public Health* 2011;101(Supl. 1): S37-52. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300183>
20. Chakraborty J. Automobiles, Air Toxics, and Adverse Health Risks: Environmental Inequities in Tampa Bay, Florida. *Ann Assoc Am Geogr* 2009; 99(4): 674-97. <https://doi.org/10.1080/00045600903066490>
21. Brook RD. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci Lond Engl* 2008; 115(6): 175-87. <https://doi.org/10.1042/CS20070444>
22. Health Effects Institute. Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. Boston: Health Effects Institute; 2010. (Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution; v. Special Report 17).
23. Seinfeld JH, Pandis SN. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. Hoboken: John Wiley; 2006.
24. Bagiński Z. Traffic air quality index. *Sci Total Environ* 2015; 505: 606-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.041>
25. Kioumourtzoglou M-A, Schwartz J, James P, Dominici F, Zanobetti A. PM2.5 and mortality in 207 US cities: Modification by temperature and city characteristics. *Epidemiol Camb Mass* 2016; 27(2): 221-7. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000422>
26. Tai APK, Mickley LJ, Jacob DJ. Correlations between fine particulate matter (PM2.5) and meteorological variables in the United States: Implications for the sensitivity of PM2.5 to climate change. *Atmos Environ* 2010; 44(32): 3976-84. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.060>
27. Bell ML, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, Dominici F. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. *JAMA* 2004; 292(19): 2372-8. <https://doi.org/10.1001/jama.292.19.2372>
28. Rodrigues PC de O, Pinheiro S de L, Junger W, Ignotti E, Hacon S de S. Climatic variability and morbidity and mortality associated with particulate matter. *Rev Saúde Pública* 2017; 51: 91. <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2017051006952>
29. Cheng X, Su H. Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. *Eur J Intern Med* 2010; 21(3): 164-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2010.03.001>
30. Fiscella K, Tancredi D. Socioeconomic status and coronary heart disease risk prediction. *J Am Med Assoc* 2008; 300(22): 2666-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2008.792>
31. Huang Z, Lin H, Liu Y, Zhou M, Liu T, Xiao J, et al. Individual-level and community-level effect modifiers of the temperature-mortality relationship in 66 Chinese communities. *BMJ Open* 2015; 5(9): e009172. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009172>
32. Franchini M, Mannucci PM. Air pollution and cardiovascular disease. *Thromb Res* 2012; 129(3): 230-4. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2011.10.030>
33. McGeehin MA, Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environ Health Perspect* 2001; 109(Supl. 2): 185-9. <https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.109-1240665>

Recebido em: 12/06/2017

Versão final apresentada em: 23/11/2017

Aprovado em: 01/12/2017

Contribuição dos autores: Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues realizou concepção e desenho do estudo, aquisição de dados, análise e interpretação dos dados e elaboração do manuscrito. Eliane Ignotti e Sandra de Souza Hacon participaram da interpretação dos dados e da revisão crítica do manuscrito.

