

Fatores de risco para mortalidade por doenças cardiovasculares associados à alta exposição ao tráfego veicular

Risk factors in cardiovascular disease mortality associated with high exposure to vehicular traffic

Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues^I, Emerson Soares dos Santos^{II},
Sandra de Souza Hacon^{III}, Eliane Ignotti^I

RESUMO: *Objetivo:* Identificar áreas e fatores de risco para a mortalidade causada por doenças cardiovasculares (DC) associados à poluição do ar proveniente da alta exposição ao tráfego. *Métodos:* Estudo transversal da mortalidade por DC em 2.617 indivíduos de 45 a 85 anos residentes na zona urbana de Cuiabá e Várzea Grande, Mato Grosso, entre 2009 e 2011. Utilizou-se a proximidade residencial de até 150 metros de uma via de grande fluxo de veículos como *proxy* da alta exposição à poluição atmosférica proveniente do tráfego. A associação entre idade, sexo, renda e intensidade do trânsito com a exposição ao tráfego foi avaliada por meio de regressão logística múltipla. Foram realizadas análises estratificadas para observar a influência das estações do ano e dos grupos de causas. Utilizou-se modelo espacial de probabilidade de Bernoulli para identificação de áreas de risco. *Resultados:* Os principais fatores de risco para mortalidade por DC associados à alta exposição ao tráfego foram: residir em setores censitários com renda muito desigual (OR = 1,78; IC95% 1,36 – 2,33), trânsito intenso (OR = 1,20; IC95% 1,01 – 1,43) e sexo feminino (OR = 1,18; IC95% 1,01 – 1,38). O risco de mortalidade por DC aumenta cerca de 10% no período de seca. Foram identificadas nove áreas de risco. *Conclusão:* A alta exposição ao tráfego está associada à mortalidade por DC em Cuiabá e Várzea Grande. A desigualdade de renda, a intensidade do trânsito e o sexo feminino apresentaram-se como os principais determinantes dessa exposição, além da estação seca potencializá-la.

Palavras-chave: Fatores socioeconômicos. Poluição do ar. Análise espacial. Vigilância epidemiológica. Administração ambiental.

^IUniversidade do Estado de Mato Grosso – Cáceres (MT), Brasil.

^{II}Universidade Federal do Mato Grosso – Cuiabá (MT), Brasil.

^{III}Escola Nacional de Saúde Pública – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Autor correspondente: Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues. Rua 07, Quadra D, Lote 06 – Residencial Marechal Rondon, CEP: 78200-000 – Cáceres (MT), Brasil.

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima) em convênio com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

ABSTRACT: *Objective:* To identify areas and risk factors in cardiovascular disease (CD) mortality associated with air pollution from high exposure to vehicular traffic. *Methods:* Cross-sectional study of CD mortality in 2,617 individuals aged 45-85 years living in the urban area of Cuiabá and Várzea Grande, Mato Grosso State, Brazil, between 2009 and 2011. We used the residential proximity of up to 150 meters to a roadway of great vehicle flow as a proxy of high exposure to air pollution from vehicular traffic. The association between age, gender, income, and traffic intensity with vehicular traffic exposure was assessed through the multiple logistic regression. We conducted stratified analyses to observe the influence of seasons and groups of causes. We used Bernoulli's spatial model of probability to identify high-risk clusters. *Results:* Risk factors for CD mortality associated with high exposure to vehicular traffic were: living in census tracts with very unequal income (OR = 1.78; 95%CI 1.36 – 2.33), heavy traffic (OR = 1.20; 95%CI 1.01 – 1.43), and female gender (OR = 1.18; 95%CI 1.01 – 1.38). The CD mortality risk increases about 10% during the dry season period. We identified nine areas of risk. *Conclusion:* High exposure to traffic is associated with CD mortality in Cuiabá and Várzea Grande. Income inequality, traffic intensity, and female gender presented as the main determiners for this exposure. The dry season period enhances the effects of traffic exposure. *Keywords:* Socioeconomic factors. Air pollution. Spatial analysis Epidemiological surveillance. Environmental management.

INTRODUÇÃO

O efeito nocivo da poluição do ar levando à mortalidade por doenças cardiovasculares (DC) tem sido amplamente demonstrado na literatura¹. Embora os mecanismos de ação e as características dos indivíduos ainda precisem ser identificados com mais clareza, existem evidências de que grande parte dos efeitos adversos à saúde humana relacionados à poluição atmosférica nos grandes centros urbanos pode ser atribuída às emissões provenientes do tráfego veicular^{2,3}.

As emissões dos automóveis representam uma mistura complexa de poluentes atmosféricos, incluindo monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado (PM), dióxido de enxofre (SO₂) e ozônio (O₃). Essas emissões contribuem significativamente para o aumento dos níveis de poluição atmosférica, principalmente, no entorno das vias². Vários estudos epidemiológicos têm apontado que a proximidade residencial a vias de grande fluxo de veículos ou de áreas de alta densidade de tráfego está associada à mortalidade por DC⁴⁻⁶.

O gradiente dose-resposta mais observado tem sido para uma proximidade de até 150 metros de uma via de grande fluxo de veículos³. Contudo, esse gradiente pode variar consideravelmente, para mais ou para menos, dependendo do volume de tráfego, das concentrações e tipos dos poluentes emitidos e das condições meteorológicas. Alguns autores também têm relatado que as populações economicamente desfavorecidas podem apresentar maior exposição residencial ao tráfego e à poluição atmosférica^{7,8}. Além disso, alguns fatores como idade, sexo, raça e condições médicas podem potencializar os efeitos nocivos da poluição do ar relacionados à saúde humana⁹⁻¹¹.

O conhecimento dos fatores associados à mortalidade por DC ligados à alta exposição ao tráfego pode proporcionar a compreensão de riscos diferenciais em diversos subgrupos e subsidiar a criação de políticas socioambientais mais eficientes. Além disso, a proximidade residencial de vias de grande fluxo veicular apresenta-se como uma solução simples e viável para capturar a variação local da exposição aos poluentes relacionados ao tráfego, principalmente em áreas onde dados de estações não estão disponíveis. O objetivo deste estudo é identificar áreas e fatores de risco para a mortalidade por DC associados à poluição do ar proveniente da alta exposição ao tráfego.

MATERIAIS E MÉTODO

DESENHO DO ESTUDO

Estudo transversal de identificação de áreas e fatores que levam à mortalidade por DC associados à alta exposição ao tráfego.

POPULAÇÃO E ÁREA DO ESTUDO

O estudo foi realizado nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, que formam uma conurbação com cerca de 800 mil habitantes, na região metropolitana do Vale do Rio Cuiabá, em Mato Grosso. A densidade demográfica é de aproximadamente 155,19 habitantes/km² e o grau de urbanização é de 96%¹². A frota de veículos tem aumentado exponencialmente na região. Somente de 2004 para 2012, por exemplo, esse crescimento apresentou uma variação percentual de 118% para Cuiabá e 127% para Várzea Grande. As cidades são cortadas por rodovias de grande importância no cenário estadual e federal, responsáveis por um intenso fluxo transitório de veículos nas principais vias¹³.

A população de estudo compreende 2.617 indivíduos entre 45 e 85 anos de idade, residentes na zona urbana de Cuiabá e Várzea Grande, que foram a óbito por DC (Capítulo IX da Décima Revisão da Classificação Internacional de Doenças – CID-10 – códigos I00 a I99) entre 1º de janeiro de 2009 e 31 de dezembro de 2011.

FONTE DOS DADOS

As informações populacionais, socioeconômicas e as malhas digitais dos municípios por setores censitários foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utilizando-se dados do censo de 2010. A malha viária da região foi cedida pela prefeitura de Várzea Grande. Os dados de mortalidade por DC, contendo informações sobre sexo, idade, endereço de residência e dia do óbito foram provenientes do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) e fornecidos pela Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso.

ANÁLISES DOS DADOS

Para a investigação dos fatores de risco causadores da mortalidade por DC, associados à poluição proveniente da alta exposição ao tráfego, utilizou-se como variável dependente a essa exposição; e como variáveis independentes, os potenciais fatores associados ao óbito por DC (idade, sexo, razão de renda do setor censitário e data do óbito). As variantes que apresentaram valor $p \leq 0,2$ nas análises univariadas foram incluídas no modelo de regressão logística múltipla. Permaneceram no modelo final as que tiveram valor de $p \leq 0,05$. O teste utilizado para verificar a significância das variáveis do modelo final foi o da razão de máxima verossimilhança. O ajuste final do modelo foi avaliado por meio do teste de Hosmer e Lemeshow.

A regressão logística é parte de uma categoria de modelos estatísticos chamados modelos lineares generalizados (GLM) e seu objetivo é prever um resultado dicotômico para casos individuais usando o modelo de probabilidade de Bernoulli. Dessa forma, calcula-se a perspectiva de sucesso ou de falha, sendo que os resultados da análise apresentam-se como uma razão de probabilidades: a *odds ratio* (OR). A OR é obtida mediante comparação de indivíduos que diferem apenas na característica de interesse e que tenham os valores das outras variáveis constantes, no caso deste trabalho: residir ou não próximo a uma via de grande fluxo de veículos^{3,14}.

Os endereços de residência de cada indivíduo foram georreferenciados a partir do utilitário gratuito *GPS visualizer* (<http://www.gpsvisualizer.com/geocoder/>) utilizando-se a base de dados do *Google maps*. A exposição individual ao tráfego foi avaliada por meio do cálculo das distâncias entre o endereço de residência no dia do óbito e a via mais próxima. Foram utilizadas as vias estruturais e principais^{4,6}, de acordo com a classificação empregada pelas prefeituras municipais¹⁵, porque são vias de grande porte destinadas a receber a maior carga de tráfego e nas quais frequentemente ocorrem engarrafamentos.

Os indivíduos foram classificados em duas categorias: (0) indivíduos com baixa exposição ao tráfego; e (1) indivíduos com alta exposição ao tráfego. Esta foi definida como a proximidade residencial de um indivíduo em até 150 metros de, pelo menos, uma via com alto fluxo de veículos, enquanto a baixa exposição ao tráfego está relacionada à proximidade residencial acima de 150 metros de vias com alto fluxo de veículos. O grupo com baixa exposição ao tráfego foi utilizado como categoria de referência na análise.

A idade foi categorizada em: (0) 45 a 64 anos; e (1) 65 a 85 anos. O dia do óbito foi utilizado como uma medida indireta da concentração de poluentes. Para isso, os dias da semana foram divididos, de acordo com a intensidade do trânsito, em: (0) trânsito fraco (sábado e domingo); e (1) trânsito intenso (segunda a sexta-feira). Dados sobre o rendimento de cada indivíduo não estavam disponíveis, por isso foi utilizada a razão de renda do setor censitário como *proxy* da condição socioeconômica dos sujeitos, classificada a partir do percentil 90, em: pouco desigual ($\leq 5,2$), e muito desigual ($> 5,2$). A variável foi calculada por meio da divisão entre a proporção de indivíduos com renda menor do que um salário mínimo e com renda maior que cinco salários mínimos.

Para analisar a influência das estações do ano e dos grupos de causa sobre o risco de mortalidade por DC associado à alta exposição ao tráfego foram realizadas análises estratificadas.

Utilizaram-se duas variáveis categóricas: (1) estação seca (maio a outubro) e estação chuvosa (novembro a abril); (2) doenças hipertensivas, doenças isquêmicas do coração e doenças cerebrovasculares.

Para identificar agrupamentos espaciais de alto risco (*clusters*) para mortalidade por DC associado à alta exposição veicular, foi realizada uma análise puramente espacial, em que se utilizou o modelo de probabilidade de Bernoulli, sob o raio circular de 1.713,86 metros¹⁶ e considerando um *cluster* com até 50% da população sob risco. Os parâmetros utilizados neste exame foram: número de óbitos por setor censitário (ajustados por sexo, idade e razão de renda) e as coordenadas planas (Projeção UTM Fuso 21 Sul, unidades métricas) dos centroides dos setores censitários. Para cada *cluster* potencial, um teste da razão de verossimilhança foi aplicado para testar a hipótese nula de aleatoriedade espacial¹⁷. O valor p foi obtido mediante testes de Monte Carlo (999 iterações), a uma significância de 5%. Somente *clusters* estatisticamente significativos foram considerados.

As análises de regressão logística foram feitas utilizando o SPSS 20. Os testes estatísticos de varredura espacial foram executados no software SaTScan™ versão 9.3 (www.satscan.org). O cálculo das distâncias residenciais e a edição do mapa foram realizados no ArcGis 10. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Escola Nacional de Saúde Pública (CAAE 18634613.0.0000.5240.).

RESULTADOS

A população urbana total dos indivíduos com 45 a 85 anos de idade de Cuiabá e Várzea Grande foi de aproximadamente 492.040 habitantes, distribuída em 1.160 setores censitários, de acordo com o censo de 2010. Aproximadamente 48,02% dessa população, distribuída em 488 setores censitários, foram classificadas como residentes em áreas de alta exposição ao tráfego veicular, ou seja, até 150 metros de distância de uma via com grande fluxo de veículos.

Foram registrados 2.617 óbitos, entre 2009 e 2010, dos quais 50,17% ocorreram em áreas de grande fonte veicular. Entre os indivíduos residentes nessas áreas a maior proporção dos óbitos por DC ocorreram em idosos de 65 a 85 anos (65,65%), em indivíduos do sexo masculino (54,07%), no período de seca (53,62%) e em dias de trânsito intenso (74,49%) (Tabela 1).

No modelo logístico multivariado para todo o período, as variáveis residir em setores censitários com renda muito desigual, com OR = 1,78 (IC95% 1,36 – 2,33); dias de trânsito intenso, com OR = 1,20 (IC95% 1,01 – 1,43); e sexo feminino, com OR = 1,18 (IC95% 1,01 – 1,38) permaneceram independentemente associadas ao óbito por DC em áreas de alta exposição ao tráfego veicular. No modelo multivariado estratificado por estação do ano, o risco de mortalidade por DC nessas áreas aumenta cerca de 15% no período de seca para todas as variáveis (Tabela 2).

No modelo multivariado estratificado por grupo de causas, apenas a variável residir em setores censitários com renda muito desigual (OR = 2,03; IC95% 0,99 – 4,18) permaneceu como fator associado aos óbitos por doenças hipertensivas em áreas de alta exposição ao tráfego. Somente a variável dias de trânsito intenso (OR = 1,38; IC95% 0,99 – 1,92) permaneceu associada aos óbitos por doenças isquêmicas do coração nessas áreas (Tabela 3).

Foram identificados nove *clusters* de alto risco para mortalidade por DC relacionados à alta exposição ao tráfego. O maior risco relativo (RR) foi observado para o *cluster* 5 (RR = 2,04), enquanto o menor RR foi observado para o *cluster* 4 (RR = 1,58). O *cluster* primário (*cluster* 1), localizado no centro de Cuiabá, abrangeu 111 setores censitários e apresentou RR = 1,65 (Figura 1). Os *clusters* permaneceram os mesmos, antes e depois do ajuste, contudo, os *clusters* 8 e 9 só apresentaram significância estatística após os ajustes por idade, sexo e desigualdade de renda.

DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho corroboram vários estudos recentes^{5,7,18,19}, mostrando que a proximidade residencial de até 150 metros de uma via de grande fluxo de veículos aumenta o risco de mortalidade por DC. A proximidade residencial ao tráfego é uma medida de

Tabela 1. Características da população de estudo segundo classificação da exposição.

	Alta exposição ao tráfego veicular		Baixa exposição ao tráfego veicular	
	n	%	n	%
Idade (anos)				
45 a 64	451	34,35	495	37,96
65 a 85	862	65,65	809	62,04
Sexo				
Masculino	710	54,07	758	58,13
Feminino	603	45,93	546	41,87
Renda do setor censitário				
Pouco desigual	1145	87,2	1203	92,90
Muito desigual	158	12,0	92	7,10
Grupo de causa de mortalidade				
Doenças isquêmicas do coração	303	23,08	309	23,70
Doenças cerebrovasculares	251	19,12	244	18,71
Doenças hipertensivas	359	27,34	347	26,61
Outros diagnósticos	400	30,46	404	30,98
Período				
Chuva	609	46,38	629	48,24
Seca	704	53,62	675	51,76
Intensidade do trânsito				
Trânsito fraco	335	25,51	381	29,22
Trânsito intenso	978	74,49	923	70,78

Tabela 2. Modelo logístico multivariado dos fatores determinantes da mortalidade por doenças cardiovasculares em áreas de alta exposição à poluição proveniente do tráfego veicular para todo o período e estratificado por estação do ano.

	Todo o período			Chuva			Seca		
	OR	IC95%		OR	IC95%		OR	IC95%	
Renda do setor censitário									
Pouco desigual	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Muito desigual	1,78*	1,36	2,33	1,76*	1,22	2,53	1,86*	1,24	2,80
Intensidade do trânsito									
Trânsito fraco	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Trânsito intenso	1,20*	1,01	1,43	1,07	0,83	1,38	1,34*	1,05	1,70
Sexo									
Masculino	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Feminino	1,17*	1,01	1,37	1,03	0,82	1,30	1,30*	1,05	1,62
Idade (anos)									
45 a 64	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
65 a 85	1,14	0,97	1,33	1,06	0,84	1,34	1,20	0,96	1,50

OR: odds ratio; IC95%: intervalo de confiança de 95%; *valor $p \leq 0,05$.

Tabela 3. Modelo logístico multivariado estratificado por grupo de causas.

	Hipertensivas			Isquêmicas			Cerebrovasculares		
	OR	IC95%		OR	IC95%		OR	IC95%	
Renda do setor censitário									
Pouco desigual	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Muito desigual	2,03*	0,99	4,18	2,01	1,21	3,35	1,26	0,77	2,05
Intensidade do trânsito									
Trânsito fraco	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Trânsito intenso	1,18	0,79	1,76	1,38*	0,99	1,92	1,07	0,78	1,47
Sexo									
Masculino	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Feminino	1,10	0,77	1,57	1,08	0,79	1,48	1,22	0,92	1,61
Idade (anos)									
45 a 64	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
65 a 85	1,37	0,94	1,99	1,27	0,94	1,72	1,06	0,79	1,42

OR: odds ratio; IC95%: intervalo de confiança de 95%; *valor $p \leq 0,05$.

exposição indireta, utilizada como *proxy* da exposição aos poluentes atmosféricos provenientes do tráfego. E tem sido usada para caracterizar principalmente a exposição crônica a esses poluentes, dado que o local de residência pode estar relacionado a uma exposição contínua, o que tornaria os efeitos graduais sobre a saúde cumulativos ao longo da vida^{7,19}.

Diversos autores verificaram que a exposição crônica à poluição atmosférica proveniente do tráfego veicular aumenta a progressão e a instabilidade da aterosclerose por meio de processos inflamatórios, promovendo eventos isquêmicos adicionais^{4,5,18} que atuam tanto gerando a doença quanto exacerbando uma condição patológica existente^{4,6}. Os dados analisados neste estudo não permitiram precisar o tempo de residência do indivíduo no endereço fornecido e o local de ocorrência do óbito. Apesar disso, nossos achados mostram uma maior vulnerabilidade dos indivíduos que residiam próximo às vias de grande fluxo de veículos. As associações observadas, portanto, podem estar relacionadas à alta exposição aos diversos poluentes atmosféricos, uma vez que o tráfego veicular é uma das mais importantes fontes de poluição do ar em áreas urbanas^{18,20} e tem sido relatado como um importante fator de risco para DC em diversos estudos¹.

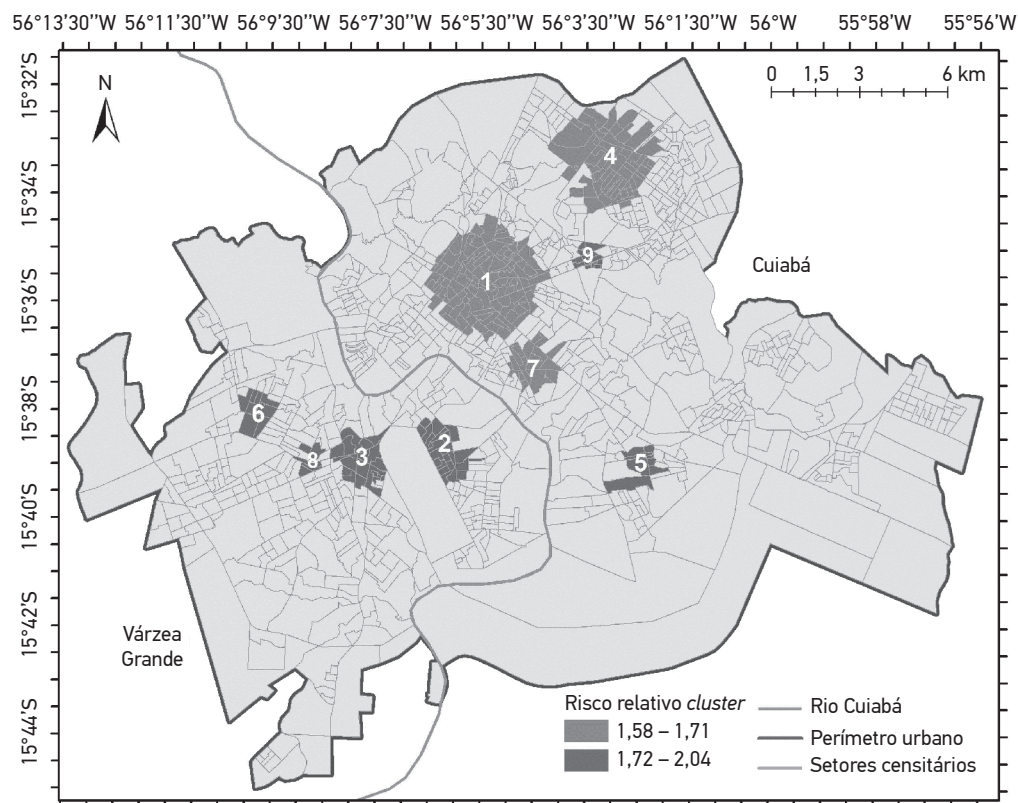


Figura 1. *Clusters* de alto risco para mortalidade por doenças cardiovasculares relacionados à alta exposição ao tráfego veicular ajustado por idade, sexo e razão de renda.

Residir em áreas com piores condições socioeconômicas esteve relacionado a 78% do risco de mortalidade por DC associado à alta exposição ao tráfego, e pode duplicar para portadores de doenças hipertensivas e isquêmicas. Vários autores têm observado que as pessoas com menor *status* socioeconômico tendem a residir nas proximidades das vias de grande fluxo veicular^{7,8}, principalmente porque essas são áreas mais desvalorizadas pelo mercado imobiliário²¹. Por outro lado, essa relação pode estar ligada à sobreposição de fatores de risco aos quais as pessoas com condições socioeconômicas precárias podem estar expostas. A desigualdade de renda está atrelada a diversas desvantagens sociais, como baixos níveis de escolaridade, domicílios precários, morbidades preexistentes, dificuldade de acesso aos serviços de saúde, bem como maior exposição aos mais variados riscos ambientais e ocupacionais^{22,23}. Alguns autores acreditam, ainda, que pessoas com poder aquisitivo mais baixo tendem a ter mais dificuldades para modificar comportamentos de risco, como parar de fumar, melhorar a dieta e aumentar a atividade física, o que pode elevar a propensão às doenças cardiovasculares^{21,24}.

O sexo feminino apresentou 17 a 30% de maior risco de mortalidade por DC relacionado à alta exposição ao tráfego. Apesar da relação entre gênero e poluição ainda mostrar-se contraditória na literatura, muitos estudos têm observado que as mulheres são mais suscetíveis aos efeitos da poluição do ar, particularmente adolescentes e pessoas idosas ou quando se utiliza a avaliação da exposição residencial²⁵. Aumento do risco para o sexo feminino também tem sido observado para a morbimortalidade por DC relacionada ao $PM_{2.5-10}$, O_3 , NO_x e SO_2 ^{9,11,26,27}. Essa associação pode estar relacionada aos mecanismos biológicos por meio dos quais a poluição do ar pode afetar homens e mulheres, como o tamanho das vias aéreas, fatores genéticos ou diferenças hormonais^{11,28}. Outra possibilidade está nas diferentes exposições e padrões de atividades aos quais homens e mulheres estariam relacionados, como tipo de atividades físicas, tempo ao ar livre, tempo gasto no trânsito, tipo de dieta, consumo de cigarros e bebidas alcoólicas, estresse, entre outros que estão diretamente ligados a fatores psicossociais e socioeconômicos^{25,27}.

Foi observado aumento de quase 15% do risco de mortalidade por DC associado à alta exposição ao tráfego no período de seca. Na mesma região do estudo alguns autores têm observado aumento da morbimortalidade no mesmo período, discutindo que esse avanço associa-se ao aumento dos poluentes atmosféricos relacionados à prevalência da queima de biomassa na região^{16,29-31}. A queima de lixo urbano, uma prática comum em Cuiabá e Várzea Grande, também pode contribuir para o aumento da concentração de poluentes atmosféricos, bem como sua toxicidade, pois apresentam maior proximidade do indivíduo além de apresentar grande mistura de componentes tóxicos (plástico, combustíveis, aparelhos eletrônicos)³². A variabilidade climática local também deve ser considerada, uma vez que parâmetros climáticos como a temperatura, a umidade e as estações do ano podem modificar os efeitos da poluição atmosférica relacionados à mortalidade por DC³³⁻³⁵.

A atividade do tráfego apresenta fortes padrões de distribuição diários, semanais e sazonais, por essa razão os dias da semana podem ser considerados uma medida indireta da concentração de poluentes. Dias de trânsito intenso apresentam um risco de 20 a 34% de mortalidade por DC associado à alta exposição ao tráfego, em nosso estudo, sugerindo que quanto maior a

concentração de poluentes atmosféricos, maior o risco de óbito por DC. Concentrações mais elevadas de poluentes provenientes do tráfego têm sido observadas, tipicamente, no início da manhã e no final da tarde (“hora do *rush*”) e, principalmente, durante os dias úteis (segunda a sexta-feira), nos quais o fluxo tradicional de trabalho ocorre. Por outro lado, finais de semana, feriados e meses de férias correlacionam-se com menores concentrações de poluentes atmosféricos^{36,37}. Em Cuiabá, maiores concentrações de PM₁₀ foram registrados de segunda a sexta-feira, tanto no período de chuva quanto no período de seca, e as concentrações semanais médias de PM₁₀ chegaram a 88 µg/m³, na seca, e não passaram de 33 µg/m³, na chuva³⁸.

Clusters de alto risco para mortalidade por DC associados à alta exposição ao tráfego foram identificados em áreas onde também estão localizadas as maiores concentrações de vias de grande fluxo de veículos. O ajuste por desigualdade de renda, idade e sexo não eliminou os aglomerados, sugerindo que os efeitos nocivos da poluição do ar proveniente do tráfego ocorrem independentemente desses fatores. Essas áreas mostram como ações prioritárias relacionadas à poluição do ar devem ser direcionadas e apontam como a utilização de técnicas de geoprocessamento e análise espacial são ferramentas úteis para informar políticas públicas e determinar as áreas que merecem intervenção específica.

Padilla et al.^{23,39} e Jerrett et al.^{40,41} têm utilizado técnicas de análise espacial para encontrar áreas prioritárias de intervenção e para testar a eficácia das medidas políticas tomadas, relacionadas aos efeitos da poluição atmosférica urbana, discutindo que a poluição do ar pode criar ou acentuar as desigualdades socioeconômicas relacionadas a várias doenças, incluindo câncer, asma e DC^{39,42}, por isso medidas de intervenção e mitigação em áreas de alto risco para os efeitos da poluição do ar devem ser tratadas como prioridade.

A principal limitação deste estudo está relacionada à medida de exposição aos poluentes atmosféricos provenientes do tráfego, resultante do georreferenciamento do endereço de residência. O fato do endereço ser uma variável autorreferida e a falta de padronização dos logradouros das cidades podem resultar em equívocos de classificação da exposição. Além disso, este estudo não considera a proximidade a mais de uma via, a quantidade e o tipo de veículo que circula nas principais vias, o tempo de atividade individual gasto na residência e/ou no trânsito, os ruídos do tráfego, as condições meteorológicas, o tempo de moradia no endereço fornecido, a topografia e/ou padrões de uso da terra, entre outros fatores que podem atuar como causa, confundimento ou interagir modificando as associações entre poluição atmosférica e mortalidade. De toda forma, os resultados devem ser considerados conservadores, uma vez que as limitações inerentes apontam para a subestimação dos riscos. Ressalta-se que este é um estudo com desenho epidemiológico transversal, de base ecológica, no qual não é possível estabelecer nexos de causalidade em nível individual.

CONCLUSÃO

Residir próximo a vias de grande fluxo de veículos está relacionado a um maior risco de mortalidade por DC em idosos nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande; e a estação

seca pode potencializar os efeitos dessa exposição. As históricas queimadas da Amazônia meridional não são a única fonte de poluição atmosférica na região. O tráfego veicular e a variabilidade climática podem contribuir de maneira significativa com os efeitos deletérios à saúde humana. Outros desenhos metodológicos poderão responder a respeito dos processos que interferem nas dinâmicas da situação de saúde relacionadas à poluição gerada pelo tráfego veicular na região, contudo, nossos resultados podem servir como base para análises futuras sobre o tema.

REFERÊNCIAS

1. Franchini M, Mannucci PM. Air pollution and cardiovascular disease. *Thrombosis Research*. 2012; 129(3): 230-4.
2. 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.
3. Health Effects Institute. Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. Boston, MA: HEI; 2010. (Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution; Special Report 17).
4. Chen H, Goldberg MS, Burnett RT, Jerrett M, Wheeler AJ, Villeneuve PJ. Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution and Cardiovascular Mortality. *Epidemiology*. 2013; 24(1): 35-43.
5. Gan WQ, Tamburic L, Davies HW, Demers PA, Koehoorn M, Brauer M. Changes in residential proximity to road traffic and the risk of death from coronary heart disease. *Epidemiology*. 2010; 21(5): 642-9.
6. Houston D, Li W, Wu J. Disparities in Exposure to Automobile and Truck Traffic and Vehicle Emissions Near the Los Angeles-Long Beach Port Complex. *Am J Public Health*. 2014; 104(1): 156-64.
7. Brender JD, Maantay JA, Chakraborty J. Residential proximity to environmental hazards and adverse health outcomes. *Am J Public Health*. 2011; 101(Suppl. 1): S37-52.
8. Chakraborty J. Automobiles, Air Toxics, and Adverse Health Risks: Environmental Inequities in Tampa Bay, Florida. *Ann Assoc Am Geographers*. 2009; 99(4): 674-97.
9. Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J. Individual-level modifiers of the effects of particulate matter on daily mortality. *Am J Epidemiol*. 2006; 163(9): 849-59.
10. Zanobetti A, Schwartz J. Race, gender, and social status as modifiers of the effects of PM10 on mortality. *J Occup Environ Med*. 2000; 42(5): 469-74.
11. Bell ML, Son J-Y, Peng RD, Wang Y, Dominici F. Ambient PM2.5 and Risk of Hospital Admissions: Do Risks Differ for Men and Women? *Epidemiology*. 2015; 26(4): 575-9.
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades: indicadores e dados populacionais [Internet]. 2010 [cited on 2013 May 6]. Available from: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=510340&search=mato-grosso|cuiaba>
13. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) [Internet]. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2013 [cited 2013 May 06]. Available from: http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf.
14. Hoffmann B, Moebus S, Stang A, Beck E-M, Dragano N, Mohlenkamp S, et al. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *Eur Heart J*. 2006; 27(22): 2696-702.
15. Santos AB, Pedrollo JM, Eds. Perfil Socioeconomico de Cuiabá [Internet]. Cuiabá: Central de Texto; 2010 [cited 2013 May 06]. v. 4. 400p. Available from: http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/perfil_socioeconomico_de_cuiaba_Vol_IV.pdf.
16. Rodrigues PCO, Santos ES, Ignotti E, Hacon SS. Space-Time Analysis to Identify Areas at Risk of Mortality from Cardiovascular Disease. *BioMed Research Int* [Internet]. 2015 [cited on 2015 Oct. 6];2015. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/841645/abs/>,
17. Jones SG, Kulldorff M. Influence of Spatial Resolution on Space-Time Disease Cluster Detection. *PLoS ONE*. 2012; 7(10): e48036.
18. Members WG, Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics – 2010 Update A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2010; 121(7): 948-54.
19. Chum A, O'Campo P. Cross-sectional associations between residential environmental exposures and cardiovascular diseases. *BMC Public Health* [Internet]. 2015 [cited on 2016 Jan. 26];15:438. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4438471/>.

20. Zhu Y, Hinds WC, Kim S, Sioutas C. Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. *J Air Waste Manag Assoc.* 2002; 52(9): 1032-42.
21. 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.
22. Cho C-M. The relationship between cardiovascular disease risk factors and gender. *Health.* 2012; 4(6): 309-15.
23. Padilla CM, Kihal-Talantikite W, Vieira VM, Rosselo P, LeNir 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.
24. Fiscella K, Tancredi D. Socioeconomic status and coronary heart disease risk prediction. *JAMA.* 2008; 300(22): 2666-8.
25. Clougherty JE. A Growing Role for Gender Analysis in Air Pollution Epidemiology. *Environ Health Perspect.* 2010; 118(2): 167-76.
26. Franklin M, Zeka A, Schwartz J. Association between PM_{2.5} and all-cause and specific-cause mortality in 27 US communities. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2007; 17(3): 279-87.
27. Kan H, London SJ, Chen G, Zhang Y, Song G, Zhao N, et al. Season, sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China: The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Study. *Environ Health Perspect.* 2008; 116(9): 1183-8.
28. Rossouw JE. Hormones, genetic factors, and gender differences in cardiovascular disease. *Cardiovasc Res.* 2002; 53(3): 550-7.
29. Nunes KVR, Ignotti E, Hacon S de S. Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM_{2.5} generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. *Cad Saúde Pública.* 2013; 29(3): 589-98.
30. Ignotti E, Valente JG, Longo KM, Freitas SR, Hacon S de S, Artaxo Netto P. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. *Rev Saúde Pública.* 2010; 44(1): 121-30.
31. Silva AMC da, Mattos IE, Freitas SR, Longo KM, Hacon SS. Particulate matter (PM_{2.5}) of biomass burning emissions and respiratory diseases in the south of the Brazilian Amazon. *Rev Bras Epidemiol.* 2010; 13(2): 337-51.
32. Silva FCP. Queimadas urbanas em Cuiabá-MT: origens e suas consequências socioambientais [Internet]. Cuiabá: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso; 2011 [cited on 2016 Jan. 30]. Available from: <http://docslide.com.br/documents/queimadas-urbanas-em-cuiaba-mt-origens-e-suas-consequencias-socioambientais.html>
33. Kioumourtzoglou M-A, Schwartz J, James P, Dominici F, Zanobetti A. PM_{2.5} and mortality in 207 US cities: Modification by temperature and city characteristics. *Epidemiology.* 2016; 27(2): 221-7.
34. Ravljen M, Bilban M, Kajfež-Bogataj L, Hovelja T, Vavpotič D. Influence of Daily Individual Meteorological Parameters on the Incidence of Acute Coronary Syndrome. *Int J Environ Res Public Health.* 2014; 11(11): 11616-26.
35. Qiu H, Yu IT, Wang X, Tian L, Tse LA, Wong TW. Cool and dry weather enhances the effects of air pollution on emergency IHD hospital admissions. *Int J Cardiology.* 2013; 168(1): 500-5.
36. Batterman S, Cook R, Justin T. Temporal variation of traffic on highways and the development of accurate temp-63.
37. Wang J, Mao Y, Li J, Xiong Z, Wang W-X. Predictability of Road Traffic and Congestion in Urban Areas. *PLoS One* [Internet]. 2015 [cited on 2016 Jan. 29];10(4):e0121825. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4388623/>
38. Marques R. A poluição atmosférica em Cuiabá-MT: a água da chuva, deposição seca e material particulado inalável [dissertação de mestrado]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso; 2006.
39. Padilla CM, Deguen S, Lalloue B, Blanchard O, Beaugard C, Troude F, et al. Cluster analysis of social and environment inequalities of infant mortality. A spatial study in small areas revealed by local disease mapping in France. *Sci Total Environ.* 2013; 454-5: 433-41.
40. 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.
41. Jerrett M, Burnett R, Brook J, Kanaroglou P, Giovis C, Finkelstein N, et al. Do socioeconomic characteristics modify the short term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. *J Epidemiol Community Health.* 2004; 58(1): 31-40.
42. 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.

Recebido em: 23/08/2016

Versão final apresentada em: 20/01/2017

Aprovado em: 13/02/2017