



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Instituto de Medicina Social

Ismael Henrique da Silveira

**Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município
do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2015

Ismael Henrique da Silveira

Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Orientador: Prof. Dr. Washington Leite Junger

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CB/C

S587 Silveira, Ismael Henrique da
Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares
no município do Rio de Janeiro / Ismael Henrique da Silveira. –
2015.
92 f.

Orientador: Washington Leite Junger.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Medicina Social.

1. Sistema cardiovascular – Doenças – Rio de Janeiro -
Teses. 2. Acidentes vasculares cerebrais – Prevenção - Teses. 3.
Arborização das cidades – Teses. I. Junger, Washington Leite.
II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de
Medicina Social. III. Título.

CDU 612.174:625.77

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Ismael Henrique da Silveira

Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.

Orientadores: Prof. Dr. Washington Leite Junger
Instituto de Medicina Social – UERJ

Banca Examinadora: _____

Prof. Dr. Guilherme Loureiro Werneck
Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof.^a Dra. Gulnar Azevedo e Silva
Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof.^a Dra. Enirtes Caetano Prates Melo
Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2015

AGRADECIMENTOS

Segue meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que tornaram não apenas possível, mas também mais prazerosa, minha experiência nesse mestrado.

Ao professor Washington, pela orientação. Agradeço pelas ideias iniciais que motivaram esse trabalho, por todo o suporte e os ensinamentos, indispensáveis à elaboração dessa dissertação.

À Secretaria Municipal de Saúde do município do Rio de Janeiro, em especial à Gerência Técnica de Dados Vitais, pela disponibilização dos dados utilizados nesse estudo.

Às/aos docentes da banca examinadora, pela disponibilidade em analisar este trabalho. Agradeço pela participação e pelas contribuições desde a qualificação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de pós-graduação, que apesar de longe do ideal foi fundamental para minha estadia nessa cidade.

Às/aos professoras/es do Instituto de Medicina Social, pela formação que hoje tenho. Quero agradecer não apenas àquelas/es com as/os quais tive aulas, mas também as/aos demais que de alguma forma vieram a somar.

Às demais pessoas que trabalham no instituto, por todo o suporte e cordialidade despendidos.

Às colegas Beatriz, Cynthia, Eliane, Livia e Patricia, do Núcleo de Pesquisas em Epidemiologia Ambiental, com as quais compartilhei tempo e espaços envolvidos nesse trabalho. Sou imensamente grato pelo carinho e atenção.

Às/aos demais colegas da epidemiologia, especialmente, Ryany e Danielle, pela amizade e pela companhia nesse mestrado.

Ao coletivo de estudantes e as/aos amigas/os conquistados nesse espaço. Por potencializar minha formação em saúde coletiva e por me fazer percebê-la como resistência.

As/aos queridas/os companheiras/os Marcella, Elder, Weder, Livia e Vanuza. Pela amizade, amabilidade, energia, atenção e cuidado.

À querida amiga Thalita, pela leitura e revisão deste texto.

Às demais amigas e amigos, pela cor e brilho na vida.

À minha família, em especial a minha mãe, Eliana, a minha avó, Maristela, e as queridas tias Cida e Joana, pelo apoio, amor e confiança.

É impossível esperar que uma sociedade como a nossa, radicalmente desigual e autoritária, baseada em relações de privilégio e arbitrariedade, possa produzir cidades que não tenham essas características.

Ermínia Maricato

RESUMO

SILVEIRA, Ismael Henrique da. *Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro*. 2015. 92f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Diversos estudos em epidemiologia têm investigado a influência do ambiente urbano na saúde da população. Os benefícios dos espaços verdes têm sido um dos aspectos estudados recentemente. Uma das principais vias apontadas é através da promoção da prática de atividades físicas. Outros benefícios incluem a melhoria das condições psicossociais e da qualidade do ar. Esses fatores, por sua vez, têm comprovada associação com a saúde cardiovascular. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é investigar a associação entre espaços verdes e mortalidade por doenças isquêmicas do coração (DIC) e doenças cerebrovasculares (DCBV) no município do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2012. Foi realizado um estudo do tipo ecológico, tendo os setores censitários como unidade de análise. Como variável desfecho foi calculada a razão de mortalidade padronizada (RMP) por sexo e idade, pelo método indireto. Como medidas de exposição às áreas verdes foram utilizadas a média e a variabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou NDVI (sigla em inglês) médio referente ao período de estudo, em *buffers* de 100 metros das bordas dos setores censitários. Os dados foram analisados por um modelo linear condicional autorregressivo, que considera também a estrutura de dependência espacial. Foram incluídas no modelo as covariáveis Índice de Desenvolvimento Social (IDS); densidade de vias de tráfego veicular, divididas entre vias coletoras e locais e vias estruturais primárias e secundárias, utilizadas como *proxy* de poluição em *buffers* de 100 metros dos setores; e o indicador de setores censitários litorâneos. Após o ajuste do modelo controlando os possíveis fatores de confusão, foi verificada a redução de 4,5% (CI95%: 7,3%, 1,6%) da mortalidade nas áreas com exposição referente ao intervalo interquartilico mais alto da média do NDVI; e de 3,4% (IC95%: 6,2%; 0,7%) nas áreas referentes ao intervalo interquartilico mais alto da variabilidade, ambos em comparação com o intervalo mais baixo. Esse resultado indica a associação inversa entre a exposição aos espaços verdes e a mortalidade por DIC e DCBV no município do Rio de Janeiro. Além disso, o aumento da mortalidade está associado a piores condições de vida e à poluição do ar.

Palavras-chave: Espaços verdes. Doenças cardiovasculares. Epidemiologia ambiental. Estudos ecológicos.

ABSTRACT

SILVEIRA, Ismael Henrique da. *Green spaces and cardiovascular disease mortality in Rio de Janeiro municipality*. 2015. 92f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Many studies in Epidemiology has investigated urban environment influency on people's health. Green areas' benefits has been one of the aspects studied recently. One of the main pointed out ways is the promotion of physical exercises practicing. Other benefits would include improvement of psychosocial conditions and air quality. These factors, on the other hand, have been associated with cardiovascular health. In that sense, this work aims to investigate the association between green areas and mortality from ischemic heart diseases and cerebrovascular diseases in Rio de Janeiro, from 2010 to 2012. An ecological study has been made, having census tracts as analysis unit. As the outcome variable, it was calculated the standardized mortality ratio per sex and age, using the indirect method. The exposure to green areas was measured through the mean and the variability of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) during the studied period, in a 100 m buffers around the census tract. Data were analysed using a Linear Conditional Autrorregressive Model, which considers also the spatial dependence structure. The model was adjusted considering the covariates: Social Development Index; vehicular traffic density, divided in collector and local roads and primary, secondary and structural ways, all used as pollution proxy; and census coastal sector's marker. Once the sample was adjusted controlling possible confusing factors, it was verified a 4.5% mortality reduction (IC95%: 7.3%, 1.6%) in areas where exposition reached the highest interquartile range on NDVI; and a 3.4% reduction (CI95%: 6.2%, 0.7%) in areas related to the highest interquartile range on variability, both in comparison with the lowest interquartile range. This result indicates an inverse association between exposure to green areas and mortality by ischemic heart diseases and cerebrovascular diseases in Rio de Janeiro. Furthermore, mortality increase is associated to worse living conditions and air pollution.

Keywords: Green space. Cardiovascular disease. Environmental epidemiology. Ecologic studies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Diagrama de representação do modelo teórico conceitual.....	28
Figura 2 –	Óbitos por DIC e DCBV ocorridos no município do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2012.....	42
Figura 3 –	Índice de vegetação (NDVI) médio do município do Rio de Janeiro, para o período de 2010 a 2012.....	43
Figura 4 –	Distribuição da RMP por setor censitário, no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.....	45
Figura 5 –	Distribuição dos quartos do Índice de Desenvolvimento Social (IDS), por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao ano de 2010.....	46
Figura 6 –	Distribuição geográfica dos quartos da média no NDVI, em <i>buffers</i> de 100 m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.....	46
Figura 7 –	Distribuição dos quartos da variabilidade do NDVI em <i>buffers</i> de 100m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.....	47
Figura 8 –	Diagrama de dispersão de Moran dos resíduos dos modelos com a exposição medida, respectivamente, através da média e da variabilidade do NDVI.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo.....	44
Tabela 2 – Resultados das regressões bivariadas entre o log da RMP e as variáveis explicativas para os setores censitários do município do Rio de Janeiro.....	49
Tabela 3 – Resultados do modelo gaussiano não espacial, segundo a medida de exposição, média e variabilidade do NDVI.....	50
Tabela 4 – Resultados dos modelos espaciais CAR, segundo as medidas de exposição média e variabilidade do NDVI.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
CAR	<i>Conditional Autorregressive</i>
CID-10	Classificação Internacional de Doenças – 10ª Revisão
DCBV	Doenças Cerebrovasculares
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DCV	Doenças Cardiovasculares
DIC	Doenças Isquêmicas do Coração
HDL-C	<i>High Density Lipoprotein Cholesterol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDS	Índice de Desenvolvimento Social
IMC	Índice de Massa Corporal
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO	12
1	REVISÃO DE LITERATURA	13
1.1	A investigação do contexto ambiental na epidemiologia	13
1.2	A exposição ambiental aos espaços verdes	14
1.2.1	<u>As influências dos espaços verdes na qualidade do ar</u>	15
1.3	Espaços verdes e doenças cardiovasculares	16
1.4	O quadro de morbimortalidade por doenças cardiovasculares	17
1.5	Fatores de risco para as doenças cardiovasculares	19
1.5.1	<u>Fatores de risco não modificáveis</u>	19
1.5.2	<u>Fatores de risco modificáveis</u>	21
1.5.3	<u>Fatores externos, ambientais e contextuais que influenciam as DCV</u>	24
1.6	Modelo teórico conceitual	27
2	JUSTIFICATIVA	29
3	OBJETIVO	30
4	METODOLOGIA	31
4.1	Desenho, população e período de estudo	31
4.2	Variável dependente: razão de mortalidade por DIC e DCBV	31
4.2.1	<u>Fonte de dados</u>	31
4.2.2	<u>Georreferenciamento dos óbitos</u>	32
4.2.3	<u>Razões de mortalidade padronizadas</u>	33
4.3	Variáveis independentes	33
4.3.1	<u>Indicador de exposição às áreas verdes</u>	33
4.3.2	<u>Poluição atmosférica</u>	35
4.3.3	<u>Variáveis demográficas e socioeconômicas</u>	36
4.3.4	<u>Acesso aos serviços de saúde</u>	38
4.3.5	<u>Setores censitários litorâneos</u>	38
4.4	Análise dos dados	39
4.4.1	<u>Modelo de regressão espacial</u>	40
4.5	Aspectos éticos	41
5	RESULTADOS	42

5.1	Análise descritiva	42
5.2	Análises estatísticas bivariadas	48
5.3	Análises estatísticas multivariadas	50
6	DISCUSSÃO	53
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – Script de Georreferenciamento.....	67
	APÊNDICE B – Espaços verdes e mortalidade por doença isquêmica e cerebrovascular no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2010 a 2012 (artigo científico).....	69

APRESENTAÇÃO

A urbanização e a transição epidemiológica, sobretudo nos países de média e baixa renda, têm revelado um cenário em que as doenças infecciosas e problemas nutricionais têm dado lugar ao maior acometimento por doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). A urbanização, embora tenha aspectos positivos, tem potencializado fatores de risco através de mudanças nos hábitos comportamentais e alimentares, como dieta, sedentarismo, alcoolismo, tabagismo e uso de drogas. Ademais, tem propiciado condições desfavoráveis à saúde, como o incremento da desigualdade social, da exposição à poluição (ambiental, sonora e visual), redução dos espaços verdes, precariedade dos serviços públicos e dos aspectos de moradia.

Diversos estudos no campo da epidemiologia ambiental têm se preocupado com a influência de aspectos do desenho urbano na saúde, sendo os espaços verdes apontados como promotores de benefícios. A maioria associa a disponibilidade desses espaços à prática de atividades físicas, a benefícios psicossociais, como o alívio do estresse e o aumento da interação e coesão social, e à melhoria da qualidade do ar. Esses fatores, por sua vez, estão relacionados à ocorrência das doenças cardiovasculares (DCV). Apesar dessa noção, poucos estudos focam na relação entre espaços verdes e DCV, não havendo, até então, nenhum estudo a respeito em uma cidade brasileira.

O objetivo desta dissertação é estudar a associação entre áreas verdes e a mortalidade por DCV e, especificamente, doenças isquêmicas do coração (DIC) e doenças cerebrovasculares (DCBV) no município do Rio de Janeiro, no período de 2010 a 2012. A hipótese deste estudo é que a disponibilidade de espaços verdes teria efeitos benéficos na saúde cardiovascular.

A sessão de introdução reúne as evidências que subjazem o modelo teórico conceitual deste estudo. O texto se inicia situando a pesquisa dentro do campo da epidemiologia ambiental e da exposição aos espaços verdes. Quanto aos aspectos relacionados ao desfecho, é descrita a situação epidemiológica das DCV, considerando sua importância e seu impacto, os principais fatores de risco e as evidências que levam a associação com os espaços verdes. A seguir, a justificativa apresenta sua importância em termos de saúde pública e, posteriormente, é listado o objetivo que o estudo pretende alcançar. A seção de metodologia descreve os dados e os métodos empregados em cada etapa. A sessão de resultados apresenta todos os resultados da investigação, para além daqueles incluídos no artigo que, por sua vez, consta no apêndice. É apresentada a seção de discussão e, por fim, são feitas as considerações finais.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A investigação do contexto ambiental na epidemiologia

No prefácio do livro “Environmental Epidemiology” (BAKER; NIEUWENHUIJSEN, 2008), os autores se referem à epidemiologia ambiental como o estudo das doenças e de seus determinantes ambientais, em nível populacional. Em geral, nesses tipos de estudo, o risco associado à exposição ambiental é geralmente pequeno, mas a população exposta, e então a carga de doença na população, é grande. De acordo com os autores, a recente e rápida expansão do campo segue com a tendência do aumento das preocupações por parte do público, de órgãos governamentais e da mídia sobre questões da saúde ambiental, sendo necessário um melhor entendimento dos efeitos dessas exposições na saúde.

Parte dessas recentes pesquisas tem se interessado no modo como as circunstâncias geográficas estão relacionadas à saúde da população residente em determinadas áreas (PEARCE, 2015). Galster apud Pearce (2015) sugere quatro mecanismos através dos quais o contexto ambiental afeta a saúde da população: a interação social, através de processos sociais coletivos e a coesão entre residentes; o ambiente, como os atributos físicos e exposições às substâncias tóxicas; geográficos, como questões relacionadas a fatores políticos e econômicos; e institucionais, como ações de pessoas ou forças externas que resultam na estigmatização local e na inequidade em investimentos públicos e privados.

Os estudos sobre a influência do ambiente urbano na saúde têm se preocupado com a distribuição espacial de aspectos ambientais positivos e negativos. Baseando-se nas teorias de justiça ambiental, tem-se sugerido que as populações socialmente desfavorecidas frequentemente apresentam maiores níveis de exposições insalubres e menores níveis de exposições saudáveis (PEARCE, 2015).

Quanto ao processo de urbanização, é importante considerar que este vem ocasionando mudanças comportamentais, sociais e ambientais que ora beneficiam, ora degradam as condições de vida e saúde da população. Para McMichael (2000), as principais vias pelas quais o ambiente urbano influencia a saúde são as transformações sociais que acompanham a urbanização e alteram o comportamento e o respectivo risco à saúde; o modo como o ambiente físico urbano coloca vários riscos à saúde, como exposições patogênicas; e os impactos ambientais de larga escala e em longo prazo.

Soma-se a essa circunstância o cenário no qual a proporção da população mundial vivendo atualmente em áreas urbanas é de 53% (UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2012), e cuja projeção é de que atinja 67% em 2050 (UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2011). Por conseguinte, a urbanização e os aspectos do meio ambiente urbano passam a ser importantes determinantes da saúde pública, influenciando a incidência de doenças crônicas, transmissíveis, problemas mentais e psicológicos. Destarte, faz-se necessário pensar o espaço urbano de modo a promover benefícios à saúde e a mitigar os impactos negativos causados pela urbanização.

1.2 A exposição ambiental aos espaços verdes

Seguindo a tendência observada no campo da epidemiologia ambiental, recentemente houve um aumento da produção científica sobre as relações entre espaços verdes e saúde. As evidências levantadas em duas revisões sistemáticas apontam para a associação entre a maior exposição aos espaços verdes, em termos de disponibilidade e/ou proximidade, e benefícios para a saúde física e mental (DI NARDO; SAULLE; LA TORRE, 2010; LEE; MAHESWARAN, 2011).

Lee e Maheswaran (2011) relatam achados que sustentam a ideia de que os espaços verdes têm o potencial de promover a prática de atividades físicas, disponibilizando espaços para corridas e caminhadas. A prática de atividades físicas, por sua vez, é apontada como o caminho provável para inúmeros outros benefícios. Na revisão de Kaczynski e Henderson (2007) foram relatadas associações entre a existência de parques e a prática de atividades físicas. Almanza et al. (2012), através de um estudo de intervenção *quasi* experimental, identificaram que crianças em fase de crescimento, experimentando exposição a espaços verdes de pelo menos 20 minutos diários, tiveram até 39% maior chance de desenvolver atividades físicas moderadas a vigorosas.

Outros efeitos da exposição aos espaços verdes na saúde física incluem a melhoria nos índices de massa corporal (IMC) e nos níveis glicêmicos, redução da morbimortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, da mortalidade geral e aumento da expectativa de vida entre idosos (DI NARDO; SAULLE; LA TORRE, 2010; LEE; MAHESWARAN, 2011).

Quanto aos desfechos psicossociais, Lee e Maheswaran (2011) e Morris (2003) relataram resultados de estudos que sugerem a associação entre a exposição aos espaços verdes e a redução de estresse, percepção de saúde melhor, aumento da qualidade de vida e bem-estar. Esses espaços também provêm um ponto de encontro e interação entre os usuários, favorecendo a manutenção dos laços sociais e o aumento da coesão social, reduzindo a sensação de isolamento.

Estudando a intensidade da relação entre áreas verdes e saúde nos Países Baixos através de um estudo de desenho transversal, com uma amostra representativa da população, Maas et al. (2006) encontraram associação positiva entre a percentagem de espaços verdes no ambiente em que as pessoas vivem com a percepção de saúde geral. Essa percepção foi melhor entre pessoas que vivem em locais menos urbanizados. De um modo geral, os benefícios contemplaram populações de todas as faixas etárias e níveis socioeconômicos, porém, os grupos de níveis socioeconômicos mais baixos e idosos que vivem em áreas urbanas foram os mais sensíveis a esses fatores ambientais.

1.2.1 As influências de espaços verdes na qualidade do ar

Dentre os inúmeros benefícios ambientais providos pelos espaços verdes estão listados a purificação do ar poluído, incluindo a fuligem e produtos químicos tóxicos, a estabilização da superfície do solo, a interceptação de escoamento superficial, a criação de barreiras sonoras, conforto visual e estético, proteção da biodiversidade urbana, preservação de recursos hídricos, amenização de mudanças climáticas e do clima (MORRIS, 2003). Sobre o papel de espaços verdes na poluição do ar e no clima de grandes cidades, foram identificados efeitos de parques e jardins urbanos sobre a temperatura, umidade, ventos, precipitação e na distribuição de poluição do ar (MAKHELOUF, 2009).

A localização e a estrutura da vegetação são importantes para o desempenho da purificação do ar. Em parques, até 85% da poluição do ar pode ser filtrada e, nas ruas arborizadas, essa proporção chega a 70%. A vegetação densa pode provocar turbulência, enquanto a cobertura fina pode estabelecer maior contato e filtrar o ar. Algumas estimativas apontam que um hectare de floresta mista poderia remover até 15 toneladas de partículas por

ano, enquanto uma floresta de coníferas poderia filtrar duas ou três vezes mais (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

A menor concentração de poluentes nos parques não é devido apenas a menor atividade humana e tráfego veicular, mas também devido à filtragem do ar, visto que a concentração de poluentes em áreas de parques é menor do que em áreas inabitadas e descobertas (MAKHELOUF, 2009). Por isso, as concentrações de poluentes tendem a aumentar com a distância aos espaços verdes.

1.3 Espaços verdes e doenças cardiovasculares

Ao passo que os espaços verdes contribuem na redução de fatores de risco para as DCV, alguns estudos vêm abordando a associação direta entre essas áreas e a morbimortalidade por DCV.

Em um estudo ecológico conduzido por Hu, Liebens e Rao (2008), em duas cidades da Flórida, EUA, foi verificado risco de mortalidade por DCVB em áreas de baixa renda, altos níveis de poluição do ar e baixo nível de exposição aos espaços verdes.

Mitchell e Popham (2008), por meio de um estudo ecológico, realizado na Inglaterra, verificaram que a associação entre baixa renda e mortalidade por todas as causas e por causas específicas, entre elas as DCV, diferiu significativamente conforme o estrato de exposição aos espaços verdes, sendo menor entre a população mais exposta. As razões de mortalidade por DCV entre o menor e o maior nível socioeconômico foram de 1,54 nos locais mais verdes e 2,19 nos locais menos verdes. Esse resultado sugere o potencial da exposição para a redução de iniquidades sociais em saúde.

Em um estudo transversal (PEREIRA et al., 2012), envolvendo uma amostra representativa da população de adultos de Perth, Austrália, investigou-se a associação entre áreas verdes e os desfechos autorrelato e internação por DIC e DCBV, considerando a qualidade do ar, características sociodemográficas, fatores biológicos e comportamentais. Foram observados efeitos protetores entre os níveis da variabilidade da vegetação e os ditos desfechos. Regiões com maior variabilidade na densidade de vegetação correspondem a locais onde coexistem altos e baixos níveis de vegetação, e a baixa variabilidade, espaços predominantemente verdes ou não verdes. Embora as associações tenham sido fracas, a

chance de hospitalização foi 37% mais baixa, e a chance de autorrelato de DIC e DCBV foi 16% mais baixa, entre adultos que vivem em regiões com maior variabilidade da vegetação, em comparação com os que vivem em locais de baixa variabilidade.

Richardson et al. (2013), por meio de um estudo de desenho transversal, envolvendo uma população de adultos da Nova Zelândia, investigaram o papel da atividade física na relação entre a exposição aos espaços verdes e diversos desfechos de saúde, entre eles as DCV. O risco de ocorrência de um evento cardiovascular foi reduzido em todas as áreas com disponibilidade de espaços verdes acima de 15%. A razão de chances foi significativa e igual a 0,80. Embora os níveis de atividade física tenham sido maiores nas áreas mais verdes, o ajuste por essa variável não foi capaz de explicar completamente a relação entre a exposição e o desfecho.

Um estudo de coorte (VILLENEUVE et al., 2012), que seguiu 575.000 adultos (acima de 35 anos) durante 22 anos, realizado em Ontário, Canadá, investigou as associações entre espaços verdes e mortalidade por todas as causas não acidentais, por DCV e doenças respiratórias. O aumento no intervalo interquartil da exposição aos espaços verdes foi associado à redução da mortalidade não acidental e por todos os desfechos analisados. Em três cidades, onde foi possível incluir a informação sobre a exposição ao poluente NO₂ e a distância às estradas, não houve mudança substancial na estimativa do risco relativo.

A relação entre os espaços verdes e a morbimortalidade por DCV é complexa e está ligada aos diversos fatores de risco que serão abordados nesse texto. Será ilustrado, ao final da sessão de introdução, um modelo teórico que subjaz a presente investigação.

1.4 O quadro de morbimortalidade por doenças cardiovasculares

As DCV estão compreendidas entre as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e, devido a sua magnitude, têm chamado atenção em termos de saúde pública. Como apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), do total de 57 milhões de mortes ocorridas em 2008 no mundo, as DCNT foram responsáveis por 36 milhões de mortes, sendo que 29 milhões, ou 80%, estão distribuídas entre países de média ou baixa renda (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a). Do total de mortes por DCNT, 17,3 milhões são por DCV, 7,6 milhões por câncer, 4,2 milhões por doença respiratória crônica e 1,3 milhões por diabetes.

Entre as DCV, 7,3 milhões foram causadas por DIC e 6,2 milhões por DCBV (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

A situação de saúde e o perfil de morbimortalidade da população mundial têm se transformado em conformidade com o desenvolvimento econômico e as mudanças da organização social. O avanço no desenvolvimento, especialmente da industrialização e urbanização, a modernização e o envelhecimento da população têm sido marcados por uma mudança em que as doenças infecciosas e deficiências nutricionais têm dado lugar a predominância das DCNT (YUSUF et al., 2001).

Conforme os dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), no Brasil, em 2011, do total de 1.170.498 óbitos registrados, as DCV foram a causa mais frequente, responsáveis por 335.213 ou 29% das mortes. Dentre as mortes por DCV, 103.486 foram ocasionadas por DIC e 100.751 por DCBV. As DCV são a segunda causa mais frequente de morte na faixa de 20 a 59 anos de idade, atrás apenas das causas externas, e a primeira causa mais frequente na faixa acima dos 60 anos de idade.

Recentes estudos de séries temporais vêm mostrando tendência de queda na taxa de mortalidade por DCNT e DCV quando padronizadas por idade, corrigidas para sub-registro de óbitos e com redistribuição das causas mal definidas, no Brasil (CESSE et al., 2009; DUNCAN et al., 2011; MANSUR; FAVARATO, 2012; SCHMIDT et al., 2011; SOARES et al., 2010) e no mundo (ARAÚJO et al., 2013; ROGER et al., 2011; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b; YUSUF et al., 2001). Além da transição no perfil epidemiológico da população, essas mudanças são atribuídas aos avanços nos diagnósticos e tratamentos. No Brasil, esse declínio é percebido a partir das décadas de 80 e 90, variando conforme as unidades da federação e sexo. Entre 1991 e 2010, por exemplo, a taxa de mortalidade por DCV apresentou declínio de 46%, de 388 para 210 óbitos por 100.000 habitantes (DUNCAN; STEVENS; SCHMIDT, 2012).

Apesar do declínio na década, as taxas se mantêm elevadas, sobretudo se comparadas às de países de alta renda e com os vizinhos da América Latina, consequência atribuída às altas prevalências e ao controle ineficiente dos fatores de risco para as DCV (ARAÚJO et al., 2013; AVEZUM et al., 2009). Além disso, embora tenha havido queda na taxa, o número de óbitos causados por DCV aumentou (DUNCAN; STEVENS; SCHMIDT, 2012).

O impacto econômico da carga das DCV, tal como das demais DCNT, é consequência dos custos dos tratamentos de doentes e das perdas de produtividade econômica, onerando tanto as famílias quanto os sistemas de saúde. Para o Brasil, foi estimada perda de rendimento

de aproximadamente US\$ 4,18 milhões entre os anos de 2006 e 2015, considerando apenas as mortes por DCBV, DIC e diabetes (ABEGUNDE et al., 2007).

A gravidade da carga dessas doenças, no Brasil e nos demais países em desenvolvimento, tem motivado esforços por parte de entidades nacionais e internacionais, na prevenção e redução dos fatores de risco cardiovasculares (ABEGUNDE et al., 2007; SCHMIDT et al., 2011).

1.5 Fatores de risco para as doenças cardiovasculares

A aterosclerose é o processo fisiológico que leva a ocorrência das DCV, em especial as DIC e as DCBV; pode ter início em fases prematuras da vida e se desenvolver por anos. Sua progressão se dá devido ao acúmulo de material graxo e colesterol nas paredes das veias e artérias. O acúmulo de placas causa o estreitamento do lúmen dificultando o fluxo sanguíneo, formando coágulos que levam ao acidente vascular cardíaco e cerebral (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

O desenvolvimento da aterosclerose é resultado de uma multiplicidade de fatores e mecanismos que levam à doença. Mais de 300 fatores de risco têm sido relacionados às DCV, embora alguns fatores, mais reconhecidos e destacados, sejam capazes de explicar a amplitude de sua epidemiologia e da carga global (PRASAD et al., 2010). Neste texto serão descritos os principais fatores de risco que subjazem o modelo teórico deste estudo, organizados entre fatores não modificáveis e modificáveis. Além disso, serão abordados os determinantes externos e contextuais promotores de tais desfechos.

1.5.1 Fatores de risco não modificáveis

Os fatores de risco considerados não modificáveis estão associados ao perfil de cada sujeito como idade, sexo e gênero, e a predisposição genética, relacionada à etnia e ao histórico familiar (SANTOS et al., 2011; TRAN; ZIMMERMAN, 2014; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

As mudanças na composição etária da população vêm aumentando a proporção de pessoas nas faixas mais elevadas. A população com idade mais avançada possui maior acúmulo de exposição aos fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (PRASAD et al., 2010; SANTOS et al., 2011; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b). Além disso, o envelhecimento provoca alterações morfológicas e funcionais nas paredes das artérias (SANTOS et al., 2011).

O gênero é um fator de risco na medida em que hábitos e normas comportamentais são culturalmente atribuídos aos gêneros masculino e feminino. Como apontado pela OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b), a depender do contexto cultural, essas normas de gênero levam as mulheres a terem menos acesso a recursos protetores, como a prática esportiva. Por outro lado, podem apresentar menores prevalências de outros fatores de risco, como o tabagismo e o alcoolismo. Além disso, chama a atenção para a possibilidade de subestimativa da prevalência e a baixa eficiência do diagnóstico entre as mulheres. Nesse mesmo sentido, as mulheres podem não se beneficiar igualmente das estratégias preventivas, havendo ineficiência no rastreio dos fatores de risco no grupo (VILLABLANCA; JAYACHANDRAN; BANKA, 2010).

De acordo com Crandall e Barrett-Connor (2013) e Villablanca *et al.* (2010), o fato do acometimento por DCV entre pessoas do sexo feminino se dar em média 10 anos após, comparado ao sexo masculino, está relacionado às mudanças da produção de estrogênio. Sustentando essa hipótese, há evidências de que o aparecimento ou agravamento dos fatores de risco aterosclerótico e cardiovascular entre pessoas do sexo feminino está associado à menopausa. Os hormônios sexuais são determinantes críticos do risco cardiovascular, atribuíveis primariamente, mas não exclusivamente, às diferenças no nível de estrogênio (VILLABLANCA; JAYACHANDRAN; BANKA, 2010).

Na revisão de literatura realizada por Tran e Zimmerman (2014), a maior prevalência de DCV foi verificada entre homens, que geralmente são acometidos com maior antecedência em relação às mulheres. Também foi relatada a maior prevalência de fatores de risco metabólicos, precursores das DCV, entre pessoas do sexo masculino.

Segundo Kelishadi e Poursafa (2014), está bem documentada a evidência de que alguns indivíduos estão mais sujeitos às DCV devido a variações genéticas. A predisposição genética contribui para aumento do desenvolvimento de DCV e dos seus precursores, como hipertensão, dislipidemia e diabetes. Tais variações podem estar relacionadas à etnia e ao histórico familiar.

De acordo com Kelishadi e Poursafa (2014), a disparidade étnica em relação ao acometimento das DCV e dos fatores de risco metabólicos foi verificada em diversos estudos. Em determinados grupos étnicos, como os sul-asiáticos, foram observadas maior adiposidade, circunferência da cintura, nível de triglicérides no sangue e dislipidemia, atribuídas às diferenças no metabolismo combinadas com estilos de vida. Em outra revisão de literatura (KURIAN; CARDARELLI, 2007) sobre as disparidades étnicas e raciais quanto aos fatores de riscos para as DCV no contexto norte-americano, a prevalência de hipertensão, diabetes e obesidade foi maior entre as minorias étnicas, como negros, mexicanos e indígenas. Em um estudo (RYDER et al., 2007) sobre o perfil do risco cardiovascular entre hispânicos negros e mestiços na Venezuela, foram identificados maiores riscos de hipertensão, hiperglicemia e baixo HDL-C (*High Density Lipoprotein Cholesterol*) entre a população negra.

O histórico familiar tem sido associado à ocorrência das DCV mesmo após o ajuste pelos fatores de risco tradicionais. Foram relatados resultados que indicam a maior prevalência de marcadores de aterosclerose e fatores de risco entre crianças de pais portadores de DCV (KELISHADI; POURSAFA, 2014).

1.5.2 Fatores de risco modificáveis

Dentre os fatores de riscos modificáveis estão incluídos os hábitos e comportamentos, como o tabagismo, o uso prejudicial de álcool, dieta inadequada e a inatividade física, além das condições psicossociais e dos aspectos da vida intrauterina. Esses repercutem nos fatores de risco metabólicos como hipertensão, sobrepeso e obesidade, diabetes e dislipidemia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007, 2011b).

O tabagismo é amplamente referenciado na literatura como um dos principais responsáveis pelo acometimento das DCV em fases recentes da vida, visto que o hábito tende a se iniciar na adolescência (KELISHADI; POURSAFA, 2014). Trata-se de um dos mais importantes problemas sociais e de saúde no mundo, sendo a segunda maior causa de morte. Sua prevalência é estimada em 47,5% entre os homens e 10,3% entre as mulheres. Mas ao passo que o hábito está diminuindo entre os homens, entre pessoas jovens e mulheres ele tem aumentado (PRASAD et al., 2009).

Os mecanismos pelos quais o tabagismo causa as DCV são múltiplos e agem em sinergia. Esses mecanismos acometem tanto fumantes ativos como passivos. A exposição

ambiental ao tabaco aumenta em até 20 a 30% a chance de DIC, além de propiciar o surgimento de outros fatores de risco precursores. Incluem a trombose, disfunção endotelial, aterosclerose e efeitos hemodinâmicos. Adicionalmente, o hábito pode causar a resistência à insulina, fator intermediário para diabetes e DCV. No caso específico da aterosclerose, envolvem os danos endoteliais diretos, proliferação da musculatura lisa nas lesões ateroscleróticas, redução da vasodilatação, redução dos níveis de HDL-C, desencadeamento de dislipidemia e processos inflamatórios (PRASAD et al., 2009).

O tabagismo, por sua vez, é resultado da interação de inúmeros determinantes (PRASAD et al., 2009), que correspondem a fatores fisiológicos (dependência de nicotina), características pessoais (demográficas, personalidade, educação e informação), ambientais (sociais, culturais, econômicas e políticas) e outros hábitos simultâneos (consumo de álcool e café, por exemplo).

O uso abusivo de álcool também tem sido elencado como um importante fator de risco para as DCV e outras DCNT, embora a relação entre o uso de álcool e a ocorrência de DCV dependa do nível e do padrão de consumo. Há relação direta entre o consumo abusivo de álcool e o risco cardiovascular (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b). Por outro lado, o uso moderado está associado à redução de diversos desfechos cardiovasculares. A confirmação dos benefícios do uso moderado de álcool pode ser observada na meta-análise realizada por Ronksley et al. (2011). Já o uso abusivo tem sido responsável pelo aumento do risco cardiovascular, de riscos precursores, como hipertensão, obesidade, hipertrigliceridemia, problemas depressivos, além de muitos outros desfechos de saúde e da mortalidade geral (CHIVA-BLANCH et al., 2013).

De acordo com a OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b), estima-se que aproximadamente 2,8% das mortes ocorridas em todo mundo são atribuídas à dieta inadequada e ao estado nutricional. O alto consumo de gorduras saturadas, gorduras trans¹, colesterol, sal e a baixa ingestão de frutas, vegetais e peixes está ligado à ocorrência das DCV. O total de sal consumido é um importante determinante da pressão arterial. O consumo adequado de frutas, vegetais e peixes contribuem na redução do risco. O frequente consumo de alimentos com alta densidade energética, como alimentos processados, ricos em gorduras e açúcares influenciam o peso corporal, o nível sérico e de açúcares no sangue.

¹ Gorduras ou ácidos graxos Trans são encontrados naturalmente, em quantidades insignificantes, em alimentos como carnes e leite. Sua produção pode ocorrer artificialmente por meio da hidrogenação parcial de óleos vegetais, com o objetivo de conferir consistência a essas gorduras. Estão presentes em diversos produtos industrializados como, por exemplo, biscoitos, sorvetes, tortas, produtos panificados, etc. Relacionam-se com o risco cardiovascular, especialmente por favorecer a elevação da colesterolemia e a redução da concentração de HDL-c (SANTOS et al., 2013).

De acordo com Mente et al. (2009) a redução do risco cardiovascular foi associada ao aumento nos níveis do consumo de betacaroteno, fibras, peixes, folato total, frutas, ômega três, ácidos graxos monoinsaturados, castanhas, vegetais, vitaminas C e E, grãos integrais e no padrão de dietas de alta qualidade, além do consumo adequado de álcool. O aumento do risco foi maior conforme o aumento no consumo de ácidos graxos trans e alimentos com maiores índices glicêmicos.

O padrão nutricional desde o pré-natal, seguindo o pós-natal, a amamentação, a infância e a adolescência, também determina o risco cardiovascular. Por esse caminho, tem sido demonstrado que os riscos podem estar presentes desde as fases iniciais da vida, sendo enfatizada a importância da prevenção do desenvolvimento de tais fatores, mediante o consumo adequado dos macronutrientes (lipídios, proteínas e carboidratos) durante as fases de desenvolvimento (GUARDAMAGNA et al., 2012).

Os aspectos da vida intrauterina estão associados à susceptibilidade ao desenvolvimento tardio de hipertensão, diabetes, dislipidemia, obesidade, DCV, dentre outras doenças crônicas. Durante o crescimento pré-natal, o feto se adapta ao suprimento nutricional ocasionando transformações na estrutura corporal e no metabolismo, aumentando a propensão ao desenvolvimento dos referidos desfechos na fase adulta (GUARDAMAGNA et al., 2012; OSMOND; BARKER, 2000). Dentre esses aspectos da vida intrauterina, são fatores de risco para o desenvolvimento das DCV o peso ao nascer, tanto o baixo peso quanto o sobrepeso, e características da genitora, como sobrepeso ou obesidade, diabetes, tabagismo e a dieta durante a gestação (KELISHADI; POURSAFA, 2014). Neste texto é considerado como um fator de risco modificável já que, do ponto de vista da saúde coletiva, é passível de intervenção durante a gestação.

A inatividade física também é um dos principais fatores de risco para a mortalidade em todo o mundo. O nível de inatividade está crescendo em diversos países, acumulando implicações para a saúde geral, através do impacto na prevalência de DCV e outras DCNT, e de precursores como diabetes, hipertensão e sobrepeso (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Como apontado por Li et al. (2013), a prática de atividades físicas em níveis moderado e alto está associada à redução de risco de DCV. Além disso, na meta-análise realizada pelos autores, essa redução foi significativa com relação à atividade física por lazer. Em relação aos níveis de atividade física ocupacional, o risco combinado não foi significativo, embora tenha sido indicado o aumento, ao invés da redução.

A atividade física tem sido amplamente estudada devido ao seu reconhecido impacto sobre a síndrome metabólica, a sensibilidade à insulina, o risco de DCV, a mortalidade por todas as causas, dentre outros desfechos. Possui o potencial de reduzir os fatores de risco cardiovascular, incluindo o nível sérico de colesterol, marcadores inflamatórios, trombose, calcificação nas artérias coronarianas e engrossamento da camada média da parede arterial (AHMED et al., 2012).

Assim, a participação em atividades físicas regulares reduz o risco de DCV, diabetes, hipertensão, depressão e outras DCNT. Além de ser um forte determinante do gasto de energia, fundamental para o balanço energético e o controle de peso (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Em relação aos fatores de risco psicossociais, Rozanski et al. (1999) enfatizam os domínios: depressão, ansiedade, características da personalidade, isolamento social e estresse crônico. Os mecanismos por trás da associação desses fatores com as DCV podem ser divididos em patofisiológicos e comportamentais. Os patofisiológicos implicam diretamente no desenvolvimento da aterosclerose, enquanto os comportamentais dizem respeito à influência do estado psicológico favorecendo a prática de hábitos adversos, por exemplo, o tabagismo, o alcoolismo e a dieta inadequada. Os autores chamam atenção para evidências em modelos animais de que o estresse crônico levaria a exacerbação da aterosclerose por meio de um mecanismo que envolve a ativação excessiva do sistema nervoso simpático, podendo causar disfunção endotelial e até necrose. Entre pacientes portadores de doenças coronarianas, o estresse agudo pode causar a vasoconstrição coronária.

1.5.3 Fatores externos, ambientais e contextuais que influenciam as DCV

Outros fatores externos, modificáveis, incluem os determinantes sociais e a situação socioeconômica, a poluição atmosférica e as mudanças climáticas globais. Além de questões contextuais, como a globalização e a urbanização.

De acordo com a OMS (2011b), os determinantes sociais, como a distribuição de renda e o nível educacional, influenciam a saúde cardiovascular e geral. Esses determinantes moldam um conjunto de posições socioeconômicas segundo hierarquias de poder, prestígio e acesso aos recursos. A discriminação socioeconômica de indivíduos é resultado das estruturas de governança, sistemas de ensino, mercado de trabalho e políticas públicas que visam o bem-

estar e a redistribuição de renda. Tal estratificação condiciona a saúde do indivíduo, impactando os fatores de risco cardiovascular comportamentais e metabólicos.

A influência da situação socioeconômica se estende a um amplo espectro de outras questões, como acesso aos serviços de cuidado à saúde, aspectos ocupacionais, qualidade e localização da habitação, estresse e fatores psicossociais, propensão aos fatores de risco comportamentais, como inatividade física, alimentação inadequada, tabagismo e alcoolismo. O acréscimo da morbimortalidade por DCV em piores cenários socioeconômicos tem sido destacado em diversos trabalhos (ISHITANI et al., 2006; SANTOS et al., 2011; YUSUF et al., 2001).

O estudo de Ishitani et al. (2006) mostrou a relação entre indicadores socioeconômicos e a mortalidade por DCV em municípios brasileiros. A taxa de mortalidade por DCV foi inversamente associada aos indicadores renda e escolaridade e diretamente associada aos indicadores de precariedade da moradia e pobreza. Em outro estudo realizado no Brasil (PIEGAS et al., 2003), foi identificada associação inversa entre o nível educacional e a renda familiar com o risco de infarto agudo do miocárdio.

Em um artigo de revisão, Diez Roux (2003) relata estudos que documentaram a associação entre as características socioeconômicas da vizinhança, obtidas de informações censitárias, e o risco cardiovascular. As evidências indicam que locais socioeconomicamente desfavorecidos estariam relacionados a maior prevalência, incidência e mortalidade por DIC. Essas associações persistiram mesmo após o controle por características individuais de renda, educação e ocupação. Além disso, as características socioeconômicas da vizinhança foram associadas à prevalência de fatores de risco, incluindo o tabagismo, a dieta, a pressão sanguínea arterial, o nível de colesterol e o índice de massa corporal.

A exposição à poluição do ar também é um problema mundial, relacionado à morbimortalidade por DCV, evidenciado na literatura científica. A poluição do ar é composta geralmente por uma mistura de material particulado e gases, como monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), etc. Os gases poluentes e as substâncias tóxicas podem alcançar a corrente sanguínea após a inalação, provocando inúmeros problemas cardíacos (UZOIGWE et al., 2013).

Conforme relatado na revisão de Franchini e Mannucci (2012), estudos epidemiológicos têm verificado a associação entre o aumento na concentração de poluentes atmosféricos e a morbimortalidade por eventos isquêmicos, como a frequência de hospitalizações, a piora de casos prevalentes de DCV, insuficiência cardíaca e arritmias. Embora ainda não estejam definidos todos os mecanismos biológicos, há indícios de que a

inalação de material particulado causa hipercoagulação, ativação e sensibilização das plaquetas, inflamação sistêmica e estresse oxidativo, ocasionando lesões vasculares. Tais desfechos têm sido associados a exposições de curto e longo prazo.

O material particulado tem se destacado como um dos principais causadores de efeito de curto e longo prazo (POPE et al., 2004; RÜCKERL et al., 2011). Outros estudos sobre a associação entre aumento da ocorrência e da mortalidade por DIC e DCBV relacionado à exposição a poluição do ar, encontraram taxas mais elevadas entre a população que vive próximo às vias com intenso tráfego veicular (HOFFMANN et al., 2006; KAN et al., 2008; MAHESWARAN; ELLIOTT, 2003; MEDINA-RAMÓN et al., 2008).

Em relação às mudanças climáticas, os efeitos cardiovasculares estariam relacionados aos impactos do aquecimento global nas condições de vida e saúde, nos desfechos da gestação e na concentração de poluentes atmosféricos (KELISHADI; POURSAFA, 2014). As ondas de calor podem impactar as condições intrauterinas, influenciando o peso ao nascer e a ocorrência de pré-eclâmpsia que, por sua vez, determinam fatores de risco cardiovascular. Já as mudanças na concentração e no transporte de poluentes estão relacionadas aos referidos efeitos da poluição e, novamente, aos desfechos da gestação.

Os determinantes contextuais, como a urbanização e a globalização, embora por um lado tenham trazidos inúmeros benefícios, por outro têm promovido a decadência das condições de saúde da população. Os resultados de transformações globais, como as demográficas, acompanhadas pela urbanização e a globalização, têm favorecido e promovido a prevalência de fatores de risco cardiovascular e a subsequente doença. O *marketing* irresponsável, apoiado por corporações multinacionais de alimentos, tem como alvos principais crianças e adolescentes, incentivando o consumo de alimentos não saudáveis com altos níveis de energia, gordura e sal. A globalização financeira e econômica também tem influência sobre o comércio, a renda nacional, o desempenho econômico do país e a renda familiar. A renda nacional interfere nos recursos públicos destinados aos cuidados à saúde, à prevenção e ao controle de diversas doenças (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

A urbanização condiciona mudanças no estilo de vidas das pessoas, sobretudo àquelas habitantes dos grandes centros urbanos. O crescimento da população urbana, as transformações do ambiente como a redução de áreas verdes, o saneamento inadequado, a queda na qualidade do ar, o aumento de níveis de desigualdade social e a precariedade de serviços públicos ocasionam um cenário desfavorável à qualidade de vida e às condições de saúde (MCMICHAEL, 2000; VLAHOV; GALEA, 2002).

1.6 Modelo teórico conceitual

Este estudo tem por hipótese que a exposição aos espaços verdes seria um fator de proteção à saúde, estando associada à redução das taxas de mortalidade por DIC e DCBV. As evidências que subjazem essa hipótese estão descritas na seção de introdução.

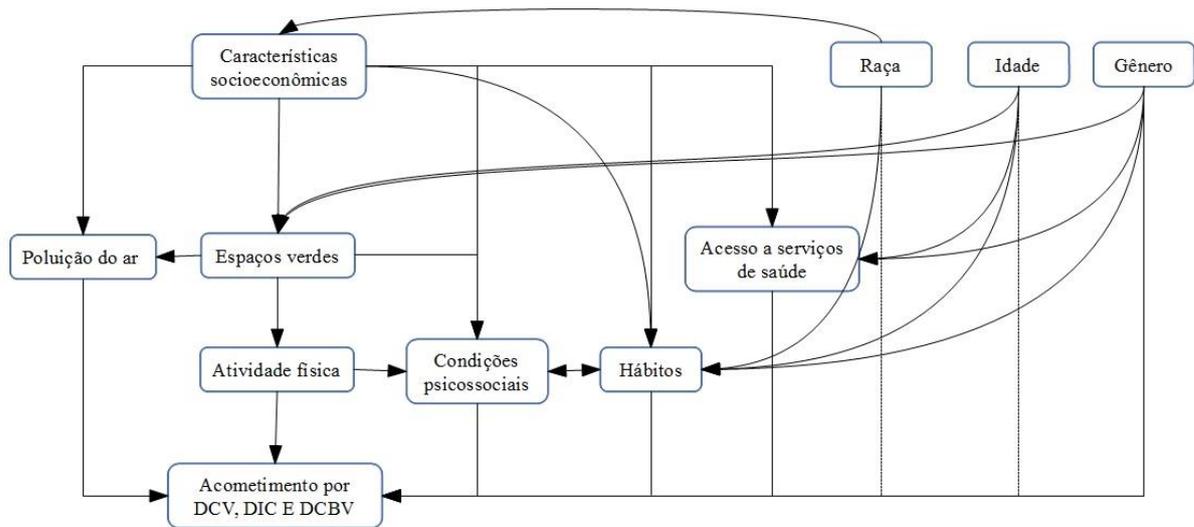
Foi elaborado um modelo teórico conceitual sobre a relação entre os espaços verdes e os desfechos cardiovasculares, com base em uma estrutura que representa as relações entre os determinantes. É importante destacar que tais desfechos são resultados da complexa interação de uma multiplicidade de fatores, o que torna impraticável a representação real considerando todos os mecanismos e fatores envolvidos.

Nesse sentido, o modelo que aqui é mostrado é bastante simplificado, considerando apenas algumas dimensões até então investigadas e importantes na relação entre os espaços verdes e a saúde cardiovascular. Também vale mencionar que, como será realizado um estudo de associação, por meio de um desenho ecológico, não será possível a operacionalização exata de todas as dimensões envolvidas, servindo esse modelo como base para a orientação da investigação pretendida.

Conforme as evidências documentadas, os benefícios dos espaços verdes na saúde cardiovascular operariam mediante a redução da poluição atmosférica, da redução da inatividade física e da melhoria dos fatores psicossociais. Essas seriam variáveis mediadoras da relação. Outras dimensões estão relacionadas aos possíveis confundidores como é o caso da situação socioeconômica, das características demográficas (idade, sexo e raça), hábitos e comportamentos e o acesso aos serviços de saúde.

A Figura 1, a seguir, exhibe o fluxograma referente ao modelo teórico conceitual.

Figura 1- Diagrama de representação do modelo teórico conceitual.



O modelo representado no fluxograma mostra a relação entre a exposição (áreas verdes) e o desfecho (DCV, DIC e DCBV), além de variáveis mediadoras e potenciais confundidoras, como hábitos, raça, idade, gênero e o acesso aos serviços de saúde.

2 JUSTIFICATIVA

Esta dissertação se enquadra em uma série de estudos em epidemiologia ambiental que investigam os impactos da urbanização na saúde da população das grandes cidades. Uma das dimensões dessas linhas, com a qual se relaciona, é a investigação dos efeitos da poluição do ar e do espaço urbano na saúde pública.

Os benefícios que os espaços verdes trazem para a saúde são especialmente explorados na questão do estímulo à prática de atividades físicas, além de fatores psicossociais e da melhoria da qualidade do ar. Esses fatores, por sua vez, estão relacionados ao risco de doenças cardiovasculares. Porém, são poucos os estudos sobre a associação entre espaços verdes e DCV.

Esse estudo tem importância, portanto, diante da carga representada pela morbimortalidade por DCV, dos poucos estudos que exploram tal associação e por se tratar de um recorte para a cidade do Rio de Janeiro, segunda maior do Brasil onde, até então, não foram encontrados quaisquer estudos semelhantes. Ademais, estudar questões relativas ao impacto do espaço urbano na saúde oferece subsídios para decisões de planejamento urbano, visando a melhoria das condições de saúde da população. Por serem medidas complexas e demandarem altos investimentos, é importante disponibilizar evidências para sua motivação.

3 OBJETIVO

Estudar a associação entre espaços verdes e a mortalidade por DIC e DCBV no município do Rio de Janeiro, no período entre os anos de 2010 e 2012.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho, população e período de estudo

Foi realizado um estudo do tipo ecológico tendo como unidade de análise os setores censitários do município do Rio de Janeiro. O período de estudo compreendeu os anos de 2010 a 2012.

De acordo com o IBGE, a população do município do Rio de Janeiro, estimada pelo Censo de 2010, era de 6.320.446 habitantes. A área de sua unidade territorial foi estimada em 1.200,278 km², e a densidade demográfica em 5.265,82 habitantes por km². Formam o município o total de 10.504 setores censitários, incluindo aqueles com e sem informações.

O setor censitário é definido como “a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional” (IBGE, 2011). Foram excluídos da análise os setores censitários sem informações e aqueles classificados como embarcações, aldeias indígenas, penitenciárias, asilos, orfanatos, conventos, hospitais ou projetos de assentamentos rurais.

4.2 Variável dependente: razão de mortalidade por DIC e DCBV

4.2.1 Fonte de dados

Os dados de mortalidade foram obtidos das declarações de óbito do Sistema de Informações sobre Mortalidade da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (SIM/SMS-RJ). Foram selecionados os óbitos, ocorridos entre pessoas com idade acima de 30 anos, e que tiveram como causa básica as DIC e DCBV, agrupadas no capítulo IX da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) classificadas, respectivamente, pelos códigos I20 a I25 e I60 a I69.

4.2.2 Georreferenciamento dos óbitos

Como o respectivo setor censitário não é identificado no endereçamento das residências das vítimas, esses endereços tiveram que ser georreferenciados. Posteriormente, os óbitos foram contabilizados e agregados a cada unidade de área. O procedimento de georreferenciamento ocorreu em três etapas: a padronização dos endereços; o georreferenciamento propriamente dito; e, por fim, a avaliação da qualidade e correção dos dados necessários.

Na padronização, os endereços das residências registrados na declaração de óbito foram submetidos a uma rotina a fim de corrigir a definição do tipo de logradouro, prefixos, retirar acentos e cedilhas, renomeação de alguns logradouros que sofreram mudanças, dentre outras correções.

Para o georreferenciamento, foi desenvolvido um *script* em R, que acessa e realiza automaticamente as buscas das coordenadas geográficas dos endereços a partir da Interface de Programação de Aplicativos ou, em inglês, *Application Programming Interface* (API) do Google Maps. Através da API é possível acessar funções pré-programadas pelo Google, sendo a geocodificação uma das possibilidades. Um maior detalhamento do *script* de georreferenciamento está contido no Apêndice A ao final deste texto. Como resultado, além das coordenadas geográficas latitude e longitude, a API do Google retorna o endereço e a precisão das coordenadas localizadas. A precisão se refere ao nível de detalhamento do endereço encontrado, por exemplo, o endereço preciso, o logradouro informado ou apenas o município.

Para uma avaliação da qualidade do georreferenciamento, os endereços retornados foram comparados com os endereços informados. As observações cuja comparação indicou diferença foram corrigidas e novamente georreferenciadas. Durante todo esse processo, ainda houve endereços descartados devido à não localização ou a falta de precisão adequada. Foi considerada inadequada quando não era possível a localização do número da residência e o logradouro perpassava uma grande quantidade de setores.

Após os dados serem georreferenciados e devidamente corrigidos, foi realizada a etapa de geoprocessamento para a contagem de óbitos observados em cada setor censitário. Foram utilizadas a base digital dos setores censitários do município do Rio de Janeiro referente ao Censo de 2010 e a base digital dos logradouros, adquirida do Instituto Pereira Passos (IPP) da

Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Todo o procedimento envolveu, além da API do Google, os programas R versão 3.1.1 e Quantum GIS, versão 2.6.1.

4.2.3 Razões de mortalidade padronizadas

As razões de mortalidade, por DIC e DCBV, foram padronizadas por idade e sexo conforme o método indireto. A razão de mortalidade padronizada (RMP) é dada pelo quociente entre o número de óbitos observados e o número de óbitos esperados, como a fórmula:

$$RMP = \frac{\text{óbitos observados}}{\text{óbitos esperados}}$$

Os óbitos esperados foram calculados com base nos coeficientes de mortalidade por faixa etária e sexo do município, construídos a partir dos dados obtidos via TABNET das Informações de Saúde do DATASUS. Foram considerados os óbitos ocorridos entre 2010 e 2012, a população referente ao ano de 2010 e as faixas etárias 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79 e 80 anos ou mais. Valores acima de 1 indicam o excesso de óbitos na unidade em relação ao município, valores menores indicam o contrário e iguais a 1 indicam taxas iguais.

4.3 **Variáveis independentes**

4.3.1 Indicador de exposição aos espaços verdes

A definição de espaços verdes neste estudo engloba parques e jardins, arborização urbana e áreas de florestas. São aspectos espaciais que, além de promover a prática de atividades físicas, propiciam a melhoria da qualidade do ar e interferem nos fatores psicossociais, criando a sensação de bem-estar e conforto.

Dentre as maneiras de quantificar a exposição comumente usadas, estão o número e a distância aos parques e jardins mais próximos, a densidade de arborização urbana, informações sobre uso e ocupação do solo, utilização de escalas para classificação e/ou autorrelato e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou NDVI, sigla em inglês

para *Normalized Difference Vegetation Index*. As medidas de exposição neste estudo se basearam nesse último.

O NDVI é um índice constituído a partir de imagens de sensoriamento remoto por satélite, servindo para caracterizar a densidade e o vigor da vegetação de uma região. É determinado pelo grau de refletância do espectro vermelho e do infravermelho próximo, que são proporcionais à densidade e vigor das áreas verdes. Os componentes clorofilados das plantas produzem um padrão de baixa refletância na faixa vermelha, e alta refletância na faixa do infravermelho próximo (GOWARD et al., 1985; TUCKER, 1979).

A validade da utilização do NDVI como uma medida de exposição ao verdor de uma região em estudos epidemiológicos foi demonstrada por Rhew et al. (2011). A medida ainda possui a vantagem prática de utilizar dados publicamente disponibilizados que cobrem toda a superfície terrestre, possibilitando a replicação e a comparabilidade entre diferentes estudos.

Seu cálculo é obtido através da fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IVP} - \text{VIS}}{\text{IVP} + \text{VIS}}$$

Em que:

IVP: é o valor da refletância do espectro infravermelho próximo;

VIS: é o valor da refletância do espectro vermelho visível.

Teoricamente, o valor do NDVI varia entre o intervalo -1 e 1. Porém, na prática frequentemente assume valores entre -0,1 e 0,7. Valores negativos indicam a presença de água, gelo e nuvens; entre -0,1 e 0,1 indicam superfícies descobertas; e em torno de 0,6 se referem à vegetação verde densa.

O cálculo utiliza as bandas 3 (VIS) e 4 (IVP) da coleção de imagens Landsat 4-5 TM (USGS). A coleção *Landsat Thematic Mapper* consiste em imagens com sete bandas espectrais e resolução de 30 metros, coletadas pelos satélites 4 e 5, entre julho de 1982 e maio de 2012, com um ciclo de 16 dias (USGS). Foram utilizadas apenas imagens diurnas, geradas entre 2010 e 2012, e com até 10% de nuvens para a região de interesse. Um total de sete imagens estava disponível para o período.

Neste estudo foram utilizadas a média e a variabilidade do NDVI em *buffers* dos setores censitários. Os *buffers* são zonas de determinados tamanhos, construídas a partir da borda de cada setor, abrangendo, o setor e a faixa especificada ao seu redor. A média informa sobre a vegetação média da área, considerando todos os *pixels* por ela abrangidos. Já a variabilidade, dada pela diferença entre os percentis 90 e 10, informa sobre a heterogeneidade da cobertura vegetal. Medidas com baixa variabilidade são indícios de locais

predominantemente verdes ou não verdes, ao passo que a maior variabilidade corresponde a locais onde coexistem superfícies com e sem cobertura vegetal.

Foi calculado o NDVI de cada imagem, prosseguido do cálculo da média de todo o período. Por serem dados de imagem do tipo *raster*, os valores são atribuídos a cada unidade *pixel* que a constituem. O passo seguinte foi obter as estatísticas do NDVI para as unidades de análise. Foram calculadas as estatísticas: média e percentis 10, 25, 50, 75 e 90. Esses valores foram obtidos para os setores censitários considerando seus limites e para *buffers* de 50, 100, 250 e 500 metros a partir dos limites dos setores, cujos tamanhos foram baseados em estudos anteriores, e entraram no modelo mediante análise de sensibilidade. Os cálculos envolvendo a imagem do NDVI, do tipo *raster*, e a camada dos setores censitários, do tipo *shape*, foram realizados no programa SAGA, versão 2.1.4.

4.3.2 Poluição atmosférica

De acordo com Habermann e Gouveia (2012), as informações sobre vias e o tráfego veicular podem ser utilizadas na construção de variáveis *proxy* da exposição à poluição atmosférica. Os veículos são atualmente a principal fonte de poluição nas grandes cidades, sendo observado, em alguns estudos, que populações de locais mais próximos às grandes vias possuem maior chance de desfechos cardiovasculares. Além disso, dada a falta de dados oriundos do monitoramento de poluentes, o uso do indicador se torna uma opção mais adequada.

Zhu et al. (2002) observaram que a concentração de material particulado proveniente do tráfego veicular se torna indistinguível a partir de 300 metros de distância. Kan et al. (2008) e Medina-Ramón et al. (2008) identificaram maior razão de risco de doença coronariana e insuficiência cardíaca, respectivamente, entre residentes a até 300 metros das grandes vias, comparando com aqueles a mais de 300 metros. Hoffmann et al. (2006), estudando o risco de doença coronariana, dicotomizaram a exposição conforme a distância de 150 metros. Maheswaran e Elliot (2003), identificaram maior risco de mortalidade por acidente vascular cerebral (AVC) entre residentes a até 200 metros das grandes vias, comparando com aqueles residentes a mais de 1.000 metros.

Neste estudo, a densidade de vias de tráfego foi obtida entre o quociente do comprimento de vias, em metros, pela área de cada setor censitário e dos *buffers*, em m²,

sendo sua unidade m^{-1} . Para o cálculo foi utilizada a malha dos logradouros do município do Rio de Janeiro adquirida do IPP. As vias foram consideradas separadamente, conforme a hierarquia, sendo um grupo com as vias dos tipos coletoras e normais e o outro com as vias dos tipos estruturais, primárias e secundárias (RIO DE JANEIRO, 2013). Nesse estudo foram feitas análises de sensibilidade considerando apenas o setor censitário e *buffers* de 50, 100, 250 e 500 metros a partir de seus limites. O procedimento foi realizado no programa Quantum GIS, versão 2.6.1.

4.3.3 Variáveis demográficas e socioeconômicas

Foram utilizados os dados do Censo de 2010 (IBGE, 2011), agregados por setor censitário, que compreendem as características da população e dos domicílios. Devido à proteção dos dados dos informantes, em todos os setores com menos de cinco domicílios, foram omitidas a maioria das variáveis e, portanto, não puderam ser considerados na análise.

Como indicador de cor/raça foi utilizado a proporção de pessoas residentes de cor/raça preta. As demais informações socioeconômicas foram incluídas através do Índice de Desenvolvimento Social (IDS).

O IDS mede o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica, como os setores censitários, em comparação com outras dentro de um mesmo município. Trata-se de um índice sintético composto por algumas variáveis que melhor expressam o fenômeno intencionado, mas que depende tanto de sua disponibilidade quanto da qualidade estatística (CAVALLIERI; LOPES, 2014).

Seu cálculo, cuja metodologia foi proposta pelo IPP (CAVALLIERI; LOPES, 2014), utilizou 8 indicadores, construídos a partir de variáveis do Censo de 2010, que compõem as dimensões acesso a saneamento básico, qualidade habitacional, grau de escolaridade e disponibilidade de renda. São eles:

- 1) Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água via rede geral de distribuição;
- 2) Proporção de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial;
- 3) Proporção de domicílios particulares permanentes com lixo coletado;
- 4) Número médio de banheiros por pessoa;

- 5) Proporção de analfabetismo entre pessoas com idade de 10 a 14 anos;
- 6) Rendimento médio das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) em salários mínimos;
- 7) Proporção das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) com rendimento de até dois salários mínimos;
- 8) Proporção das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) com rendimento igual ou superior a dez salários mínimos.

Para o cômputo do IDS, procedeu-se primeiramente a normalização dos 8 indicadores, transformando-os em índices comparáveis entre si. Isso foi feito para que todos se tornassem compatibilizados e tivessem o mesmo intervalo de variação em uma escala de 0 a 1. A normalização foi feita com base na seguinte fórmula:

$$VN_{ij} = 1 - \frac{(MV_i - V_{ij})}{(MV_i - mV_i)}$$

Em que:

- VN_{ij} é o valor normalizado na escala de 0 a 1 do indicador i no lugar j ;
- MV_i é o maior valor obtido pelo indicador i entre todos os recortes geográficos pesquisados;
- mV_i é menor valor obtido pelo indicador i entre todos os recortes geográficos pesquisados;
- V_{ij} é valor obtido pelo indicador i no lugar j .

Os indicadores 5 e 7 (proporção de analfabetismo entre pessoas de 10 a 14 anos e proporção de pessoas responsáveis com rendimento de até 2 salários mínimos) foram invertidos para que seguissem a mesma direção dos demais, em que quanto maior o valor do indicador, melhor a situação. Para esses indicadores foi utilizada a seguinte fórmula:

$$VN_{ij} = 1 - \frac{(mV_i - V_{ij})}{(mV_i - MV_i)}$$

Após normalizados, foi calculada a média aritmética dos 8 indicadores, que corresponde ao valor do IDS de cada unidade de área. O índice pode assumir qualquer valor no intervalo de 0 a 1, mantendo a hierarquização ordinal necessária para diferenciar os setores censitários. Os cálculos foram realizados no programa R, versão 3.1.1.

4.3.4 Acesso aos serviços de saúde

A fim de informar sobre o acesso aos serviços de saúde, foi criada uma variável *proxy* do acesso no caso de ocorrência de DIC e/ou DCBV. Para o cálculo do indicador, foi calculada a distância euclidiana do centroide do setor censitário à unidade pública de saúde mais próxima, e que contasse com atendimento de urgência e emergência. Foram contabilizadas apenas as unidades que estiveram em funcionamento durante qualquer momento do período de estudo.

Foi utilizada a listagem das unidades públicas de saúde adquiridas no sistema da Subsecretaria de Atenção Primária, Vigilância e Promoção da Saúde (SUBPAV), complementada conforme a listagem de instituições municipais e estaduais, disponíveis nos sítios das Secretarias Municipal e Estadual de Saúde, e dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES).

As unidades contidas na listagem do SUBPAV já possuíam as coordenadas geográficas e o restante, complementado, foi georreferenciado através do Google Maps. O cálculo da distância dos setores censitários à unidade de saúde mais próxima foi realizado no programa Quantum GIS, versão 2.6.1 e do *plugin* Grass, versão 6.4.3.

4.3.5 Setores censitários litorâneos

Foi criada uma variável binária para indicar se o setor censitário é litorâneo, ou seja, se faz parte da orla marítima que se estende desde os bairros do Leme até o Recreio dos Bandeirantes. Essas são regiões com maior afluência de recursos e melhores condições de vida, provavelmente com menores taxas de mortalidade por DIC e DCBV. Por outro lado, os setores censitários que estão na orla abrangem a faixa de areia, podendo apresentar valores reduzidos do NDVI, característicos de superfícies descobertas. O indicador foi introduzido a fim de controlar esse contexto.

4.4 Análise dos dados

A análise descritiva foi realizada através de tabelas e mapas temáticos. Com a finalidade de se conhecer as distribuições espaciais das variáveis do estudo, foram construídos os mapas dos dados pontuais de óbitos georreferenciados; o mapa do NDVI médio do período; e os mapas das variáveis RMP, IDS, média e variabilidade do NDVI.

A perspectiva do presente estudo leva em conta a localização geográfica como um importante determinante das condições de saúde da população habitante dessas áreas. Nesse sentido, esta investigação está interessada em explicar a variação espacial do desfecho de interesse em termos das covariáveis medidas nas mesmas áreas, como também em termos de seu arranjo espacial.

Ao contrário dos métodos estatísticos tradicionais, nesse tipo de estudo não se assume a independência das observações. No caso da modelagem de dados de área, comumente autocorrelacionados, a estimativa do modelo deve incorporar a dependência espacial, uma vez que ela altera seu poder explicativo. Caso contrário, a significância dos parâmetros pode ser superestimada e a existência de variações em larga escala pode induzir a presença de associações espúrias (CÂMARA et al., 2004).

Antes de se assumir a dependência espacial dos dados e incorporá-la no modelo, é conveniente comprovar sua existência. Neste trabalho, primeiramente foi implementado um modelo de regressão linear multivariado clássico, seguido da análise da dependência espacial de seus resíduos. Esta análise foi feita através do índice global de Moran. O índice de Moran indica a existência de dependência ou autocorrelação espacial. A hipótese nula é de independência espacial e seu valor seria zero. Valores positivos, entre 0 e 1, indicam correlação direta e negativos, entre -1 e 0, correlação inversa.

A variável resposta, RMP, foi incluída após uma transformação logarítmica. A escolha das covariáveis levou em conta o critério do p-valor menor que 0,20 na análise bivariada e no modelo multivariado, além de subsídios teóricos e análise de sensibilidade, no caso das variáveis medidas em *buffers*. As medidas de exposição foram categorizadas em quartis. Foram estimados modelos considerando dois tipos de medidas, a média e a variabilidade do NDVI médio correspondente ao período de estudo.

4.4.1 Modelo de regressão espacial

Uma vez comprovada a dependência espacial dos resíduos do modelo de regressão linear multivariado clássico e definidas as covariáveis, foi ajustado o modelo que captura a estrutura de dependência espacial. A inclusão foi feita através do ajuste de um Modelo Condicional Autorregressivo ou *Conditional Autorregressive* (CAR). Nesse caso, o modelo é especificado para o conjunto de distribuições de probabilidade condicionais de cada observação, considerando os valores das demais observações. A seguir é apresentada a descrição do modelo de acordo com Wall (2004).

Suponha que $\{Y(A_i): A_i \in (A_1 \dots A_n)\}$ seja um processo gaussiano onde $\{A_1 \dots A_n\}$ forma o conjunto de áreas D . O modelo CAR pode ser expresso como:

$$Y(A_i) | Y(A_{(-i)}) \sim N \left(\mu_i + \sum_{j \neq i}^n c_{ij} (Y(A_j) - \mu_j), \tau_i^2 \right)$$

Em que $Y(A_{(-i)}) = \{Y(A_j): j \neq i\}$, $E(Y(A_i)) = \mu_i$, τ_i^2 é a variância condicional, e c_{ij} são as constantes conhecidas e desconhecidas, em particular $c_{ii} = 0$, $i = 1 \dots n$. Se n é finito, obtém-se a matriz $C = (c_{ij})$ e $T = \text{diag}\{\tau_1^2, \tau_2^2, \dots, \tau_n^2\}$ e assim:

$$Y \sim N(\mu, (I_n - C)^{-1}T)$$

A estrutura de C é usualmente especificada com um único parâmetro baseado na matriz de vizinhança definida, W . C é dado por $\rho_c W$, aonde ρ_c é o parâmetro de correlação ou dependência espacial e precisa ser estimado. Os parâmetros são estimados pelo método de máxima verossimilhança.

A matriz de vizinhança W é geralmente definida como:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a região } A_i \text{ compartilha algum limite com } A_j \\ 0 & \text{se } i = j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Há outras maneiras de se definir a estrutura de vizinhança W , por exemplo, restringindo as linhas de W para somar 1 ou criando um esquema de ponderação mais elaborado em função do comprimento das fronteiras. Clayton e Bernardinelli *apud* Wall (2004) sugerem que a especificação como a descrita acima não é consistente quando o número de vizinhos varia, como o caso desse conjunto de áreas. Recomendam o esquema de ponderação: $W = (w_{ij}^*)$, em que $w_{ij}^* = w_{ij}/w_{i+}$.

A implementação do modelo foi realizada no programa R, versão 3.1.1. A partir da base digital dos setores censitários, foi definida a matriz de vizinhança, utilizando o esquema de ponderação recomendado. Foi introduzido o log da RMP como variável desfecho, tendo como variáveis explicativas o IDS; as variáveis *proxy* de poluição, densidade de vias locais e coletoras e densidade de vias estruturais, primárias e secundárias; o indicador de setores litorâneos e a variável de exposição. Para cada tipo de medida da exposição, média e variabilidade do NDVI, foi implementado um modelo.

4.5 Aspectos éticos

O estudo fez uso dos endereços e das causas básicas de morte que constam nas fichas de declaração de óbito do SIM. Esses endereços foram utilizados no georreferenciamento para contagem dos óbitos por setor censitário, e por isso foram agregados. Além disso, trata-se de um estudo de caráter exclusivamente observacional. Ainda assim, ofereceu riscos mínimos, relacionados à quebra de sigilo dos dados e à privacidade das vítimas registradas no banco de dados.

O projeto foi submetido e aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa do Instituto de Medicina Social (CEP/IMS) e da Prefeitura do Rio de Janeiro (CEP/SMS/RJ), necessário para a concessão dos dados e execução do estudo. O número do processo que consta na Plataforma Brasil é 25578613.0.0000.5260.

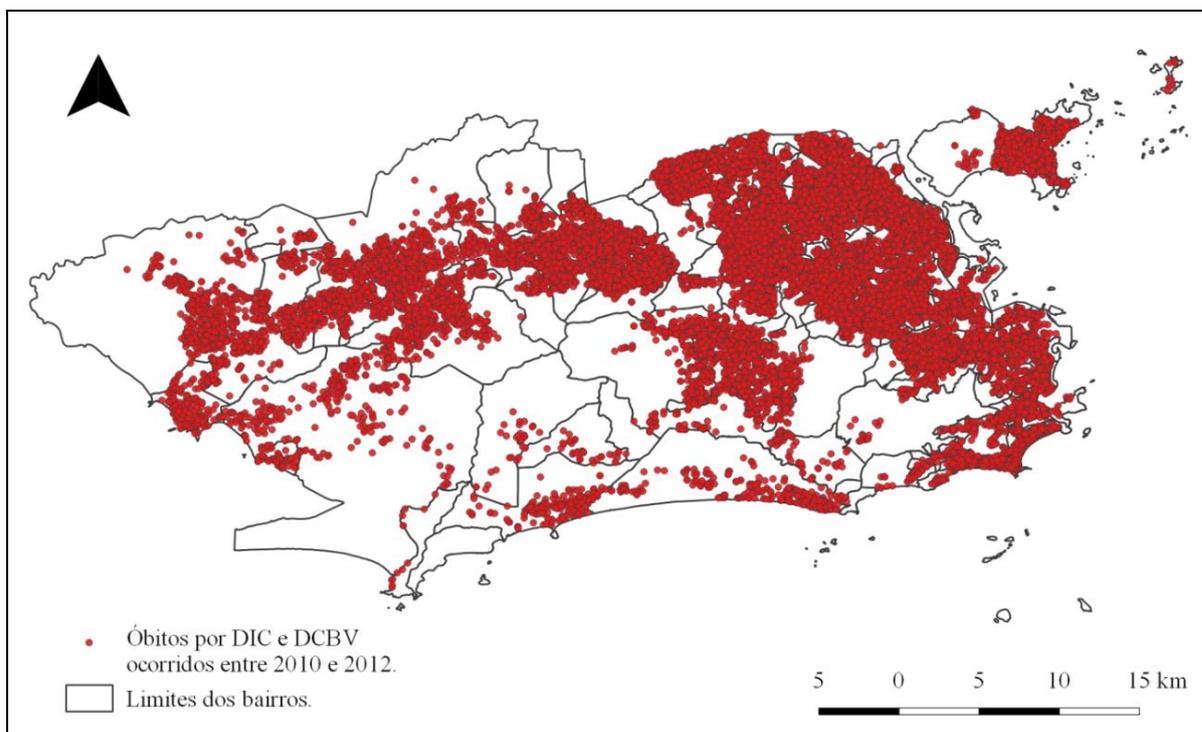
5 RESULTADOS

5.1 Análise descritiva

Foram incluídos na análise apenas os setores censitários com informações e aqueles classificados como setores comuns e aglomerados subnormais, totalizando 10.134 unidades na análise. Os 370 setores restantes foram excluídos da análise, o que reflete na descontinuidade dos mapas criados.

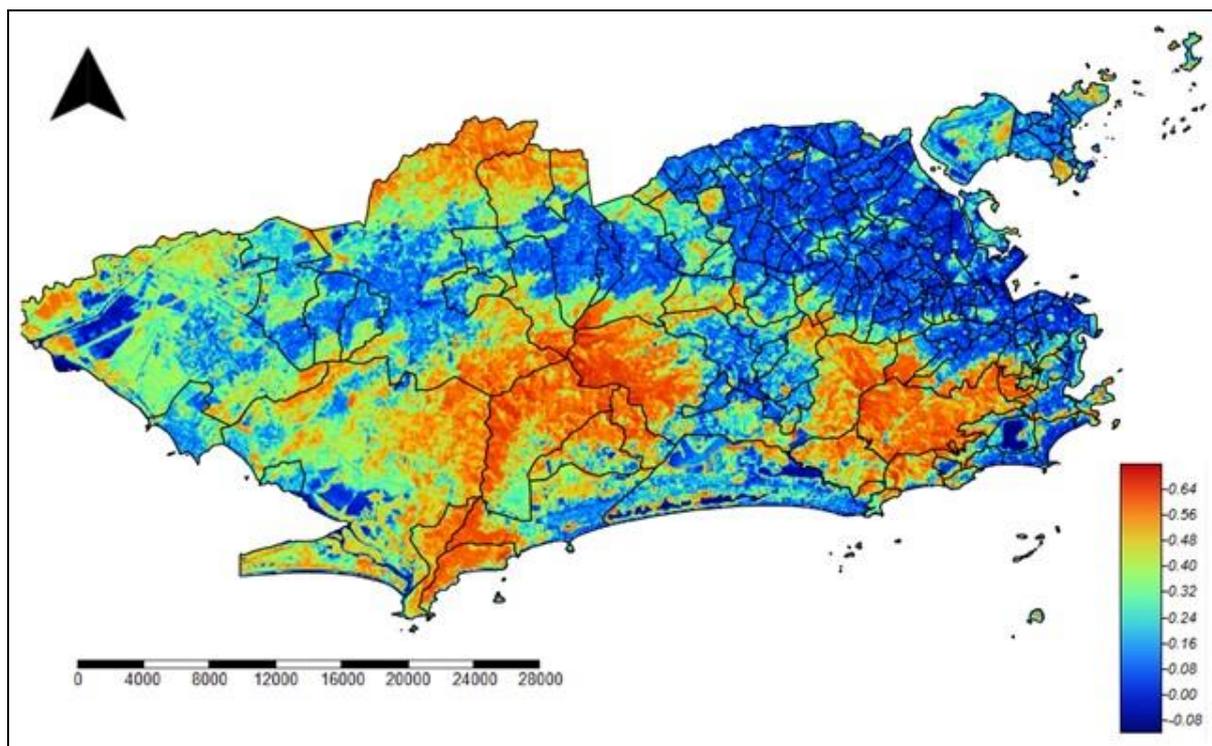
Entre os anos de 2010 e 2012 foram notificados 14.042 óbitos por DIC e 11.917 óbitos por DCBV, ocorridos entre pessoas acima de 30 anos de idade, totalizando 25.959 óbitos. Desse total, puderam ser georreferenciados 23.800 óbitos, resultando em 9,2% de perdas, devido à não localização dos endereços. A Figura 2, a seguir, mostra o mapa dos óbitos por DIC e DCBV georreferenciados, utilizando como base os limites de bairro, a fim de facilitar a leitura do mapa.

Figura 2 - Óbitos por DIC e DCBV ocorridos no município do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2012.



A Figura 3 apresenta o mapa do NDVI médio calculado para o período, considerando apenas as imagens diurnas e com menos de 10% de nuvens. Este critério implicou a inclusão de 7 imagens, geradas entre 2010 e 2012. Pelo mesmo motivo do mapa anterior, esse também utiliza os limites de bairros.

Figura 3 – Índice de vegetação (NDVI) médio do município do Rio de Janeiro, para o período de 2010 a 2012.



No mapa do NDVI médio (Figura 3), os tons azulados, na faixa entre -0,1 a 0,16 refletem superfícies descobertas, e podem incluir desde a faixa de areia da orla, até superfícies de concreto, como a pavimentação das ruas e a cobertura das residências. Na zona norte da cidade prevalecem os tons mais fortes de azul, ocorrendo também nas regiões mais populosas das zonas oeste e sul da cidade. Os tons mais próximos do vermelho, especialmente acima de 0,48, se referem aos locais com maior vegetação, como as áreas de floresta mais densa. É o caso das áreas ocupadas pela floresta da Tijuca, localizada entre as zonas sul e norte; e na zona oeste, as áreas ocupadas pelo Parque Ecológico da Prainha, Parque Pedra Branca e Serra do Mendanha. A faixa entre o azul e o vermelho, com índices variando de 0,16 a 0,48, correspondem a áreas com cobertura intermediária, como locais urbanizados que possuem parques, jardins e arborização urbana.

A inspeção visual permite constatar que a ocorrência dos óbitos acompanha a ocupação do espaço urbano (Figura 2). Comparando com a Figura 3, revela que as áreas menos verdes são as mesmas onde está concentrada a população (correspondentes aos tons de azul no mapa), e onde os óbitos ocorreram em maioria.

A Tabela 1 a seguir apresenta o resumo das estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo.

Variável	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
RMP	0,000	0,000	0,683	0,926	1,296	125,000
IDS	0,252	0,554	0,590	0,602	0,645	0,900
Proporção de pessoas negras	0,000	0,052	0,099	0,110	0,150	0,709
Densidade de vias coletoras e locais (m⁻¹)						
Em <i>buffers</i> de 50 m	0,000	0,013	0,017	0,017	0,021	0,067
Em <i>buffers</i> de 100 m	0,000	0,010	0,013	0,014	0,018	0,052
Em <i>buffers</i> de 250 m	0,000	0,010	0,013	0,013	0,016	0,039
Em <i>buffers</i> de 500 m	0,000	0,009	0,012	0,012	0,015	0,028
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias (m⁻¹)						
Em <i>buffers</i> de 50 m	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,039
Em <i>buffers</i> de 100 m	0,000	0,000	0,000	0,002	0,034	0,028
Em <i>buffers</i> de 250 m	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,019
Em <i>buffers</i> de 500 m	0,000	0,000	0,002	0,002	0,003	0,011
Setor litorâneo (está na orla)	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	1,000
Distância à unidade de urgência e emergência mais próxima (m)	38,160	990,300	1578,000	1969,000	2355,000	16850,000
Média do NDVI						
Em <i>buffers</i> de 50 m	-0,088	0,041	0,041	0,110	0,157	0,595
Em <i>buffers</i> de 100 m	-0,097	0,045	0,089	0,115	0,163	0,593
Em <i>buffers</i> de 250 m	-0,112	0,054	0,100	0,126	0,176	0,588
Em <i>buffers</i> de 500 m	-0,136	0,061	0,113	0,136	0,191	0,592
Variabilidade do NDVI						
Em <i>buffers</i> de 50 m	0,008	0,105	0,155	0,184	0,244	0,753
Em <i>buffers</i> de 100 m	0,016	0,120	0,179	0,208	0,276	0,823
Em <i>buffers</i> de 250 m	0,035	0,149	0,227	0,251	0,331	0,814
Em <i>buffers</i> de 500 m	0,071	0,181	0,285	0,296	0,379	0,857

As Figuras 4 a 7 mostram os mapas da distribuição dos quartos, por setores censitários, de algumas variáveis, a saber, o desfecho, RMP; o IDS; e as medidas de

exposição, a média e a variabilidade do NDVI em *buffers* de 100 metros do limite dos setores. A descontinuidade do mapa é consequência da exclusão dos setores censitários sem informação e aqueles classificados como embarcações, aldeias indígenas, penitenciárias, asilos, orfanatos, conventos, hospitais ou projetos de assentamentos rurais.

Figura 4 - Distribuição da RMP por setor censitário, no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.

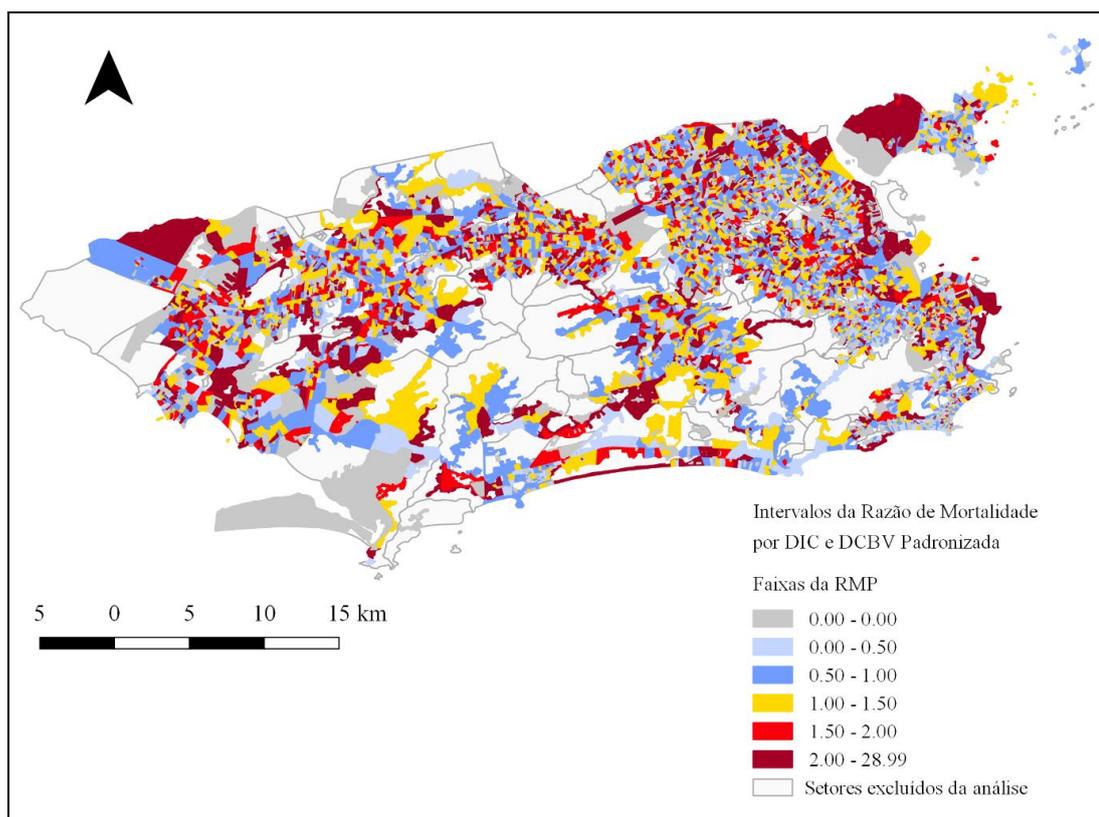


Figura 5 - Distribuição dos quartos do Índice de Desenvolvimento Social (IDS), por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao ano de 2010.

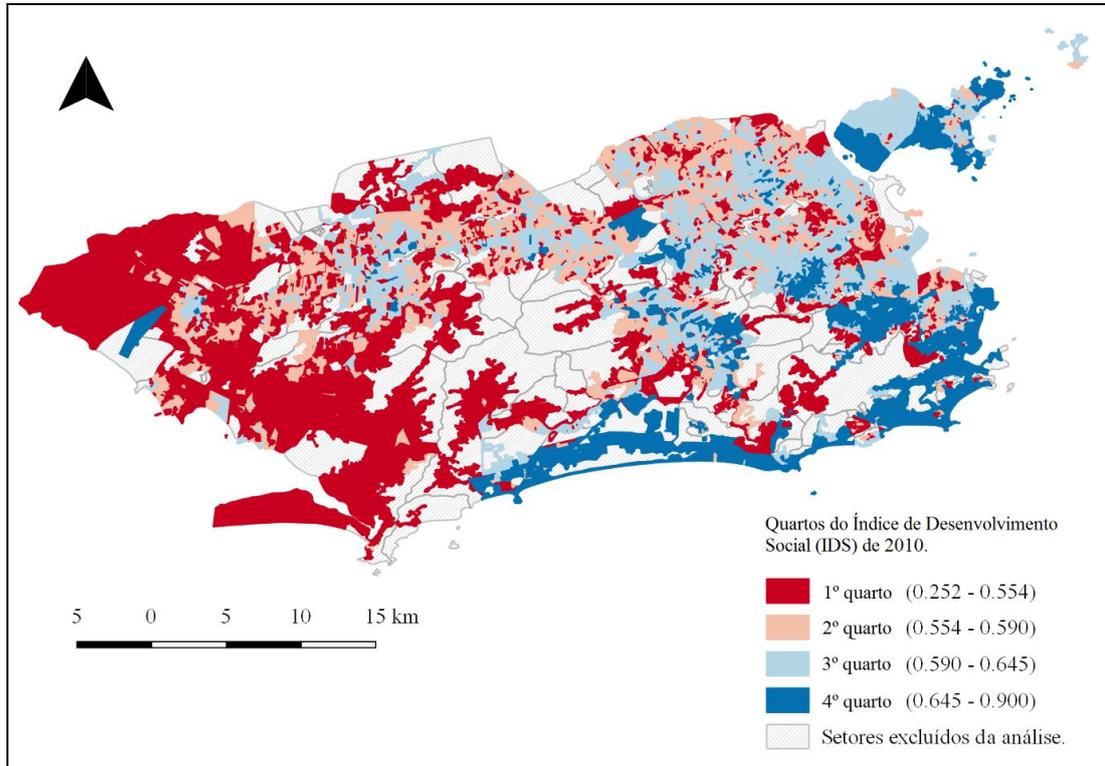


Figura 6 - Distribuição geográfica dos quartos da média no NDVI, em *buffers* de 100 m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.

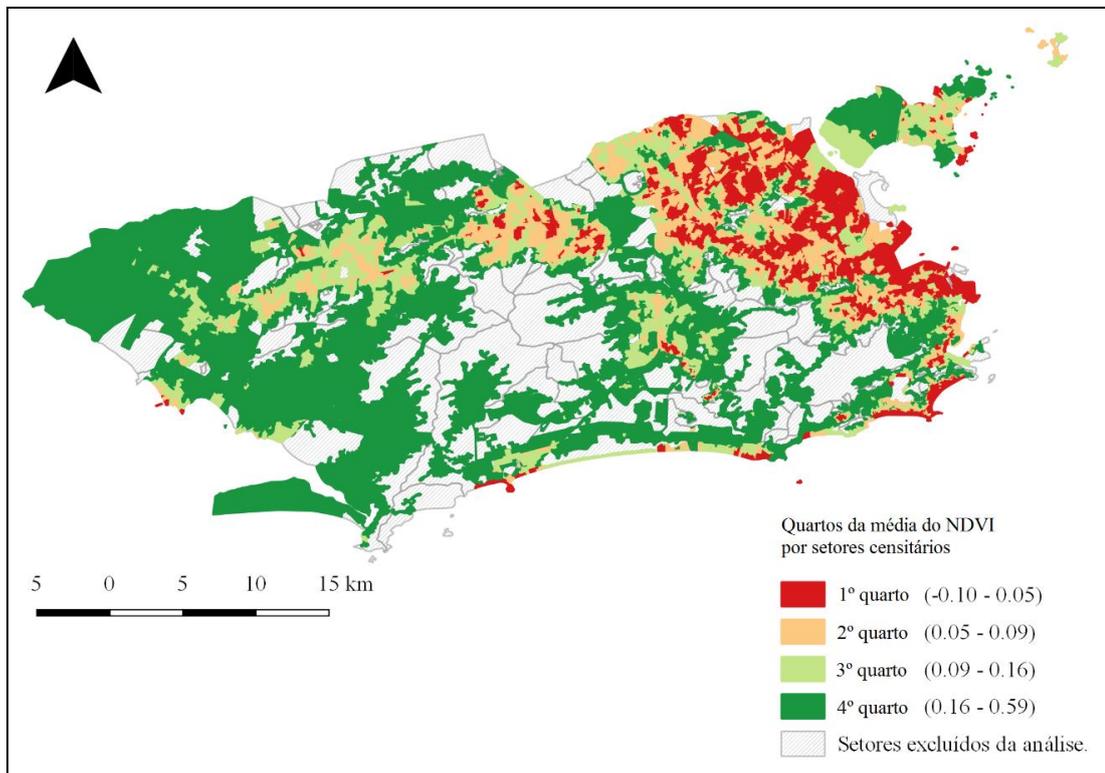
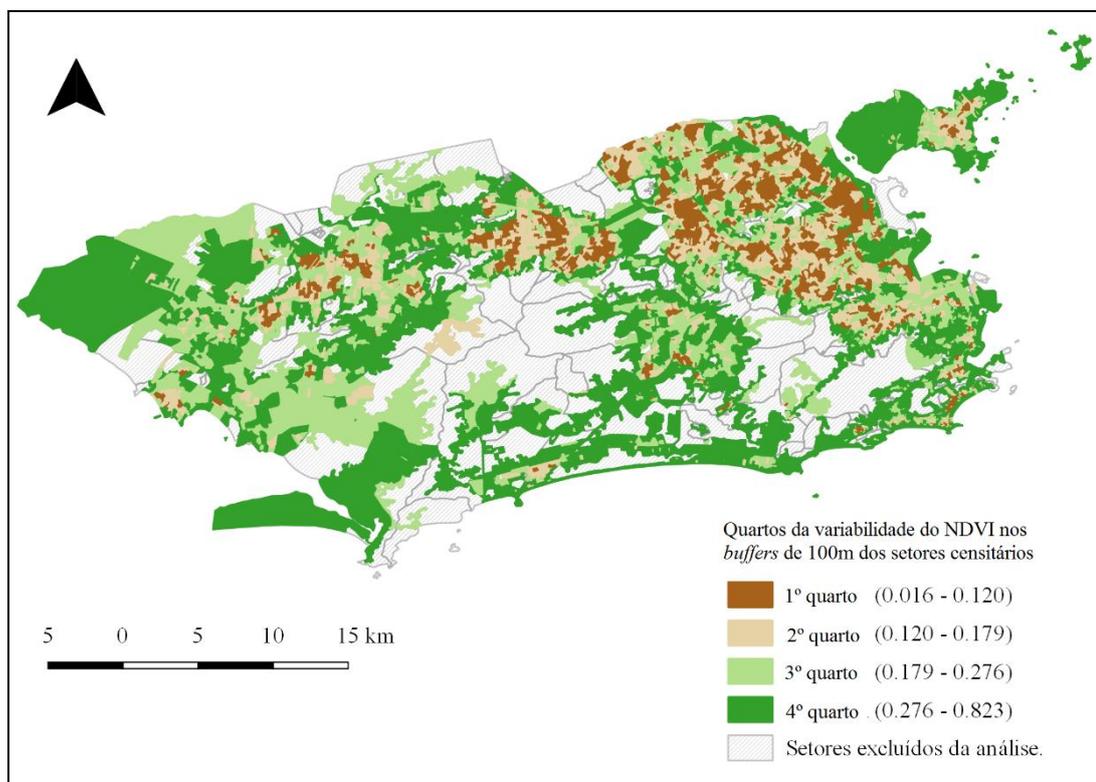


Figura 7 - Distribuição dos quartos da variabilidade do NDVI em *buffers* de 100m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.



O mapa da RMP (Figura 4) não revela um padrão definido da distribuição dos valores. A média da RMP foi de 0,926, sendo a mediana 0,683, e o valor máximo 125. O valor elevado da média, em comparação com a mediana, é consequência da existência de valores extremos, que foram removidos para a construção do mapa e o ajuste dos modelos. Diferentemente das demais variáveis, não foi representada por quartos, pois as quebras de cada intervalo deveria fazer sentido com o significado da RMP. Os valores abaixo de 1 indicam menor quantidade de casos em relação à taxa do município, valores acima de um indicam o excesso.

O exame do mapa de quartos do IDS (Figura 5) revela uma concentração de valores mais baixos distribuídos entre as zonas norte e leste da cidade. Ao contrário, na zona sul da cidade prevalece os maiores intervalos interquartílicos do índice, caracterizados pelo tom mais escuro de azul.

Observando os mapas de quartos da exposição, os menores valores da média (Figura 6) e da variabilidade em *buffers* de 100 metros dos setores (Figura 7), estão distribuídos na zona norte e em alguns setores da zona oeste (correspondentes aos locais com maior ocupação dessa região, nas proximidades do bairro Bangu e do bairro Paciência). O NDVI médio nos

setores apresentou o valor mínimo próximo a -0,1, média de 0,11 e máximo de 0,6. Os valores próximos ao mínimo correspondem a locais descobertos e bastante urbanizados, observados inclusive no litoral, devido à faixa de areia. A média é típica de locais bastante urbanizados, e os valores próximos ao máximo são típicos de vegetação mais densa e locais mais arborizados, se estendendo em maioria a partir da zona sul, região mais arborizada, com direção à zona oeste, devido à existência de florestas na região.

O mapa de quartos da variabilidade do NDVI segue um padrão semelhante ao da média do NDVI. Apresentou o mínimo de 0,016, média de 0,21 e máximo de 0,82. Os locais com maior variabilidade representam a coexistência de valores extremos do NDVI dentro de um mesmo *buffer* do setor, enquanto a baixa variabilidade representa locais predominantemente verdes ou não verdes. A zona sul por exemplo, é um local de alta variabilidade, onde coexistem maior arborização e superfícies descobertas.

5.2 Análises estatísticas bivariadas

A Tabela 2 a seguir apresenta o resultado dos modelos bivariados, para todas as variáveis explicativas candidatas ao modelo. São mostrados os coeficientes de cada variável e seus respectivos intervalos de confiança.

Tabela 2 – Resultados das regressões bivariadas entre o log da RMP e as variáveis explicativas para os setores censitários do município do Rio de Janeiro.

Variáveis	β estimado	Intervalo de confiança (95%)	
IDS	-0.299	-0.408	-0.190
Densidade de vias coletoras e locais			
Em <i>buffers</i> de 50 m	8.508	7.249	9.767
Em <i>buffers</i> de 100 m	8.208	6.804	9.612
Em <i>buffers</i> de 250 m	10.324	8.610	12.038
Em <i>buffers</i> de 500 m	13.813	11.784	15.842
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias			
Em <i>buffers</i> de 50 m	2.906	0.573	5.239
Em <i>buffers</i> de 100 m	1.121	-1.698	3.940
Em <i>buffers</i> de 250 m	-4.305	-7.861	-0.749
Em <i>buffers</i> de 500 m	-9.259	-13.882	-4.635
Proporção de pessoas negras	0.233	0.112	0.354
Setor litorâneo (está na orla)	-0.113	-0.202	-0.025
Distância as unidade de urgência e emergência	-1.491e-05	-2.015e-05	-9.667e-06
Média do NDVI			
Em <i>buffers</i> de 50 m	-0.336	-0.429	-0.244
Em <i>buffers</i> de 100 m	-0.373	-0.465	-0.281
Em <i>buffers</i> de 250 m	-0.388	-0.480	-0.296
Em <i>buffers</i> de 500 m	-0.378	-0.469	-0.286
Variabilidade do NDVI			
Em <i>buffers</i> de 50 m	-0.251	-0.338	-0.163
Em <i>buffers</i> de 100 m	-0.325	-0.405	-0.245
Em <i>buffers</i> de 250 m	-0.419	-0.492	-0.346
Em <i>buffers</i> de 500 m	-0.467	-0.535	-0.399

As análises bivariadas mostraram resultados esperados para a maioria das variáveis. Tanto o IDS quanto as variáveis de exposição foram inversamente relacionados a RMP. Ser um setor litorâneo também foi associado a redução da RMP, como era de se esperar devido às reconhecidas melhores condições de vida da população nesses locais. As associações com as variáveis *proxy* de poluição variaram conforme o tipo de via e o tamanho do *buffer*.

A densidade de vias coletoras e locais teve associação direta com a RMP em todos os *buffers* considerados. Já a densidade de vias estruturais, primárias e secundárias foi diretamente associada à RMP, mas a relação se inverteu a partir dos *buffers* de 250 metros.

A proporção de pessoas negras esteve associada a maior mortalidade, porém, quando ajustada pelo IDS, essa relação desaparece. O indicador de acesso aos serviços de saúde, medido através da distância à unidade mais próxima com atendimento de urgência e emergência, foi inversamente associado à mortalidade por DIC e DCBV.

5.3 Análises estatísticas multivariadas

A Tabela 3 a seguir mostra os resultados do modelo de regressão multivariado clássico. Foram retirados da análise os setores que tiveram RMP acima de 30, considerados extremos, totalizando 10.128 unidades de análise.

Tabela 3 – Resultados do modelo gaussiano não espacial, segundo a medida de exposição, média e variabilidade do NDVI.

Variáveis	NDVI médio	Variabilidade do NDVI
	β (IC95%)	β (IC95%)
IDS	-0,301 (-0,415; -0,187)	-0,269 (-0,382; -0,157)
Densidade de vias coletoras e locais em <i>buffers</i> de 100 m	7,510 (5,914; 9,105)	7,879 (6,307; 9,451)
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias em <i>buffers</i> de 100 m	6,005 (2,854; 9,155)	6,642 (3,622; 9,662)
Setor litorâneo (orla)	-0,029 (-0,118; 0,060)	0,002 (-0,087; 0,092)
Quartos da exposição no <i>buffer</i> de 100 m		
Q2	0,027 (0,001; 0,052)	0,009 (-0,017; 0,034)
Q3	-0,012 (-0,037; 0,014)	-0,015 (-0,041; 0,011)
Q4	-0,045 (-0,074; -0,017)	-0,044 (-0,072; -0,017)

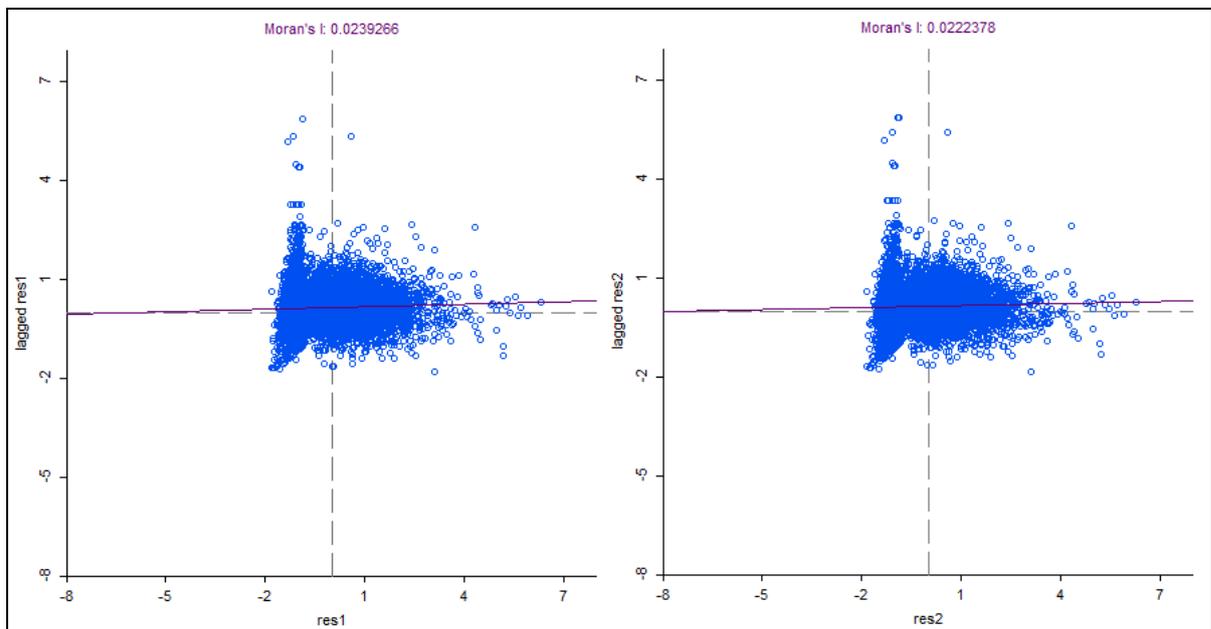
A proporção de pessoas negras não foi considerada no modelo final, dado que sua associação com a RMP foi completamente explicada pelo IDS. O indicador de acesso aos serviços de urgência e emergência também não foi incluído por ter sido considerado inadequado para captar a informação de interesse. A variável indicadora de setor ser litorâneo foi mantida na análise, apesar de sua não significância, devido à importância de sua informação.

Para as variáveis medidas em *buffers* foram feitas análises de sensibilidade, além de se recorrer à literatura já publicada para embasar a escolha do tamanho. Nos trabalhos publicados, as escolhas variaram conforme o tipo de desenho e o desfecho analisado. Neste trabalho, foram utilizados *buffers* de 100 metros a partir dos limites dos setores, com o intuito de que esses pudessem captar a noção de ambiente vizinho. As variáveis de exposição foram inseridas categorizadas em quartos, o que melhorou o ajuste e a interpretação dos resultados.

Após o ajuste pelo IDS e pelos indicadores de poluição, a exposição foi significativamente e inversamente associada à mortalidade por DIC e DCBV, para o quarto mais alto das medidas. A proteção oferecida pela exposição em relação à RMP foi observada para o quarto mais alto da exposição, tanto da média quanto da variabilidade.

A análise dos resíduos, por sua vez, indicou a necessidade de se considerar no modelo a estrutura espacial. A dependência espacial dos dados foi comprovada através da análise espacial dos resíduos dos modelos finais. A Figura 8, a seguir, mostra os gráficos de dispersão de Moran e o Índice de Moran Global, ou Moran I, dos resíduos dos dois modelos. Os índices de Moran I foram, respectivamente, para os modelos com a exposição medida através da média e da variabilidade do NDVI, 0,024 e 0,022, com p-valor menor que 0,05.

Figura 8 - Diagrama de dispersão de Moran dos resíduos dos modelos com a exposição medida, respectivamente, através da média e da variabilidade do NDVI.



A Tabela 4, a seguir, mostra o resultado dos modelos espaciais, CAR, segundo as medidas de exposição, média e variabilidade do NDVI. Foram retirados da análise os setores que tiveram RMP acima de 30, totalizando 10.128 unidades.

Tabela 4 – Resultados dos modelos espaciais CAR, segundo as medidas de exposição média e variabilidade do NDVI.

Variáveis	Média do NDVI	Variabilidade do NDVI
	β (IC 95%)	β (IC 95%)
IDS	-0,256 (-0,375; -0,136)	-0,226 (-0,344; -0,108)
Densidade de vias coletoras e locais em <i>buffers</i> de 100 m	7,889 (6,216; 9,561)	8,463 (6,820; 10,107)
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias em <i>buffers</i> de 100 m	6,748 (3,470; 10,025)	7,540 (4,403; 10,678)
Setor litorâneo (orla)	-0,017 (-0,108; 0,074)	0,009 (-0,082; 0,101)
Quartos da exposição em <i>buffers</i> de 100 m		
Q2	0,029 (0,003; 0,055)	0,010 (-0,016; 0,035)
Q3	-0,012 (-0,039; 0,015)	-0,013 (-0,040; 0,014)
Q4	-0,046 (-0,076; -0,016)	-0,035 (-0,064; -0,007)

O modelo espacial apresentou resultados semelhantes aos encontrados no modelo não espacial, embora reajuste os valores das estimativas dos parâmetros e dos intervalos de confiança. Controlando pelas variáveis IDS, densidades de vias e pela proximidade a orla, o quarto mais alto das medidas de exposição, média do NDVI e variabilidade, foi inversamente associado ao logaritmo da RMP. A redução da mortalidade foi de 4,5% (CI95%: 7,3%; 1,6%) nas áreas com exposição referente ao quarto mais alto da média; e de 3,4% (IC95%: 6,2%; 0,7%) nas áreas referentes ao quarto mais alto da variabilidade, ambos em comparação com o quarto mais baixo.

6 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo sugerem que a exposição aos espaços verdes está associada à redução da mortalidade por DIC e DCBV, concordando com a hipótese inicial. Após o ajuste do modelo, controlando os possíveis fatores de confusão, foi verificada associação inversa entre a exposição ao quarto mais alto da média e da variabilidade do NDVI e a RMP. O quarto mais alto da média do NDVI, com valores entre 0,16 e 0,59, abrange a faixa relativa à cobertura verde. Já o quarto mais alto da variabilidade, com valores entre 0,27 e 0,82, corresponde à coexistência de níveis de cobertura extremos dentro de um mesmo setor. Os resultados também sugerem que o aumento da mortalidade esteja associado a piores condições de vida e a poluição atmosférica.

Esses resultados são consistentes com outros estudos que investigaram a exposição aos espaços verdes e sua relação com a saúde cardiovascular em outros contextos. Hu et al. (2008), por meio de um estudo de desenho ecológico, agregado por unidades censitárias do estado da Flórida, EUA, encontraram maior risco para a mortalidade por DCBV em áreas com menores níveis de renda, maiores níveis de poluição do ar e menores níveis de exposição aos espaços verdes. Os resultados também vão ao encontro de achados de outros estudos de abordagem individual. Em um estudo transversal, realizado na Nova Zelândia, Richardson et al. (2013) verificaram a redução do risco de ocorrência de um evento cardiovascular dado o aumento na disponibilidade de espaços verdes, mesmo após o controle do nível de atividade física. Em um estudo de coorte realizado em Ontario, Canadá, Villeneuve et al. (2012) verificaram a associação entre a redução da mortalidade por DIC e DCBV e o aumento interquartilico do NDVI. Em um estudo transversal, conduzido em Perth, Austrália, Pereira et al. (2012) observaram uma associação protetora entre a variabilidade do NDVI, e a internação e o autorrelato de DIC ou DCBV.

Conforme o arcabouço teórico deste trabalho, os mecanismos que subjazem a relação entre a exposição aos espaços verdes e a saúde cardiovascular se dão por, pelo menos, três vias: por meio da melhoria da qualidade do ar, da redução da inatividade física e da melhoria das condições psicossociais.

A vegetação tem sua reconhecida capacidade de melhoria da qualidade do ar por meio da redução da poluição atmosférica (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Por sua vez, associações entre o aumento nos níveis de poluição e o aumento da morbimortalidade por eventos isquêmicos têm sido verificadas na literatura (FRANCHINI; MANNUCCI, 2012).

Também têm sido encontradas associações entre o aumento da ocorrência de desfechos cardiovasculares e a proximidade às vias de tráfego veicular (HOFFMANN et al., 2006; KAN et al., 2008; MAHESWARAN; ELLIOTT, 2003; MEDINA-RAMÓN et al., 2008), reconhecida fonte de poluição atmosférica. Efeitos de curto e longo prazo têm sido atribuídos, principalmente, ao material particulado (POPE et al., 2004; RÜCKERL et al., 2011). Há indícios de que sua inalação cause hipercoagulação, ativação e sensibilização das plaquetas, inflamação sistêmica e estresse oxidativo, ocasionando lesões vasculares. No mesmo sentido dessas evidências, neste trabalho, o ajuste pelas variáveis *proxy* de exposição à poluição atmosférica, densidade de vias agrupadas conforme a hierarquia, foi significativo, indicando associação positiva com o aumento da mortalidade por DIC e DCBV.

Como neste trabalho o efeito da poluição do ar foi controlado, supõe-se que o efeito dos espaços verdes possa estar mediado pela prática de atividades físicas e pelas condições psicossociais. A prática de atividades físicas é supostamente a principal via pela qual se dá os benefícios das áreas verdes na saúde cardiovascular e geral (KACZYNSKI; HENDERSON, 2007; LEE; MAHESWARAN, 2011). A disponibilidade de espaços verdes, como parques, jardins e a arborização de vias públicas, promove a prática de atividades físicas, associada à redução de inúmeros precursores e fatores de risco cardiovasculares. Em relação às condições psicossociais, os benefícios envolvem a redução do estresse, percepção de saúde melhor, aumento da sensação de bem-estar, além de promoverem a redução do isolamento social. Condições estas que podem afetar a saúde cardiovascular através de mecanismos patofisiológicos e comportamentais (ROZANSKI; BLUMENTHAL; KAPLAN, 1999).

Embora esses resultados estejam consistentes com a hipótese do estudo e com trabalhos já publicados, há uma série de limitações, especialmente relacionadas ao desenho de estudo e à operacionalização das variáveis. A abordagem ecológica não permite se conhecer a distribuição conjunta de variáveis, como a exposição e o desfecho.

Na obtenção da variável desfecho, durante a etapa de geoprocessamento, houve algumas perdas, ocasionadas pela qualidade do preenchimento da ficha de declaração de óbitos e/ou pela localização da residência. No segundo caso, isso leva a perdas diferenciais, já que em locais com aglomerações urbanas irregulares, como áreas favelizadas, setores classificados como aglomerados subnormais, há maior dificuldade de localização do endereço. Apesar disso, e por ter havido relativamente poucas perdas, foi optado por não se retirar os aglomerados subnormais da análise.

A utilização de dados de morbidade poderia ter sido mais sensível para captar o constructo de interesse, porém os dados não estavam disponíveis com o endereço de

residência, o que levou à opção pelos dados de mortalidade. Sobre os dados de óbitos, um problema que prejudica as informações por causa específica está relacionado ao registro de óbitos por causas mal definidas. De acordo com Melo et al. (2006), o mapeamento da mortalidade por infarto agudo do miocárdio e das causas mal definidas revelou uma concentração da subnotificação de infarto em áreas socialmente desfavorecidas, supondo ser função da elevada ocorrência de óbitos por causas mal definidas observada nessas regiões.

Quanto às medidas de exposição, dada a abordagem do trabalho, que considera os benefícios dos espaços verdes para além da mediação via atividade física, o NDVI é uma medida adequada, já que captura todo o tipo de vegetação. Porém, não se pode conhecer os atributos relacionados aos espaços verdes, o que pode afetar o uso e o respectivo efeito na saúde. Estas características incluem a acessibilidade; oportunidades de atividades; qualidade dos atributos físicos e aspectos estéticos; e segurança (DIEZ ROUX, 2003; KACZYNSKI; HENDERSON, 2007; LEE; MAHESWARAN, 2011). As características individuais também podem estar relacionadas ao uso dos espaços como a condição física, idade, gênero, condições psicológicas e a sensação de segurança (LEE; MAHESWARAN, 2011). Além disso não se pode conhecer a variação da exposição ao longo da vida, devido às migrações, por exemplo, e ao longo do dia, referente ao local de moradia e de trabalho. A exposição medida nesta investigação é relativa ao período de estudo, ou seja, aos anos de ocorrência dos óbitos, e não ao período que antecede o processo de adoecimento.

A indisponibilidade de dados no nível de setores censitários, ou da população de estudo que pudessem ser agregados, dificulta a inclusão de algumas informações que poderiam ser importantes para o estudo. É o caso de informações como o tabagismo e a dieta, e a presença de fatores de risco metabólicos. Contudo, como relatado por Diez Roux (2003), as características socioeconômicas do local de residência, mensuradas a partir de informações censitárias, têm sido relacionadas à prevalência de fatores de risco cardiovasculares, incluindo o tabagismo, o padrão de dieta, a pressão sanguínea, o nível de colesterol e o índice de massa corporal. Nesse sentido, a condição socioeconômica, representada no presente estudo pelo IDS, serve como uma variável *proxy* dessas informações inexistentes para a unidade de análise.

A proporção de pessoas negras esteve associada à maior mortalidade, porém, quando ajustada pelo IDS, essa relação desaparece. Isso indica que a relação pode ser explicada pela relação de cor com a condição de vida, e não por uma questão de variabilidade genética. Chor e Lima (2005) relataram a pouca contribuição das características genéticas e da diversidade cultural para explicar os contrastes étnico-raciais de morbimortalidade, havendo evidências de

diferenças socioeconômicas, acumuladas ao longo de sucessivas gerações, que podem explicar essas desigualdades. No entanto, relatam achados que sugerem que a discriminação racial, potencializada por questões socioeconômicas, aumentam o risco a hipertensão.

Inesperadamente, o indicador de acesso aos serviços de urgência e emergência, medido através da distância a essas unidades, foi inversamente associado à mortalidade por DIC e DCBV. Isso pode refletir uma inadequação do indicador em captar a informação de interesse. Primeiramente, porque são consideradas apenas as unidades públicas e que possuem atendimento de urgência e emergência. Sobre esta questão podem existir, na prática, algumas exceções. Por exemplo, em casos graves, qualquer unidade de saúde, mesmo privada, com ou sem atendimento à urgência e emergência, deve fornecer um primeiro atendimento à vítima. Ademais, a distância euclidiana pode não ser a melhor maneira de se quantificar o acesso, já que importam os aspectos relacionados à rota. Apesar disso, dar conta das exceções e ainda criar um indicador que levasse em consideração o fluxo e a rota mais provável, especialmente por se tratar de um estudo ecológico, fugiria do escopo desse trabalho.

Apesar das limitações, o estudo possui diversos aspectos importantes. A abordagem ecológica possibilita a investigação de riscos cardiovasculares dentro de contextos ambientais. Permite examinar como a distribuição dos fatores ambientais moldam o risco cardiovascular, conforme apontado por Diez Roux (2003). O desenho é apropriado para se estudar a exposição de interesse, no caso aos espaços verdes, em relação à saúde da população residente nessas áreas.

Dentre outros avanços importantes está a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em saúde coletiva. Embora a apropriação destas ferramentas tem aumentado, o georreferenciamento de eventos de saúde ainda tem sido um desafio. Nesse trabalho ele foi realizado de modo predominantemente automático e sem custos financeiros diretos. O trabalho também avança no entendimento da influência do ambiente urbano na saúde. Até então, são poucos os estudos que investigaram a associação entre espaços verdes e saúde cardiovascular, especialmente em termos de mortalidade. Além disso, nenhum trabalho realizado em países de média e baixa renda tinha sido encontrado. Este parece ser o primeiro trabalho realizado no Brasil e na América Latina.

Ademais, o papel protetor dos espaços verdes em relação à saúde cardiovascular está consistente com a literatura. Ainda há diversos outros aspectos do espaço urbano, potencialmente relacionados a saúde, que podem ser explorados. Outros estudos que avancem em questões metodológicas e desenhos que possibilitem uma melhor operacionalização das variáveis do estudo, como desenhos de abordagens individuais, especialmente no que diz

respeito aos fatores de confusão, são de suma importância na evolução da pesquisa sobre os determinantes sociais e ambientais de saúde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre o contexto ambiental e a saúde da população tem sido uma questão que vem ganhando cada vez mais relevância nos estudos epidemiológicos. Além das características individuais, aspectos contextuais e coletivos têm o potencial de conferir risco ou proteção à saúde. Esses aspectos envolvem desde atributos físicos do ambiente relativo ao local do estudo, até questões sociais e políticas. A exposição aos espaços verdes é um desses atributos que têm levantado o interesse entre diversas investigações.

Embora haja um crescimento do interesse e, portanto, da quantidade de estudos voltados à investigação dos efeitos da exposição aos espaços verdes na saúde, o conhecimento acerca dessa relação é ainda incipiente. Uma primeira questão é que a maioria dos estudos publicados foi realizada em países de alta renda. São contextos cujo processo de urbanização ocorre de maneira muito diferente à urbanização nos países de média e baixa, assim como as relações culturais com o espaço urbano. Além disso, existem dificuldades reais, em termos de custo e viabilidade na condução de estudos que deem conta de investigar questões contextuais relevando as características individuais.

O presente trabalho identificou a redução da mortalidade por DCV, especialmente por DIC e DCBV, associada à exposição aos espaços verdes, após controlar pela condição socioeconômica e pela poluição do ar, para o município do Rio de Janeiro, através de um estudo de desenho ecológico. Apesar das limitações no desenho de estudo, o resultado está de acordo com a hipótese desse estudo e vai ao encontro de outras evidências já registradas na literatura. Além disso, cabe destacar que, até então, não foi encontrado outro estudo realizado no Brasil e na América Latina.

Por fim, os resultados apontam a proteção dos espaços verdes em relação à saúde cardiovascular e, além disso, revela um padrão em que as áreas com maior mortalidade tendem a ser aquelas com níveis mais baixos de condições de vida e níveis mais altos de poluição do ar. Os mecanismos mais prováveis para explicar essa associação seriam a mediação pela prática de atividades físicas, pela qualidade do ar e pelas condições psicossociais. No entanto, são necessários outros estudos, com desenhos mais minuciosos, para se aprofundar na investigação dessas relações.

Esse tipo de estudo é importante por proporcionar evidências para medidas de planejamento urbano sobre aspectos promotores de benefícios à saúde. Sobretudo tornar óbvio que essas medidas devem abranger toda a cidade, não apenas as regiões mais

favorecidas, em termos socioeconômicos, onde são mais frequentes os raros investimentos. Na situação atual em que a maioria da população mundial vive nas cidades, e cuja proporção tende a aumentar, é crucial pensar o ambiente urbano a fim de favorecer influências positivas nas condições de vida e saúde.

REFERÊNCIAS

- ABEGUNDE, D. O. et al. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. *Lancet*, v. 370, n. 9603, p. 1929–38, 8 dez. 2007.
- AHMED, H. M. et al. Effects of physical activity on cardiovascular disease. *The American journal of cardiology*, v. 109, n. 2, p. 288–95, 15 jan. 2012.
- ALMANZA, E. et al. A study of community design, greenness, and physical activity in children using satellite, GPS and accelerometer data. *Health & place*, v. 18, n. 1, p. 46–54, jan. 2012.
- ARAÚJO, F. et al. Trends in cardiovascular diseases and cancer mortality in 45 countries from five continents (1980-2010). *European journal of preventive cardiology*, 25 jul. 2013.
- AVEZUM, A et al. Cardiovascular disease in South America: current status and opportunities for prevention. *Heart (British Cardiac Society)*, v. 95, n. 18, p. 1475–82, out. 2009.
- BAKER, D.; NIEUWENHUIJSEN, M. J. *Environmental Epidemiology - Study Methods and Application*. 1ª. ed. New York: Oxford, 2008. 398p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Informações de saúde (TABNET). Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em: out. 2014.
- _____. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2014.
- BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, v. 29, n. 2, p. 293–301, maio 1999.
- CÂMARA, G. et al. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S. et al. (Eds.). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004.
- CAVALLIERI, F.; LOPES, G. P. Índice de Desenvolvimento Social (IDS) da Cidade do Rio de Janeiro (2000 – 2010). Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2014.
- CESSE, E. Â. P. et al. Tendência da mortalidade por doenças do aparelho circulatório no Brasil: 1950 a 2000. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 93, n. 5, p. 490–497, nov. 2009.
- CHIVA-BLANCH, G. et al. Effects of wine, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease risk factors: evidences from human studies. *Alcohol and alcoholism (Oxford, Oxfordshire)*, v. 48, n. 3, p. 270–7, 2013.
- CHOR, D.; LIMA, C. DE A. Aspectos epidemiológicos das desigualdades raciais em saúde no Brasil. *Epidemiologic aspects of racial inequalities in health in Brazil*. *Cad. Saude Publica*, v. 21, n. 5, p. 1586–1594, 2005.

CLAYTON; BERNARDINELLI. Bayesian methods for mapping disease risk. In: ELLIOT, P. et al. (Eds.). *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-Area Studies*. p. 205–220.

CRANDALL, C. J.; BARRETT-CONNOR, E. Endogenous sex steroid levels and cardiovascular disease in relation to the menopause: a systematic review. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, v. 42, n. 2, p. 227–53, jun. 2013.

DI NARDO, F.; SAULLE, R.; LA TORRE, G. Green areas and health outcomes: a systematic review of the scientific literature. *Italian Journal of Public Health*, v. 7, n. 4, 2010.

DIEZ ROUX, A. V. Residential environments and cardiovascular risk. *Journal of urban health : bulletin of the New York Academy of Medicine*, v. 80, n. 4, p. 569–89, dez. 2003.

DUNCAN, B. B. et al. Mortalidade por doenças crônicas no Brasil: situação em 2009 e tendências de 1991 a 2009. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE (Ed.). *Saúde Brasil 2010: Uma análise da situação de saúde e de evidências selecionadas de impacto de ações de vigilância em saúde*. p. 117–34.

DUNCAN, B. B.; STEVENS, A.; SCHMIDT, M. I. Mortalidade por doenças crônicas no Brasil: situação em 2010 e tendências de 1991 a 2010. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE (Ed.). *Saúde Brasil 2011*. p. 93–104.

FRANCHINI, M.; MANNUCCI, P. M. Air pollution and cardiovascular disease. *Thrombosis research*, v. 129, n. 3, p. 230–4, mar. 2012.

GALSTER, G. The mechanism(s) of neighbourhood effects: theory, evidence, and policy implications. In: VAM HAM, M.; MANLEY, D.; BAILEY, N. (Eds.). *Neighbourhood Effects Research: New Perspectives*. Dordrecht, the Netherlands: Springer Science+ Business Media, 2012. p. 23–56.

GOOGLE. Google Geocoding API (v3). Google Developers. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>>. Acesso em setembro de 2014.

GOWARD, S. N. et al. North American vegetation patterns observed with the N O A A - 7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetatio*, n. 64, p. 3–14, 1985.

GUARDAMAGNA, O. et al. Impact of nutrition since early life on cardiovascular prevention. *Italian journal of pediatrics*, v. 38, n. 1, p. 73, jan. 2012.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular e mortalidade por doenças do aparelho circulatório em homens adultos. *Revista de Saúde Pública*, v. 46, n. 1, p. 26–33, fev. 2012.

HOFFMANN, B. et al. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *European heart journal*, v. 27, n. 22, p. 2696–702, nov. 2006.

HU, Z.; LIEBENS, J.; RAO, K. R. Linking stroke mortality with air pollution, income, and greenness in northwest Florida: an ecological geographical study. *International journal of health geographics*, v. 7, p. 20, jan. 2008.

ISHITANI, L. H. et al. Desigualdade social e mortalidade precoce por doenças cardiovasculares no Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 40, n. 4, p. 684–691, ago. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011.

_____. Cidades@. Disponível em: <
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330455&search=rio-de-janeiro|rio-de-janeiro>>. Acesso em: 11 mai. 2014.

_____. Malha de Setores Censitário 2010. Disponível em: <
ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios/>. Acesso em: 13 mai. 2014.

KACZYNSKI, A. T.; HENDERSON, K. A. Environmental Correlates of Physical Activity: A Review of Evidence about Parks and Recreation. *Leisure Sciences*, v. 29, n. 4, p. 315–354, jul. 2007.

KAN, H. et al. Prospective analysis of traffic exposure as a risk factor for incident coronary heart disease: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Environmental health perspectives*, v. 116, n. 11, p. 1463–8, nov. 2008.

KELISHADI, R.; POURSAFA, P. A review on the genetic, environmental, and lifestyle aspects of the early-life origins of cardiovascular disease. *Current problems in pediatric and adolescent health care*, v. 44, n. 3, p. 54–72, mar. 2014.

KURIAN, A.; CARDARELLI, K. Racial and ethnic differences in cardiovascular disease risk factors: a systematic review. *Ethnicity and Disease*, v. 17, 2007.

LEE, A. C. K.; MAHESWARAN, R. The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *Journal of public health (Oxford, England)*, v. 33, n. 2, p. 212–22, jun. 2011.

LI, J.; LOERBROKS, A.; ANGERER, P. Physical activity and risk of cardiovascular disease: what does the new epidemiological evidence show? *Current opinion in cardiology*, v. 28, n. 5, p. 575–83, set. 2013.

MAAS, J. et al. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *Journal of epidemiology and community health*, v. 60, n. 7, p. 587–92, jul. 2006.

MAHESWARAN, R.; ELLIOTT, P. Stroke mortality associated with living near main roads in England and wales: a geographical study. *Stroke; a journal of cerebral circulation*, v. 34, n. 12, p. 2776–80, dez. 2003.

MAKHELOUF, A. The effect of green spaces on urban climate and pollution. *Iranian Journal of Environmental Health Science & ...*, v. 6, n. 1, p. 35–40, 2009.

MANSUR, A. DE P.; FAVARATO, D. Mortalidade por doenças cardiovasculares no Brasil e na região metropolitana de São Paulo: atualização 2011. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 99, n. 2, p. 755–761, 1 ago. 2012.

MCMICHAEL, A J. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 78, n. 9, p. 1117–26, jan. 2000.

MEDINA-RAMÓN, M. et al. Residential exposure to traffic-related air pollution and survival after heart failure. *Environmental health perspectives*, v. 116, n. 4, p. 481–5, abr. 2008.

MELO, E.; CARVALHO, M.; TRAVASSOS, C. Distribuição espacial da mortalidade por infarto agudo do miocárdio no Município do Rio de Janeiro, Brasil Spatial distribution of mortality from acute. *Cad. Saúde Pública*, v. 22, n. 6, p. 1225–1236, 2006.

MENTE, A. et al. A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease. *Archives of internal medicine*, v. 169, n. 7, p. 659–69, 13 abr. 2009.

MITCHELL, R.; POPHAM, F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *Lancet*, v. 372, n. 9650, p. 1655–60, 8 nov. 2008.

MORRIS, N. Health , Well-Being and Open Space Literature Review. *OPENSspace*, n. July, 2003.

OSMOND, C.; BARKER, D. J. Fetal, infant, and childhood growth are predictors of coronary heart disease, diabetes, and hypertension in adult men and women. *Environmental health perspectives*, v. 108 Suppl , n. June, p. 545–53, jun. 2000.

PEARCE, J. Invited commentary: history of place, life course, and health inequalities- historical geographic information systems and epidemiologic research. *American journal of epidemiology*, v. 181, n. 1, p. 26–9, 1 jan. 2015.

PEREIRA, G. et al. The association between neighborhood greenness and cardiovascular disease: an observational study. *BMC public health*, v. 12, n. 1, p. 466, jan. 2012.

PIEGAS, L. S. et al. Risk factors for myocardial infarction in Brazil. *American heart journal*, v. 146, n. 2, p. 331–8, ago. 2003.

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. 71–7, 6 jan. 2004.

PRASAD, D. S. et al. Smoking and cardiovascular health: a review of the epidemiology, pathogenesis, prevention and control of tobacco. *Indian journal of medical sciences*, v. 63, n. 11, p. 520–33, nov. 2009.

PRASAD, D. S. et al. Cardiovascular risk factors in developing countries: A review of clinico-epidemiological evidence. *CVD Prevention and Control*, v. 5, n. 4, p. 115–123, dez. 2010.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM (2014). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 2.6.1-Brighton, 2014. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: nov. 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Versão 3.1.1. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: jul. 2014.

RHEW, I. C. et al. Validation of the normalized difference vegetation index as a measure of neighborhood greenness. *Annals of epidemiology*, v. 21, n. 12, p. 946–52, dez. 2011.

RICHARDSON, E. A et al. Role of physical activity in the relationship between urban green space and health. *Public health*, v. 127, n. 4, p. 318–24, abr. 2013.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Serviços – Conteúdo. Disponível em: <<http://www.saude.rj.gov.br/servicos.html>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

RIO DE JANEIRO (RJ). Instituto Pereira Passos. Armazém de dados: Mapas Digitais (Logradouros). Disponível em: <<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: mai. 2014.

_____. Secretaria Municipal de Obras. Diretrizes de Projetos de Vias Urbanas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. Secretaria Municipal de Saúde. Gerência Técnica de Dados Vitais. Declarações de óbito do Sistema de Informações sobre Mortalidade. CD-ROM.

_____. Secretaria Municipal de Saúde. Urgência e Emergência – Lista de Unidades. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/sms/exibeconteudo?id=4206759>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

_____. Subsecretaria de Atenção Primária, Vigilância e Promoção da Saúde. Lista de unidades de Saúde. Disponível em: <<https://subpav.org/logar.php>>, com senha e login. Acesso em: 16 nov. 2014.

ROGER, V. L. et al. Heart disease and stroke statistics--2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, v. 123, n. 4, p. e18–e209, 1 mar. 2011.

RONKSLEY, P. et al. Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ: British Medical ...*, 2011.

ROSE, G. Sick individuals and sick populations. *Int J Epidemiol*, n. 14, p. 32–38, 1985.

ROZANSKI, A.; BLUMENTHAL, J. A.; KAPLAN, J. Impact of Psychological Factors on the Pathogenesis of Cardiovascular Disease and Implications for Therapy. *Circulation*, v. 99, n. 16, p. 2192–2217, 27 abr. 1999.

RÜCKERL, R. et al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalation toxicology*, v. 23, n. 10, p. 555–92, ago. 2011.

RYDER, E. et al. Black Hispanics have a worse cardiovascular risk profile than mixed Hispanics in Venezuela. *Investigacion ...*, v. 48, n. 1, p. 45–55, 2007.

SAGA DEVELOPMENT TEAM. System for Automated Geoscientific Analyses. SAGA GIS. Versão 2.4.1. Hamburg, Alemanha: 2014. Disponível em: <<http://www.saga-gis.org>>. Acesso em: nov. 2014.

SANTOS, M. C. B. et al. Hábitos e perfil socioeconômico do paciente aterosclerótico no Brasil. *Com. Ciências Saúde*, v. 22, n. 3, p. 247–256, 2011.

SANTOS, R. et al. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, n. 1, p. 01–40, 2013.

SCHMIDT, M. I. et al. Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. *Lancet*, v. 377, n. 9781, p. 1949–61, 4 jul. 2011.

SOARES, G. et al. Mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares em três estados do Brasil, 1980 a 2006. *Rev Panam Salud ...*, v. 1, n. 1, p. 258–266, 2010.

TRAN, D.-M. T.; ZIMMERMAN, L. M. Cardiovascular Risk Factors in Young Adults: A Literature Review. *The Journal of cardiovascular nursing*, v. 00, n. 0, 16 abr. 2014.

TUCKER, C. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, n. 8, p. 127–150, 1979.

UNITED NATIONS POPULATION DIVISION. Urban and Rural Areas 2011. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Wallcharts/urban-rural-areas.pdf>>.

_____. World Population Prospects: The 2012 Revision. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/WPP2012_Wallchart.pdf>.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landsat 4-5 TM Collection. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

_____. Apresenta informações gerais sobre a coleção Landsat Thematic Mapper. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/TM>>. Acesso em: 6 jan. 2015.

UZOIGWE, J. C. et al. The Emerging Role of Outdoor and Indoor Air Pollution in Cardiovascular Disease. *North American journal of medical sciences*, v. 5, n. 8, p. 445–453, ago. 2013.

VILLABLANCA, A. C.; JAYACHANDRAN, M.; BANKA, C. Atherosclerosis and sex hormones: current concepts. *Clinical science (London, England : 1979)*, v. 119, n. 12, p. 493–513, dez. 2010.

VILLENEUVE, P. J. et al. A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. *Environmental research*, v. 115, p. 51–8, maio 2012.

VLAHOV, D.; GALEA, S. Urbanization, urbanicity, and health. *Journal of urban health : bulletin of the New York Academy of Medicine*, v. 79, n. 4 Suppl 1, p. S1–S12, dez. 2002.

WALL, M. M. A close look at the spatial structure implied by the CAR and SAR models. *Journal of Statistical Planning and Inference*, v. 121, n. 2, p. 311–324, abr. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Prevention of cardiovascular disease. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241547178_eng.pdf>. Acesso em: 31 out. 2013.

_____. Global recommendations on physical activity for health. 2010.

_____. Global status report on noncommunicable diseases 2010. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240686458_eng.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2013a.

_____. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. (S. Mendis, P. Puska, B. Norrving, Eds.). Geneva: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20113230454.html>>. Acesso em: 31 out. 2013b.

YUSUF, S. et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases: Part I: General Considerations, the Epidemiologic Transition, Risk Factors, and Impact of Urbanization. *Circulation*, v. 104, n. 22, p. 2746–2753, 27 nov. 2001.

ZHU, Y. et al. Concentration and Size Distribution of Ultrafine Particles Near a Major Highway. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 52, n. 9, p. 1032–1042, set. 2002.

APÊNDICE A - Script de georreferenciamento

A seguir, é detalhado o *script* programado em R, utilizado na rotina de georreferenciamento dos endereços das declarações de óbitos. Antes de serem submetidos a esse procedimento, os endereços foram padronizados.

O *script* de padronização não está detalhado por poder ser feito através de uma série de procedimentos, e ainda estar de acordo com as características dos dados que estão sendo submetidos ao processo. Por exemplo, são feitos com base no padrão de prefixos locais, na correção de erros mais frequentes ou de mudanças do nome de ruas e bairros, etc.

A variável *campoend* se refere a coluna do banco de dados relativa ao nome do logradouro; *camponum* se refere a coluna onde consta a numeração das residências; e *campobair* se refere ao bairro de residência. Os *script* ou as variáveis do banco de dados devem estar concordantes. No caso o campo *endres* é composto pelos campos anteriores, o município e o país, podendo ser alterados. Ao final ele gera um banco de dados, relacionados pela variável de identificado, que nesse caso é *NUMERODO*. Mas que também deve estar de acordo com o banco.

Primeiramente são carregadas as bibliotecas necessárias

```
library(bitops)
library(RCurl)
library(gdata)
library(XML)
```

banco=read.csv("") leitura do banco de dados padronizados

```
a=trim(as.character(banco[,campoend]))
b=ifelse(!is.na(banco[,camponum]),trim(as.character(banco[,camponum])), "")
c=ifelse(!is.na(banco[,campobair]),trim(as.character(banco[,campobair])), "")
```

Atenção para a definição dos campos do endereço acima

```
endres=paste(a, " ", "b", " ", "c", " ", "Rio de Janeiro, Brasil", sep="")
site="http://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/xml?address="
sensor="&sensor=false"
coord=matrix(data = NA, nrow = n, ncol = 6, byrow = FALSE)
for (i in 1:length(endres)) { # CRIAR DELAY ENTRE AS GEOCODIFICACOES
  url=paste(site,endres[i],sensor,sep="")
  doc = xmlTreeParse(url, useInternal=TRUE)
  if ((xmlValue(getNodeSet(doc, '//status')[[1]]))=="OK"){
    coord[i,1] = xmlValue(getNodeSet(doc, '//status')[[1]])
    coord[i,2] = xmlValue(getNodeSet(doc, '//result/type')[[1]])
```

```

coord[i,3] = xmlValue(getNodeSet(doc, '//result/formatted_address')[[1]])
coord[i,4] = as.numeric(xmlValue(getNodeSet(doc, '//location/lat')[[1]]))
coord[i,5] = as.numeric(xmlValue(getNodeSet(doc, '//location/lng')[[1]]))
coord[i,6] = bdgeral[,"NUMERODO"][i]

}
else if (((xmlValue(getNodeSet(doc, '//status')[[1]]))=="OVER_QUERY_LIMIT") || (i>2000)) {
  print("ERROR OVER_QUERY_LIMIT")
  break
}
else {
  coord[i,1] = xmlValue(getNodeSet(doc, '//status')[[1]])
}
}
# SOLVE OVER QUERY
#for (j in i:length(endres)){
#
#}

colnames(coord)=c('STATUS','PRECISAO','formatted_address','LAT','LONG','NUMERODO')
Gera um banco final
bancofinal=merge(banco,coord,by="NUMERODO")
Salva o banco como um arquivo csv
write.csv(bancofinal,"bancofinal.csv",row.names=FALSE,na="")

```

APÊNDICE B – Espaços verdes e mortalidade por doença isquêmica e cerebrovascular no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2010 a 2012 (artigo científico)

Resumo:

As doenças cardiovasculares têm sido apontadas como um dos principais problemas mundiais de saúde pública. Além dos fatores de risco individuais, diversos estudos têm sugerido a importância de determinantes ambientais e contextuais do risco cardiovascular, entre eles a exposição aos espaços verdes. Essa relação poderia se dar por meio da promoção de atividades físicas, da melhoria das condições psicossociais e da qualidade do ar. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é investigar a associação entre os espaços verdes e a mortalidade por doenças isquêmicas do coração (DIC) e doenças cerebrovasculares (DCBV) no município do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2012. Foi realizado um estudo do tipo ecológico, tendo os setores censitários como unidade de análise. Como variável desfecho foi utilizada a razão de mortalidade padronizada (RMP) por sexo e idade, pelo método indireto. Como medidas de exposição aos espaços verdes foram utilizadas a média e a variabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou NDVI (sigla em inglês) médio referente ao período de estudo, em *buffers* de 100 metros das bordas dos setores censitários. Os dados foram analisados por um modelo linear condicional autorregressivo, que considera também a estrutura de dependência espacial. Foram incluídas no modelo as covariáveis Índice de Desenvolvimento Social; densidade de vias de tráfego veicular, utilizadas como *proxy* de poluição, em *buffers* de 100 metros dos setores; e o indicador de setores censitários litorâneos. Após o ajuste do modelo, controlando os possíveis fatores de confusão, foi verificada a redução de 4,5% (CI95%: 7,3%, 1,6%) da mortalidade nas áreas com exposição referente ao quarto mais alto da média do índice; e de 3,4% (IC95%: 6,2%; 0,7%) nas áreas referentes ao quarto mais alto da variabilidade, ambos em comparação com o quarto mais baixo. Esse resultado indica a associação inversa entre a exposição aos espaços verdes e a mortalidade por DIC e DCBV no município do Rio de Janeiro. Além disso, o aumento da mortalidade está associado a piores condições de vida e à poluição do ar.

Palavras-chave: Espaços verdes. Doenças cardiovasculares. Epidemiologia ambiental. Estudos ecológicos.

Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) têm sido apontadas como um dos principais problemas mundiais de saúde pública, não apenas devido a sua incidência, mas também por ser umas das principais causas de morte. Como apontado pela Organização Mundial da Saúde

(OMS), do total de 57 milhões de mortes ocorridas em 2008 no mundo, 17,3 milhões, ou 30%, foram atribuídas às DCV. Desse total, 7,3 milhões foram causadas por doenças isquêmicas do coração (DIC) e 6,2 milhões por doenças cerebrovasculares (DCBV) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a, 2011b).

No Brasil, em 2011, conforme dados do Ministério da Saúde, as DCV foram as principais causas de morte, responsáveis por 335.213 ou 29% dos óbitos ocorridos. Trata-se da segunda causa mais frequente de morte na faixa de 20 a 59 anos de idade, atrás apenas das causas externas, e a primeira causa mais frequente na faixa acima dos 60 anos de idade.

Os fatores de risco individuais, responsáveis pela alta carga da doença, são comumente classificados como não modificáveis e modificáveis. Os fatores não modificáveis estão associados ao perfil de cada indivíduo, como idade, sexo e gênero, e a predisposição genética, relacionada à etnia e ao histórico familiar (SANTOS et al., 2011; TRAN; ZIMMERMAN, 2014; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b). Dentre os fatores de risco modificáveis estão incluídos os hábitos e comportamentos, como o tabagismo, o uso prejudicial de álcool, dieta inadequada, inatividade física, condições psicossociais e aspectos da vida intrauterina. Estes, por sua vez, repercutem nos fatores de risco metabólicos como hipertensão, sobrepeso e obesidade, diabetes e dislipidemia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007, 2011b).

Além das abordagens relacionadas ao risco individual, diversos estudos sugerem que os fatores ambientais e contextuais também são importantes na distribuição do risco cardiovascular (DIEZ ROUX, 2003). As pesquisas sobre a influência do contexto ambiental na saúde têm se preocupado com a distribuição espacial de aspectos positivos e negativos, sendo indicado que populações socialmente desfavorecidas frequentemente apresentam maiores níveis de exposições insalubres e menores níveis de exposições saudáveis (PEARCE, 2015).

Recentemente, diversos estudos encontraram evidências dos benefícios da exposição aos espaços verdes na saúde cardiovascular (HU; LIEBENS; RAO, 2008; MITCHELL; POPHAM, 2008; PEREIRA et al., 2012, 2013; VILLENEUVE et al., 2012). Supostamente, essa relação entre espaços verdes e saúde cardiovascular pode se dar principalmente por três vias: por meio da redução da inatividade física, da melhoria das condições psicossociais e da melhoria da qualidade do ar.

A prática de atividades físicas tem sido apontada como uma das principais vias pelas quais se dão os benefícios dos espaços verdes na saúde cardiovascular e geral. A maioria dos estudos publicados sustenta a ideia de que os espaços verdes têm o potencial de promover a prática de atividades físicas, disponibilizando espaços para corridas e caminhadas (LEE;

MAHESWARAN, 2011). Há resultados que sugerem a associação entre a existência de parques e locais de recreação com o aumento da prática de atividade física entre a população residente (KACZYNSKI; HENDERSON, 2007). Almanza et al. (2012), através de um estudo de intervenção *quasi* experimental, identificaram que crianças em fase de crescimento, experimentando exposição de pelo menos 20 minutos diários, tiveram até 39% a mais de chance de praticar atividades físicas moderadas a vigorosas.

Quanto aos desfechos psicossociais, Lee e Maheswaran (2011) e Morris (2003) relatam estudos que atribuem benefícios do acesso aos espaços verdes à redução de estresse, percepção de saúde melhor e aumento de qualidade de vida e bem-estar. Esses espaços também provêm um ponto de encontro e interação entre os usuários, favorecendo a manutenção dos laços sociais e o aumento da coesão social, reduzindo a sensação de isolamento.

Os espaços verdes possuem a capacidade de melhorar a qualidade do ar através da purificação do ar poluído, reduzindo a concentração de fuligem e produtos químicos tóxicos, além de amenizar o clima (MORRIS, 2003). Em um estudo sobre a influência de espaços verdes na poluição do ar e no clima de grandes cidades, foram identificados efeitos de parques e jardins urbanos sobre a temperatura, umidade, ventos, precipitação e na distribuição de poluição do ar (MAKHELOUF, 2009). Em outra investigação foi evidenciada também que a concentração de poluentes tende a aumentar com a distância aos espaços verdes (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é investigar a associação entre áreas verdes e a mortalidade por DIC e DCBV no município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2010 a 2012. Foi utilizada uma abordagem ecológica, tendo os setores censitários como unidade de análise. A definição de áreas verdes neste estudo considera todo tipo de cobertura vegetal como parques, jardins, arborização urbana e florestas. São aspectos espaciais que além de promoverem a prática de atividades físicas, propiciam a melhoria da qualidade do ar e interferem nos fatores psicossociais, criando a sensação de bem-estar e conforto.

Métodos

Desenho de estudo, área e período

Foi realizado um estudo do tipo ecológico, no município do Rio de Janeiro, tendo como unidade de análise os setores censitários. O período de estudo compreendeu os anos de 2010 a 2012. A população do município do Rio de Janeiro em 2010 foi estimada em 6.320.446 habitantes. Foram excluídos da análise os setores censitários sem informação e aqueles classificados como embarcações, aldeias indígenas, penitenciárias, asilos, orfanatos, conventos, hospitais ou projetos de assentamentos rurais.

Razões de mortalidade por DIC e DCBV

Os dados de mortalidade foram obtidos das declarações de óbito do Sistema de Informações sobre Mortalidade da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (SIM/SMS-RJ). Foram selecionados os óbitos ocorridos entre pessoas com idade acima de 30 anos e que tiveram como causa básica as DIC e DCBV, agrupadas no capítulo IX da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) classificadas, respectivamente, pelos códigos I20 a I25 e I60 a I69.

Para serem contabilizados e agregados por setor censitário, os óbitos foram georreferenciados de acordo com o endereço de residência das vítimas, que consta no banco. O procedimento envolveu a padronização dos endereços; o georreferenciamento propriamente dito; a avaliação da qualidade e correção dos dados necessários. Os endereços foram georreferenciados através de um *script* em R, que acessa e realiza automaticamente as buscas das respectivas coordenadas geográficas a partir da Interface de Programação de Aplicativos ou, em inglês, *Application Programming Interface* (API) do Google Maps. Para assegurar a qualidade dos dados, os endereços retornados foram comparados com os endereços informados e, quando necessário, feitas as devidas correções e novamente georreferenciados. Na contagem dos óbitos foi utilizada a base digital dos setores censitários do município do

Rio de Janeiro, referente ao censo de 2010. Todo o procedimento envolveu, além da API do Google, os programas R versão 3.1.1 e Quantum GIS, versão 2.6.1

As razões de mortalidade por DIC e DCBV padronizadas, por sexo e faixa etária, foram calculadas conforme o método indireto. A RMP é obtida pelo quociente entre o número de óbitos observados e o número de óbitos esperados. Para o cálculo dos óbitos esperados foram utilizados os coeficientes de mortalidade referentes ao município, construídos com base nos dados obtidos via TABNET das Informações de Saúde do DATASUS. Foram considerados os óbitos ocorridos entre 2010 e 2012 e a população referente ao ano de 2010.

Indicador de exposição às áreas verdes

A exposição aos espaços verdes foi medida através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou NDVI, sigla em inglês para *Normalized Difference Vegetation Index*. Trata-se de um índice constituído a partir de imagens de sensoriamento remoto por satélite, servindo para caracterizar a densidade e o vigor da vegetação de uma região. O índice é determinado pelo grau de refletância do espectro vermelho visível e pela refletância da radiação infravermelha próxima, que são proporcionais à densidade e vigor das áreas verdes. Os componentes clorofilados das plantas produzem um padrão de baixa refletância na faixa vermelha, alta refletância na faixa do infravermelho próximo (GOWARD et al., 1985, 1991; TUCKER, 1979).

Seu cálculo é obtido através da fórmula:

$$NDVI = \frac{IVP - VIS}{IVP + VIS}$$

Em que:

IVP: é o valor da refletância do espectro infravermelho próximo;

VIS: é o valor da refletância do espectro vermelho visível.

Teoricamente o valor do NDVI varia entre o intervalo -1 e 1. Porém, na prática, frequentemente assume valores entre -0,1 e 0,7. Valores negativos indicam a presença de água, gelo e nuvens; entre -0,1 e 0,1 indicam superfícies descobertas; e valores em torno de 0,6 se referem à vegetação verde densa.

Neste estudo foram utilizadas a média e a variabilidade do NDVI nos *buffers* dos setores censitários. Os *buffers* são zonas de determinados tamanhos, construídas a partir da

borda de cada setor, abrangendo, o setor e a faixa especificada ao seu redor. A média informa sobre a vegetação média da área, considerando todos os *pixels* por ela abrangidos. Já a variabilidade, dada pela diferença entre os percentis 90 e 10, informa sobre a coexistência de níveis extremos de cobertura. Medidas com baixa variabilidade são indícios de locais predominantemente verdes ou não verdes, ao passo que a maior variabilidade corresponde a locais onde coexistem superfícies com e sem cobertura vegetal.

Foram utilizadas as bandas 3 (VIS) e 4 (IVP) da coleção de imagens Landsat 4-5 TM, que possuem resolução de 30 metros. Foram consideradas apenas imagens diurnas, geradas entre 2010 e 2012, e com até 10% de nuvens para a região de interesse, totalizando sete imagens. Primeiramente foi calculado o NDVI médio das imagens e, posteriormente, os indicadores de exposição nos *buffers* de 100 metros dos setores, a saber, a média e a variabilidade do NDVI. Os cálculos foram realizados no programa SAGA, versão 2.1.4.

Poluição atmosférica

Como variável *proxy* de exposição à poluição atmosférica foi utilizada a densidade de vias de tráfego veicular por setor censitário, conforme sugerido por Habermann e Gouveia (2012). Os veículos são atualmente as principais fontes de poluição nas grandes cidades, sendo observado, em alguns estudos, que populações de locais mais próximos às grandes vias possuem maior chance de desfechos cardiovasculares (KAN et al., 2008; MAHESWARAN; ELLIOTT, 2003; MEDINA-RAMÓN et al., 2008) do que em regiões mais afastadas. Além disso, dada a falta de dados do monitoramento de poluentes, o uso do indicador se torna uma opção mais adequada.

As densidades foram obtidas pelo quociente entre o comprimento de vias, em metros, e a área dos *buffers* de 100 metros dos setores censitários, em m², sendo sua unidade m⁻¹. Para o cálculo foi utilizada a malha dos logradouros do município do Rio de Janeiro. As vias foram consideradas separadamente, conforme a hierarquia, sendo um grupo com as vias dos tipos coletoras e normais e o outro com as vias dos tipos estruturais, primárias e secundárias (RIO DE JANEIRO, RJ, 2013). O procedimento foi realizado no programa Quantum GIS, versão 2.6.1.

Indicadores socioeconômicos e demográficos

Como indicador das condições de vida da população foi utilizado o Índice de Desenvolvimento Social (IDS) (CAVALLIERI; LOPES, 2014). Trata-se de um índice sintético, que mede o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica, composto por algumas variáveis que melhor expressam o fenômeno intencionado, mas que dependem tanto de sua disponibilidade quanto da qualidade estatística.

Seu cálculo utilizou 8 indicadores, construídos a partir de informações do Censo de 2010 (IBGE, 2011), que compõem as dimensões acesso a saneamento básico, qualidade habitacional, grau de escolaridade e disponibilidade de renda. A saber:

- Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água via rede geral de distribuição;
- Proporção de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial;
- Proporção de domicílios particulares permanentes com lixo coletado;
- Número médio de banheiros por pessoa;
- Proporção de analfabetismo entre pessoas com idade de 10 a 14 anos;
- Rendimento médio das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) em salários mínimos;
- Proporção das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) com rendimento de até dois salários mínimos;
- Proporção das pessoas responsáveis por domicílio (que têm rendimento) com rendimento igual ou superior a dez salários mínimos.

Para o cômputo do índice, primeiramente os 8 indicadores foram normalizados para que se tornassem compatibilizados e tivessem o mesmo intervalo de variação em uma escala de 0 a 1. Posteriormente foi calculada a média aritmética dos 8 indicadores, que corresponde ao valor do IDS de cada unidade de área.

Como indicador de cor/raça foi utilizado a proporção de pessoas residentes de cor/raça preta. Os procedimentos foram realizados no programa R, versão 3.1.1.

Indicador de setores censitários litorâneos

Foi criada uma variável binária para indicar se o setor censitário é litorâneo, ou seja, se faz parte da orla marítima que se estende desde os bairros do Leme até o Recreio dos Bandeirantes. Essas são regiões com maior afluência de recursos e melhores condições de vida, provavelmente com menores taxas de mortalidade por DIC e DCBV. Por outro lado, os setores censitários que estão na orla abrangem a faixa de areia, podendo apresentar valores reduzidos do NDVI, característicos de superfícies descobertas. O indicador foi introduzido a fim de controlar esse contexto.

Indicador de acesso aos serviços de saúde

A fim de informar sobre o acesso aos serviços de saúde foi criada uma variável *proxy* para indicar o acesso no caso de ocorrência de DIC e/ou DCBV. Para o cálculo do indicador foi calculada a distância euclidiana do centroide do setor censitário até a unidade pública de saúde mais próxima, e que contasse com atendimento de urgência e emergência.

Foram consideradas todas as unidades de saúde com serviço público de atendimento à urgência e emergência, abrangendo as Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e hospitais. Além disso, as unidades contabilizadas deveriam estar em funcionamento durante qualquer momento do período de estudo. As unidades foram georreferenciadas através do Google Maps e o cálculo da distância dos setores censitários à unidade de saúde mais próxima foi realizado no programa Quantum GIS, versão 2.6.1-Brighton, através do *plugin* Grass, versão 6.4.3.

Análise dos dados

A análise descritiva foi realizada através de tabelas e mapas temáticos. Com a finalidade de se conhecer as distribuições espaciais das variáveis do estudo foram construídos os mapas das variáveis RMP, IDS, média e variabilidade do NDVI.

Foi utilizado um modelo de regressão linear multivariado para a análise da associação entre a RMP por DIC e DCBV e a exposição aos espaços verdes, controlado pelas covariáveis. A inclusão da dependência espacial foi feita através do ajuste de um Modelo Condicional Autorregressivo ou *Conditional Autorregressive Models* (CAR). O modelo é especificado para o conjunto de distribuições de probabilidade condicionais de cada observação, considerando os valores das demais observações.

Suponha que $\{Y(A_i): A_i \in (A_1 \dots A_n)\}$ sejam um processo gaussiano onde $\{A_1 \dots A_n\}$ forma o conjunto de áreas D. O modelo CAR pode ser expresso como (WALL, 2004):

$$Y(A_i) | Y(A_{(-i)}) \sim N \left(\mu_i + \sum_{j=i}^n c_{ij} (Y(A_j) - \mu_j), \tau_i^2 \right)$$

Em que $Y(A_{(-i)}) = \{Y(A_j): j \neq i\}$, $E(Y(A_i)) = \mu_i$, τ_i^2 é a variância condicional, e c_{ij} são as constantes conhecidas e desconhecidas, em particular $c_{ii} = 0$, $i = 1 \dots n$. Se n é finito, obtém-se a matriz $C = (c_{ij})$ e $T = \text{diag}\{\tau_1^2, \tau_2^2, \dots, \tau_n^2\}$ e assim:

$$Y \sim N(\mu, (I_n - C)^{-1}T)$$

A estrutura de C é usualmente especificada com um único parâmetro baseado na matriz de vizinhança definida, W . C é dado por $\rho_c W$, sendo que ρ_c é o parâmetro de correlação ou dependência espacial e precisa ser estimado. Os parâmetros são estimados pelo método de máxima verossimilhança.

A implementação do modelo foi realizada no programa R, versão 3.1.1. Foi incluído o log da RMP como variável desfecho, tendo como variáveis explicativas o IDS; as variáveis *proxy* de poluição, densidade de vias locais e coletoras e densidade de vias estruturais, primárias e secundárias; o indicador de setores litorâneos e a variável de exposição. Para cada tipo de medida da exposição, média e variabilidade do NDVI, foi implementado um modelo. A proporção de pessoas negras e a distância às unidade de saúde não foram incluídas na análise.

Aspectos Éticos

O projeto foi submetido e aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa do Instituto de Medicina Social, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CEP/IMS/UERJ) e da Prefeitura do Rio de Janeiro (CEP/SMS/RJ), procedimento necessário para a concessão dos

dados e execução do estudo. O número do processo que consta na Plataforma Brasil é 25578613.0.0000.5260.

Resultados

Entre os anos de 2010 e 2012 foram notificados 14.042 óbitos por DIC e 11.917 óbitos por DCBV, ocorridos entre pessoas acima de 30 anos de idade, totalizando 25.959 óbitos. Desse total puderam ser georreferenciados 23.800 óbitos, resultando em 9,2% de perdas, devido a não localização dos endereços.

A Tabela 1 a seguir apresenta o resumo das estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo.

Variável	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
RMP	0,000	0,000	0,683	0,926	1,296	125,000
IDS	0,252	0,554	0,590	0,602	0,645	0,900
Proporção de pessoas negras	0,000	0,052	0,099	0,110	0,150	0,709
Densidade de vias coletoras e locais em <i>buffers</i> de 100 m	0,000	0,010	0,013	0,014	0,018	0,052
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias em <i>buffers</i> de 100 m	0,000	0,000	0,000	0,002	0,034	0,028
Setor litorâneo	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	1,000
Distância as unidade de urgência e emergência	38,160	990,300	1578,000	1969,000	2355,000	16850,000
Média do NDVI em <i>buffers</i> de 100 m	-0,097	0,045	0,089	0,115	0,163	0,593
Variabilidade do NDVI em <i>buffers</i> de 100 m	0,016	0,120	0,179	0,208	0,276	0,823

As Figuras 1 a 4 mostram os mapas de distribuição por setores censitários de algumas variáveis, a saber, o desfecho, RMP; o IDS; as medidas de exposição média e a variabilidade do NDVI. A descontinuidade do mapa é consequência da exclusão dos setores censitários sem informação e aqueles classificados como embarcações, aldeias indígenas, penitenciárias, asilos, orfanatos, conventos, hospitais ou projetos de assentamentos rurais.

Figura 1 - Distribuição da RMP por DIC e DCBV, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.

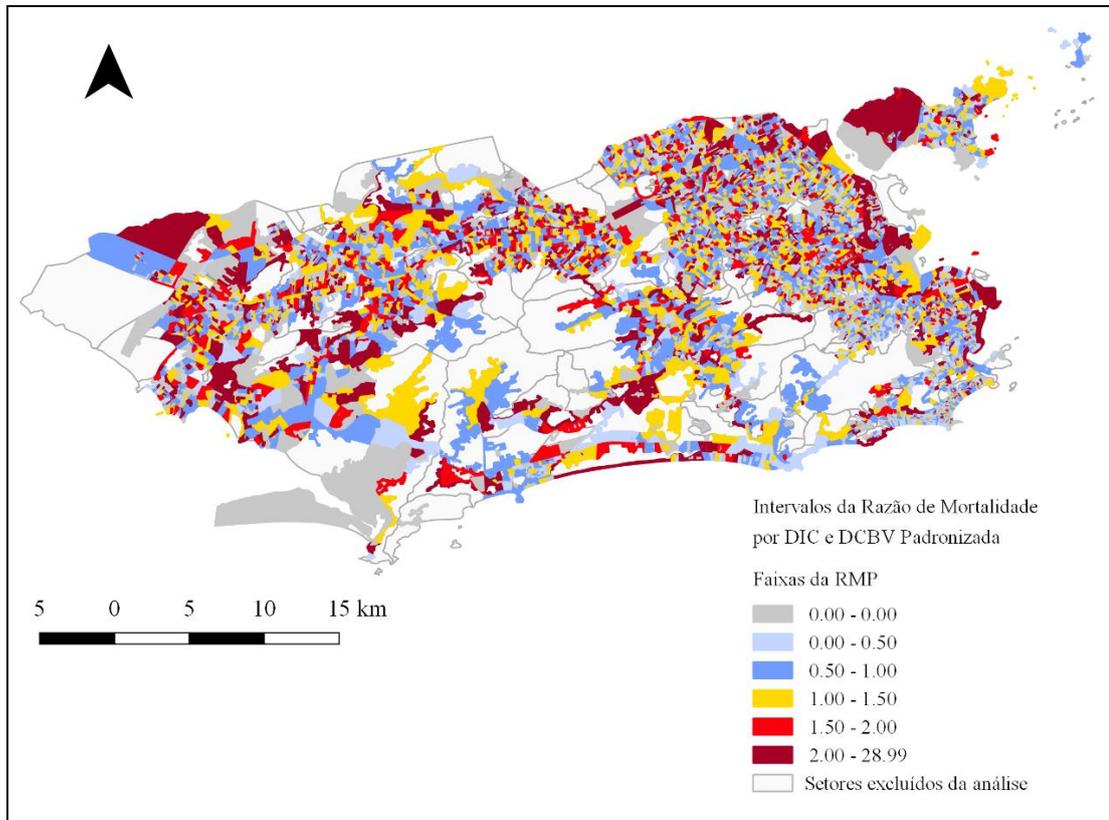


Figura 2 - Distribuição dos quartos do Índice de Desenvolvimento Social (IDS), por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao ano de 2010.

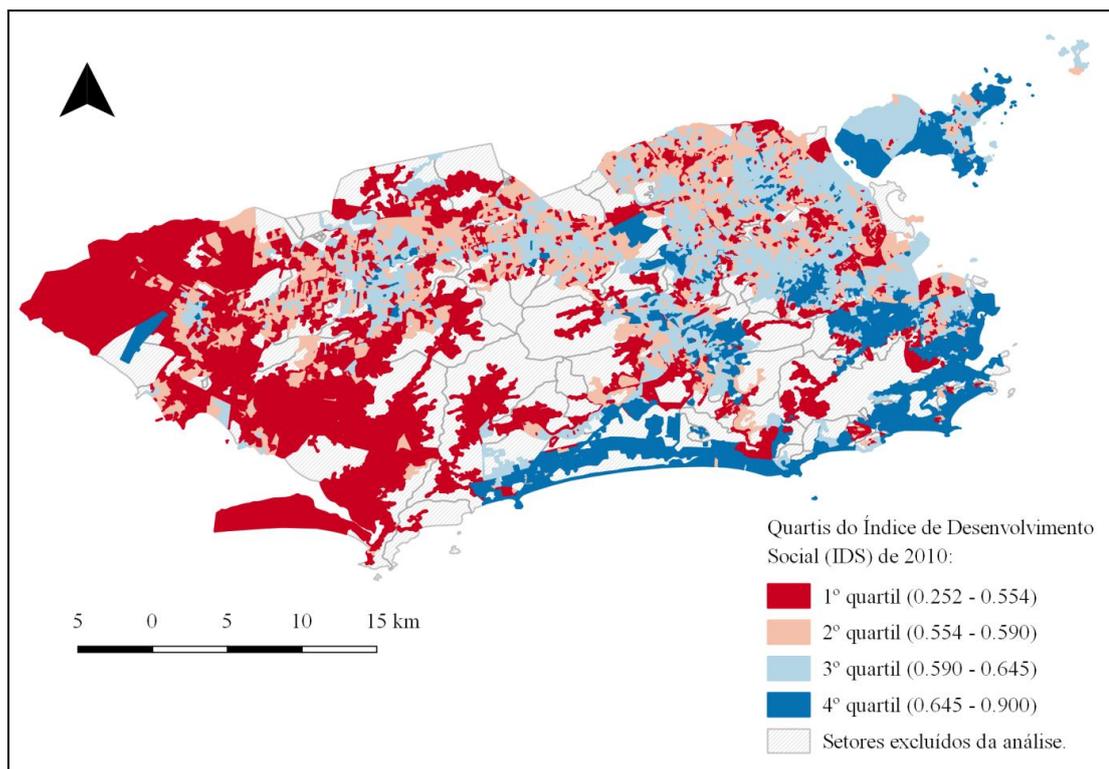


Figura 3 - Distribuição geográfica dos quartos da média no NDVI em *buffers* de 100 m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.

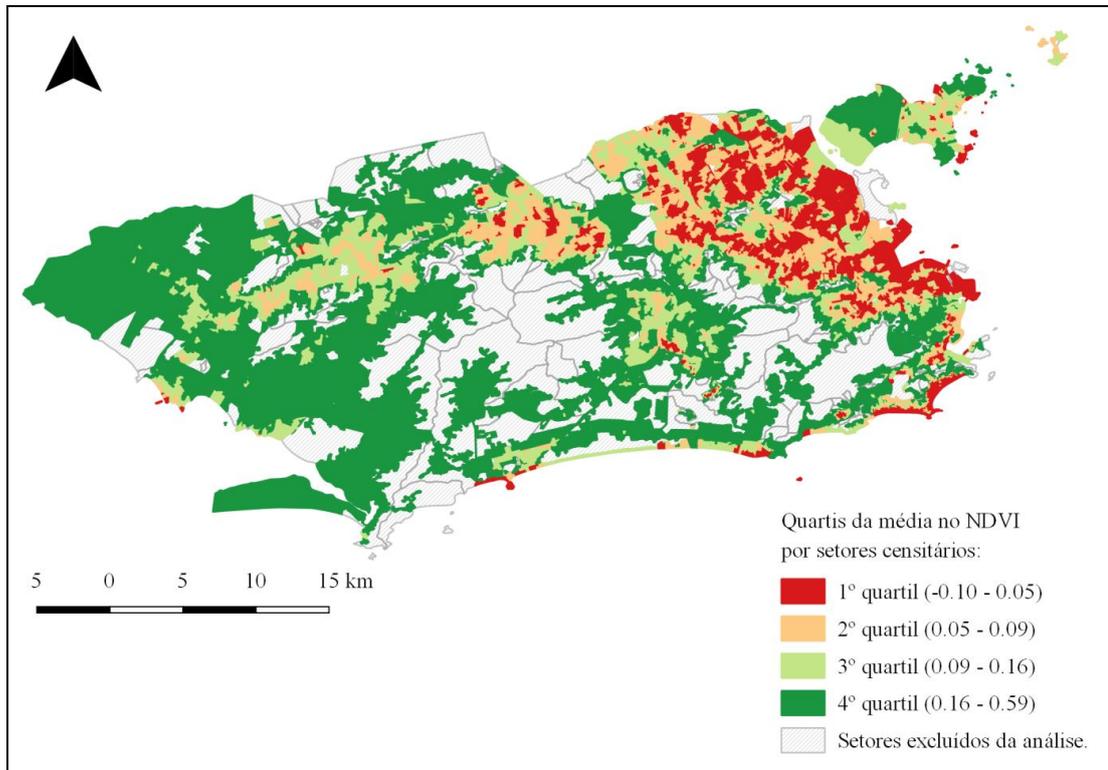
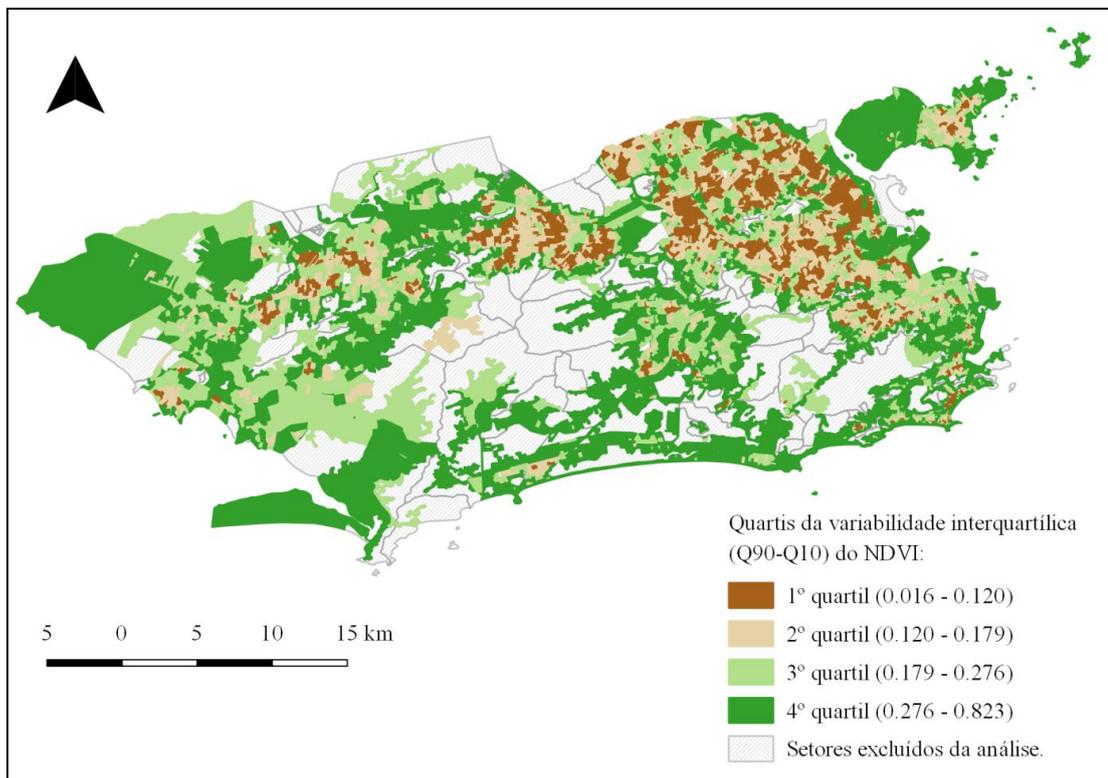


Figura 4 - Distribuição dos quartos da variabilidade do NDVI em *buffers* de 100m, por setor censitário no município do Rio de Janeiro, referente ao período de 2010 a 2012.



O mapa dos quartos da RMP (Figura 1) não revela um padrão definido da distribuição dos valores. A média da RMP foi de 0,926, sendo a mediana 0,683 e o valor máximo 125. O valor elevado da média em comparação com a mediana é consequência da existência de valores extremos, que foram removidos para a construção do mapa e o ajuste dos modelos. Diferentemente das demais variáveis, não foi representada por quartos, pois as quebras de cada intervalo deveria fazer sentido com o significado da RMP. Os valores abaixo de 1 indicam menor quantidade de casos em relação à taxa do município, valores acima de um indicam o excesso.

O exame do mapa de quartos do IDS (Figura 2) revela uma concentração de valores mais baixos distribuídos entre as zonas norte e leste da cidade. Ao contrário, na zona sul da cidade, prevalecem os maiores quartos do índice, caracterizados pelo tom mais escuro de azul.

Observando os mapas de quartos da exposição, os menores valores da média do NDVI em *buffers* de 100 metros dos setores (Figura 3) estão distribuídos na zona norte e em alguns setores da zona oeste (correspondentes aos locais com maior ocupação dessa região, nas proximidades do bairro Bangu e do bairro Paciência). O NDVI médio dos *buffers* dos setores apresentou o valor mínimo próximo a -0,1, média de 0,11 e máximo de 0,6. Os valores próximos ao mínimo correspondem a locais descobertos e bastante urbanizados observados, inclusive no litoral, devido à faixa de areia. A média é típica de locais bastante urbanizados, e os valores próximos ao máximo são típicos de vegetação mais densa e locais mais arborizados, se estendendo em maioria a partir da zona sul, região mais arborizada, com direção à zona oeste, devido à existência de florestas na região.

O mapa de quartos da variabilidade do NDVI dentro dos *buffers* de 100 metros dos setores (Figura 4), segue um padrão semelhante ao da média do NDVI. Apresentou o mínimo de 0,016, média de 0,21 e máximo de 0,82. Os locais com maior variabilidade indicam a coexistência de valores extremos do NDVI dentro de um mesmo setor, enquanto que a baixa variabilidade representa locais predominantemente verdes ou não verdes. A zona sul, por exemplo, é um local de alta variabilidade, onde coexistem maior arborização e superfícies descobertas.

Análises estatísticas bivariadas

A Tabela 2 a seguir apresenta o resultado das análises bivariadas para todas as variáveis explicativas candidatas ao modelo. São mostrados os coeficientes de cada variável e seus respectivos intervalos de confiança.

Tabela 2 – Resultados das regressões bivariadas entre o log da RMP e as variáveis explicativas para os setores censitários do município do Rio de Janeiro.

Variáveis	β estimado	Intervalo de confiança (95%)	
IDS	-0.299	-0.408	-0.190
Densidade de vias coletoras e locais em <i>buffers</i> de 100 m	8.208	6.804	9.612
Densidade de vias estruturais primárias e secundárias em <i>buffers</i> de 100 m	1.121	-1.698	3.940
Proporção de pessoas negras	0.233	0.112	0.354
Setor litorâneo (está na orla)	-0.113	-0.202	-0.025
Distância as unidade de urgência e emergência	-1.491e-05	-2.015e-05	-9.667e-06
Média do NDVI em <i>buffers</i> de 100 m	-0.373	-0.465	-0.281
Variabilidade do NDVI em <i>buffers</i> de 100 m	-0.325	-0.405	-0.245

As análises bivariadas mostraram resultados esperados para a maioria das variáveis. Tanto o IDS quanto as variáveis de exposição foram inversamente relacionadas a RMP. Ser um setor litorâneo também foi associado a redução da RMP, como era de se esperar devido as reconhecidas melhores condições de vida da população nesses locais. As variáveis *proxy* de poluição, densidade de vias nos *buffers* de 100 apresentaram associação positiva com a RMP.

A proporção de pessoas negras esteve associada a maior mortalidade, porém, quando ajustada pelo IDS, essa relação desaparece. O indicador de acesso aos serviços de saúde, medido através da distância à unidade mais próxima com atendimento de urgência e emergência, foi inversamente associado à mortalidade por DIC e DCBV.

Resultados dos modelos de regressão espacial

A Tabela 4 a seguir mostra o resultado dos modelos espaciais, CAR, segundo as medidas de exposição, média e variabilidade do NDVI. Também foram retirados da análise os setores que tiveram RMP acima de 30, totalizando 10.128 unidades.

Tabela 4 – Resultados dos modelos espaciais CAR, segundo as medidas de exposição, média e variabilidade do NDVI.

Variáveis	Média	Variabilidade
	β (IC 95%)	β (IC 95%)
IDS	-0,256 (-0,375; -0,136)	-0,226 (-0,344; -0,108)
Densidade de vias coletoras e locais em <i>buffers</i> de 100 m	7,889 (6,216; 9,561)	8,463 (6,820; 10,107)
Densidade de vias estruturais, primárias e secundárias em <i>buffers</i> de 100 m	6,748 (3,470; 10,025)	7,540 (4,403; 10,678)
Setor litorâneo (orla)	-0,017 (-0,108; 0,074)	0,009 (-0,082; 0,101)
Quartos da medida de exposição em <i>buffers</i> de 100 m		
Q2	0,029 (0,003; 0,055)	0,010 (-0,016; 0,035)
Q3	-0,012 (-0,039; 0,015)	-0,013 (-0,040; 0,014)
Q4	-0,046 (-0,076; -0,016)	-0,035 (-0,064; -0,007)

A proporção de pessoas negras não foi considerada no modelo final, dado que sua associação com a RMP foi completamente explicada pelo IDS. O indicador de acesso aos serviços de urgência e emergência também não foi incluído por ter sido considerado inadequado para captar a informação de interesse. As variáveis de exposição foram inseridas categorizadas em quartos, o que melhorou o ajuste e a interpretação dos resultados.

Controlando pelas variáveis IDS, densidades de vias e pela proximidade a orla, o quarto mais alto das medidas de exposição, média do NDVI e variabilidade, foi inversamente associado ao logaritmo da RMP. A redução da mortalidade foi de 4,5% (CI95%: 7,3%; 1,6%) nas áreas com exposição referente ao quarto mais alto da média; e de 3,4% (IC95%: 6,2%;

0,7%) nas áreas referentes ao quarto mais alto da variabilidade, ambos em comparação com o quarto mais baixo.

Discussão

Os resultados deste estudo sugerem que a exposição aos espaços verdes está associada à redução da mortalidade por DIC e DCBV, concordando com a hipótese inicial. Após o ajuste do modelo, controlando os possíveis fatores de confusão, foi verificada associação inversa entre a exposição ao quarto mais alto da média e da variabilidade do NDVI e a RMP. O quarto mais alto da média do NDVI, com valores entre 0,16 e 0,59, abrange a faixa relativa à cobertura verde. Já o quarto mais alto da variabilidade, com valores entre 0,27 e 0,82, corresponde à coexistência de níveis de cobertura extremos dentro de um mesmo setor. Os resultados também sugerem que o aumento da mortalidade esteja associado a piores condições de vida e a poluição atmosférica.

Esses resultados são consistentes com outros estudos que investigaram a exposição aos espaços verdes e sua relação com a saúde cardiovascular em outros contextos. Hu et al. (2008), por meio de um estudo de desenho ecológico, agregado por unidades censitárias do estado da Flórida, EUA, encontraram maior risco para a mortalidade por DCBV em áreas com menores níveis de renda, maiores níveis de poluição do ar e menores níveis de exposição aos espaços verdes. Os resultados também vão ao encontro de achados de outros estudos de abordagem individual. Em um estudo transversal, realizado na Nova Zelândia, Richardson et al. (2013) verificaram a redução do risco de ocorrência de um evento cardiovascular dado o aumento na disponibilidade de espaços verdes, mesmo após o controle do nível de atividade física. Em um estudo de coorte realizado em Ontario, Canadá, Villeneuve et al. (2012) verificaram a associação entre a redução da mortalidade por DIC e DCBV e o aumento interquartil do NDVI. Em um estudo transversal, conduzido em Perth, Austrália, Pereira et al. (2012) observaram uma associação protetora entre a variabilidade do NDVI, e a internação e o autorrelato de DIC ou DCBV.

Conforme o arcabouço teórico deste trabalho, os mecanismos que subjazem a relação entre a exposição aos espaços verdes e a saúde cardiovascular se dão por, pelo menos, três vias: por meio da melhoria da qualidade do ar, da redução da inatividade física e da melhoria das condições psicossociais.

A vegetação tem sua reconhecida capacidade de melhoria da qualidade do ar por meio da redução da poluição atmosférica (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Por sua vez, associações entre o aumento nos níveis de poluição e o aumento da morbimortalidade por eventos isquêmicos têm sido verificadas na literatura (FRANCHINI; MANNUCCI, 2012). Também têm sido encontradas associações entre o aumento da ocorrência de desfechos cardiovasculares e a proximidade às vias de tráfego veicular (HOFFMANN et al., 2006; KAN et al., 2008; MAHESWARAN; ELLIOTT, 2003; MEDINA-RAMÓN et al., 2008), reconhecida fonte de poluição atmosférica. Efeitos de curto e longo prazo têm sido atribuídos, principalmente, ao material particulado (POPE et al., 2004; RÜCKERL et al., 2011). Há indícios de que sua inalação cause hipercoagulação, ativação e sensibilização das plaquetas, inflamação sistêmica e estresse oxidativo, ocasionando lesões vasculares. No mesmo sentido dessas evidências, neste trabalho, o ajuste pelas variáveis *proxy* de exposição à poluição atmosférica, densidade de vias agrupadas conforme a hierarquia, foi significativo, indicando associação positiva com o aumento da mortalidade por DIC e DCBV.

Como neste trabalho o efeito da poluição do ar foi controlado, supõe-se que o efeito dos espaços verdes possa estar mediado pela prática de atividades físicas e pelas condições psicossociais. A prática de atividades físicas é supostamente a principal via pela qual se dá os benefícios das áreas verdes na saúde cardiovascular e geral (KACZYNSKI; HENDERSON, 2007; LEE; MAHESWARAN, 2011). A disponibilidade de espaços verdes, como parques, jardins e a arborização de vias públicas, promove a prática de atividades físicas, associada à redução de inúmeros precursores e fatores de risco cardiovasculares. Em relação às condições psicossociais, os benefícios envolvem a redução do estresse, percepção de saúde melhor, aumento da sensação de bem-estar, além de promoverem a redução do isolamento social. Condições estas que podem afetar a saúde cardiovascular através de mecanismos patofisiológicos e comportamentais (ROZANSKI; BLUMENTHAL; KAPLAN, 1999).

Embora esses resultados estejam consistentes com a hipótese do estudo e com trabalhos já publicados, há uma série de limitações, especialmente relacionadas ao desenho de estudo e à operacionalização das variáveis. A abordagem ecológica não permite se conhecer a distribuição conjunta de variáveis, como a exposição e o desfecho.

Na obtenção da variável desfecho, durante a etapa de geoprocessamento, houve algumas perdas, ocasionadas pela qualidade do preenchimento da ficha de declaração de óbitos e/ou pela localização da residência. No segundo caso, isso leva a perdas diferenciais, já que em locais com aglomerações urbanas irregulares, como áreas favelizadas, setores classificados como aglomerados subnormais, há maior dificuldade de localização do

endereço. Apesar disso, e por ter havido relativamente poucas perdas, foi optado por não se retirar os aglomerados subnormais da análise.

A utilização de dados de morbidade poderia ter sido mais sensível para captar o constructo de interesse, porém os dados não estavam disponíveis com o endereço de residência, o que levou à opção pelos dados de mortalidade. Sobre os dados de óbitos, um problema que prejudica as informações por causa específica está relacionado ao registro de óbitos por causas mal definidas. De acordo com Melo et al. (2006), o mapeamento da mortalidade por infarto agudo do miocárdio e das causas mal definidas revelou uma concentração da subnotificação de infarto em áreas socialmente desfavorecidas, supondo ser função da elevada ocorrência de óbitos por causas mal definidas observada nessas regiões.

Quanto às medidas de exposição, dada a abordagem do trabalho, que considera os benefícios dos espaços verdes para além da mediação via atividade física, o NDVI é uma medida adequada, já que captura todo o tipo de vegetação. Porém, não se pode conhecer os atributos relacionados aos espaços verdes, o que pode afetar o uso e o respectivo efeito na saúde. Estas características incluem a acessibilidade; oportunidades de atividades; qualidade dos atributos físicos e aspectos estéticos; e segurança (DIEZ ROUX, 2003; KACZYNSKI; HENDERSON, 2007; LEE; MAHESWARAN, 2011). As características individuais também podem estar relacionadas ao uso dos espaços como a condição física, idade, gênero, condições psicológicas e a sensação de segurança (LEE; MAHESWARAN, 2011). Além disso não se pode conhecer a variação da exposição ao longo da vida, devido às migrações, por exemplo, e ao longo do dia, referente ao local de moradia e de trabalho. A exposição medida nesta investigação é relativa ao período de estudo, ou seja, aos anos de ocorrência dos óbitos, e não ao período que antecede o processo de adoecimento.

A indisponibilidade de dados no nível de setores censitários, ou da população de estudo que pudessem ser agregados, dificulta a inclusão de algumas informações que poderiam ser importantes para o estudo. É o caso de informações como o tabagismo e a dieta, e a presença de fatores de risco metabólicos. Contudo, como relatado por Diez Roux (2003), as características socioeconômicas do local de residência, mensuradas a partir de informações censitárias, têm sido relacionadas à prevalência de fatores de risco cardiovasculares, incluindo o tabagismo, o padrão de dieta, a pressão sanguínea, o nível de colesterol e o índice de massa corporal. Nesse sentido, a condição socioeconômica, representada no presente estudo pelo IDS, serve como uma variável *proxy* dessas informações inexistentes para a unidade de análise.

A proporção de pessoas negras esteve associada à maior mortalidade, porém, quando ajustada pelo IDS, essa relação desaparece. Isso indica que a relação pode ser explicada pela relação de cor com a condição de vida, e não por uma questão de variabilidade genética. Chor e Lima (2005) relataram a pouca contribuição das características genéticas e da diversidade cultural para explicar os contrastes étnico-raciais de morbimortalidade, havendo evidências de diferenças socioeconômicas, acumuladas ao longo de sucessivas gerações, que podem explicar essas desigualdades. No entanto, relatam achados que sugerem que a discriminação racial, potencializada por questões socioeconômicas, aumentam o risco a hipertensão.

Inesperadamente, o indicador de acesso aos serviços de urgência e emergência, medido através da distância a essas unidades, foi inversamente associado à mortalidade por DIC e DCBV. Isso pode refletir uma inadequação do indicador em captar a informação de interesse. Primeiramente, porque são consideradas apenas as unidades públicas e que possuem atendimento de urgência e emergência. Sobre esta questão podem existir, na prática, algumas exceções. Por exemplo, em casos graves, qualquer unidade de saúde, mesmo privada, com ou sem atendimento à urgência e emergência, deve fornecer um primeiro atendimento à vítima. Ademais, a distância euclidiana pode não ser a melhor maneira de se quantificar o acesso, já que importam os aspectos relacionados à rota. Apesar disso, dar conta das exceções e ainda criar um indicador que levasse em consideração o fluxo e a rota mais provável, especialmente por se tratar de um estudo ecológico, fugiria do escopo desse trabalho.

Apesar das limitações, o estudo possui diversos aspectos importantes. A abordagem ecológica possibilita a investigação de riscos cardiovasculares dentro de contextos ambientais. Permite examinar como a distribuição dos fatores ambientais moldam o risco cardiovascular, conforme apontado por Diez Roux (2003). O desenho é apropriado para se estudar a exposição de interesse, no caso aos espaços verdes, em relação à saúde da população residente nessas áreas.

Dentre outros avanços importantes está a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em saúde coletiva. Embora a apropriação destas ferramentas tem aumentado, o georreferenciamento de eventos de saúde ainda tem sido um desafio. Nesse trabalho ele foi realizado de modo predominantemente automático e sem custos financeiros diretos. O trabalho também avança no entendimento da influência do ambiente urbano na saúde. Até então, são poucos os estudos que investigaram a associação entre espaços verdes e saúde cardiovascular, especialmente em termos de mortalidade. Além disso, nenhum trabalho realizado em países de média e baixa renda tinha sido encontrado. Este parece ser o primeiro trabalho realizado no Brasil e na América Latina.

Ademais, o papel protetor dos espaços verdes em relação à saúde cardiovascular está consistente com a literatura. Ainda há diversos outros aspectos do espaço urbano, potencialmente relacionados a saúde, que podem ser explorados. Outros estudos que avancem em questões metodológicas e desenhos que possibilitem uma melhor operacionalização das variáveis do estudo, como desenhos de abordagens individuais, especialmente no que diz respeito aos fatores de confusão, são de suma importância na evolução da pesquisa sobre os determinantes sociais e ambientais de saúde.

Conclusão

A maior exposição aos espaços verdes esteve associada à mortalidade por DIC e DCBV, após controlar pela situação socioeconômica e pela poluição atmosférica, no município do Rio de Janeiro, Brasil. As áreas com maior mortalidade tendem a serem as mesmas com os piores níveis socioeconômicos e mais expostas a poluição do ar. Os achados sugerem que os espaços verdes são de fundamental importância na promoção da saúde. Futuras investigações são necessárias a fim de aprofundar o conhecimento sobre essa relação e os respectivos mecanismos envolvidos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa de mestrado. À Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (SMS/RJ) pelo fornecimento dos dados utilizados nesse trabalho.

Referências

ALMANZA, E. et al. A study of community design, greenness, and physical activity in children using satellite, GPS and accelerometer data. **Health & place**, v. 18, n. 1, p. 46–54, jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Informações de saúde (TABNET). Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, n. 2, p. 293–301, maio 1999.

CAVALLIERI, F.; LOPES, G. P. **Índice de Desenvolvimento Social (IDS) da Cidade do Rio de Janeiro (2000 – 2012)**. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2014.

CHOR, D.; LIMA, C. DE A. Aspectos epidemiológicos das desigualdades raciais em saúde no Brasil Epidemiologic aspects of racial inequalities in health in Brazil. **Cad. Saude Publica**, v. 21, n. 5, p. 1586–1594, 2005.

DIEZ ROUX, A. V. Residential environments and cardiovascular risk. **Journal of urban health : bulletin of the New York Academy of Medicine**, v. 80, n. 4, p. 569–89, dez. 2003.

FRANCHINI, M.; MANNUCCI, P. M. Air pollution and cardiovascular disease. **Thrombosis research**, v. 129, n. 3, p. 230–4, mar. 2012.

GOOGLE. Google Geocoding API (v3). Google Developers. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>>. Acesso em setembro de 2014.

GOWARD, S. N. et al. North American vegetation patterns observed with the N O A A - 7 advanced very high resolution radiometer. **Vegetatio**, n. 64, p. 3–14, 1985.

GOWARD, S. N. et al. Normalized Difference Vegetation Index Measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer. **Remote Sens. Environ.**, n. 35, p. 257–277, 1991.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular e mortalidade por doenças do aparelho circulatório em homens adultos. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, n. 1, p. 26–33, fev. 2012.

HOFFMANN, B. et al. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. **European heart journal**, v. 27, n. 22, p. 2696–702, nov. 2006.

HU, Z.; LIEBENS, J.; RAO, K. R. Linking stroke mortality with air pollution, income, and greenness in northwest Florida: an ecological geographical study. **International journal of health geographics**, v. 7, p. 20, jan. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011.

_____. Cidades@. Disponível em: <
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330455&search=rio-de-janeiro|rio-de-janeiro>>. Acesso em: 11 mai. 2014.

_____. Malha de Setores Censitário 2010. Disponível em: <
ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios/>. Acesso em: 13 mai. 2014.

KACZYNSKI, A. T.; HENDERSON, K. A. Environmental Correlates of Physical Activity: A Review of Evidence about Parks and Recreation. **Leisure Sciences**, v. 29, n. 4, p. 315–354, jul. 2007.

KAN, H. et al. Prospective analysis of traffic exposure as a risk factor for incident coronary heart disease: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. **Environmental health perspectives**, v. 116, n. 11, p. 1463–8, nov. 2008.

LEE, A. C. K.; MAHESWARAN, R. The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. **Journal of public health (Oxford, England)**, v. 33, n. 2, p. 212–22, jun. 2011.

MAHESWARAN, R.; ELLIOTT, P. Stroke mortality associated with living near main roads in England and wales: a geographical study. **Stroke; a journal of cerebral circulation**, v. 34, n. 12, p. 2776–80, dez. 2003.

MAKHELOUF, A. The effect of green spaces on urban climate and pollution. **Iranian Journal of Environmental Health Science & ...**, v. 6, n. 1, p. 35–40, 2009.

MEDINA-RAMÓN, M. et al. Residential exposure to traffic-related air pollution and survival after heart failure. **Environmental health perspectives**, v. 116, n. 4, p. 481–5, abr. 2008.

MELO, E.; CARVALHO, M.; TRAVASSOS, C. Distribuição espacial da mortalidade por infarto agudo do miocárdio no Município do Rio de Janeiro, Brasil Spatial distribution of mortality from acute. **Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 6, p. 1225–1236, 2006.

MITCHELL, R.; POPHAM, F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. **Lancet**, v. 372, n. 9650, p. 1655–60, 8 nov. 2008.

MORRIS, N. Health , Well-Being and Open Space Literature Review. **OPENSspace**, n. July, 2003.

PEARCE, J. Invited commentary: history of place, life course, and health inequalities- historical geographic information systems and epidemiologic research. **American journal of epidemiology**, v. 181, n. 1, p. 26–9, 1 jan. 2015.

PEREIRA, G. et al. The association between neighborhood greenness and cardiovascular disease: an observational study. **BMC public health**, v. 12, n. 1, p. 466, jan. 2012.

PEREIRA, G. et al. The association between neighborhood greenness and weight status: an observational study in Perth Western Australia. **Environmental health : a global access science source**, v. 12, n. 1, p. 49, jan. 2013.

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. 71–7, 6 jan. 2004.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM (2014). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 2.6.1-Brighton, 2014. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: nov. 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Versão 3.1.1. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: jul. 2014.

RICHARDSON, E. A et al. Role of physical activity in the relationship between urban green space and health. **Public health**, v. 127, n. 4, p. 318–24, abr. 2013.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Serviços – Conteúdo. Disponível em: <<http://www.saude.rj.gov.br/servicos.html>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

RIO DE JANEIRO (RJ). Instituto Pereira Passos. Armazém de dados: Mapas Digitais (Logradouros). Disponível em: <<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: mai. 2014.

_____. Secretaria Municipal de Obras. Diretrizes de Projetos de Vias Urbanas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. Secretaria Municipal de Saúde. Gerência Técnica de Dados Vitais. Declarações de óbito do Sistema de Informações sobre Mortalidade. CD-ROM.

_____. Secretaria Municipal de Saúde. Urgência e Emergência – Lista de Unidades. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/sms/exibeconteudo?id=4206759>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

_____. Subsecretaria de Atenção Primária, Vigilância e Promoção da Saúde. Lista de unidades de Saúde. Disponível em: <<https://subpav.org/logar.php>>, com senha e login. Acesso em: 16 nov. 2014.

ROSE, G. Sick individuals and sick populations. **Int J Epidemiol**, n. 14, p. 32–38, 1985.

ROZANSKI, A.; BLUMENTHAL, J. A.; KAPLAN, J. Impact of Psychological Factors on the Pathogenesis of Cardiovascular Disease and Implications for Therapy. **Circulation**, v. 99, n. 16, p. 2192–2217, 27 abr. 1999.

RÜCKERL, R. et al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. **Inhalation toxicology**, v. 23, n. 10, p. 555–92, ago. 2011.

SAGA DEVELOPMENT TEAM. System for Automated Geoscientific Analyses. SAGA GIS. Versão 2.4.1. Hamburg, Alemanha: 2014. Disponível em: <<http://www.saga-gis.org>>. Acesso em: nov. 2014.

SANTOS, M. C. B. et al. Hábitos e perfil socioeconômico do paciente aterosclerótico no Brasil. **Com. Ciências Saúde**, v. 22, n. 3, p. 247–256, 2011.

TRAN, D.-M. T.; ZIMMERMAN, L. M. Cardiovascular Risk Factors in Young Adults: A Literature Review. **The Journal of cardiovascular nursing**, v. 00, n. 0, 16 abr. 2014.

TUCKER, C. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote sensing of Environment**, n. 8, p. 127–150, 1979.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landsat 4-5 TM Collection. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

_____. Apresenta informações gerais sobre a coleção Landsat Thematic Mapper. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/TM>>. Acesso em: 6 jan. 2015.

VILLENEUVE, P. J. et al. A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. **Environmental research**, v. 115, p. 51–8, maio 2012.

WALL, M. M. A close look at the spatial structure implied by the CAR and SAR models. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 121, n. 2, p. 311–324, abr. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Prevention of cardiovascular disease**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241547178_eng.pdf>. Acesso em: 31 out. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on noncommunicable diseases 2010**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240686458_eng.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2013a.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global atlas on cardiovascular disease prevention and control**. (S. Mendis, P. Puska, B. Norrving, Eds.). Geneva: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20113230454.html>>. Acesso em: 31 out. 2013b.