

AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DO EXCESSO DE VELOCIDADE EM CURITIBA-PR

Pedro Augusto Borges dos Santos¹; Oscar Oviedo-Trespalacios²; Jorge Tiago Bastos³

¹ *Universidade Federal do Paraná, pedroaugusto@ufpr.br*

² *Queensland University of Technology, oscar.oviedotrespalacios@qut.edu.au*

³ *Universidade Federal do Paraná, jtbastos@ufpr.br*

RESUMO: Este estudo tem como objetivo determinar se o excesso de velocidade em Curitiba-PR é espacialmente autocorrelacionado, buscando identificar sua distribuição espacial. Os dados de velocidade praticada foram obtidos em um estudo naturalístico de condução executado em Curitiba, entre 2019 e 2021. Taxas de excesso de velocidade foram calculadas para cada zona de tráfego da cidade. Os modelos estatísticos de *I* de Moran e Moran Local foram aplicados para identificar a existência e a localização da autocorrelação espacial do excesso de velocidade. Como resultado, o *I* de Moran indicou a autocorrelação espacial do excesso de velocidade, apresentando um comportamento agrupado. A partir dos resultados do Moran Local, foram identificadas 22 zonas de tráfego com dependência espacial no excesso de velocidade, sendo que 14 foram *clusters* com baixas taxas de excesso e 8 foram *clusters* com altas taxas de excesso. Os resultados dessa pesquisa podem facilitar na identificação de locais críticos para a implantação de medidas de mitigação do excesso, assim como as zonas com baixas taxas podem servir como *benchmark* para as demais regiões da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Excesso de velocidade, Estudo Naturalístico de Direção, Autocorrelação espacial.

SPATIAL AUTOCORRELATION OF EXCESSIVE SPEED IN CURITIBA-PR

ABSTRACT: *This study aims to determine whether speeding behavior in Curitiba-PR is spatially autocorrelated, in an attempt to identify the spatial distribution of these data. The data of practiced speed were obtained in a naturalistic driving study executed in Curitiba, between 2019 and 2021. Speeding rates were calculated for each traffic analysis zone of the city. The statistical models of Moran's I and Local Moran were applied to identify the existence and positions of spatial autocorrelation of speeding rates. As a result, Moran's I indicates that speeding is spatially autocorrelated, exhibiting a clustered behavior. The results of Local Moran identified 22 traffic analysis zones with spatial dependency regarding speeding behavior, with 14 being clusters with low speeding rates and 8 being clusters with high speeding rates. The results of this research can assist in the identification of critical*

locations for the implementation of speeding mitigation measures. In addition, the low speeding zones can serve as a benchmark for the other regions of the city.

KEYWORDS: *Speeding behavior, Naturalistic Driving Study, Spatial autocorrelation.*

1. INTRODUÇÃO

Os sinistros de trânsito são causa de aproximadamente 1,3 milhão de mortes por ano (WHO, 2018). O comportamento de motoristas relacionado ao excesso de velocidade é um dos principais fatores de risco de sinistros de trânsito, influenciando na gravidade e na chance de ocorrência desses sinistros (MOHAN, 2016). Curitiba apresentou em 2020 uma quantidade de 181 mortes relacionadas a sinistros de trânsito. Entre 2012 e 2020, 37% dessas mortes foram de pedestres e 8% foram de ciclistas. O excesso de velocidade foi a segunda maior causa dos sinistros de trânsito na cidade entre 2011 e 2020, ficando atrás apenas da direção sob influência de álcool (CURITIBA, 2021).

Neste contexto, o principal objetivo dessa pesquisa é identificar se o excesso de velocidade em Curitiba é espacialmente autocorrelacionado. Especificamente, busca-se descobrir qual é o padrão espacial do excesso de velocidade no território da cidade. Caso haja uma dependência espacial nos dados de excesso de velocidade, será possível identificar os locais com maior ocorrência, facilitando a implantação de possíveis intervenções. Também será possível identificar quais locais possuem menores taxas de excesso, assim servindo como um *benchmark* para outras áreas de Curitiba.

Os dados de velocidade foram coletados de uma amostra local de condutores, por meio de um estudo naturalístico de condução (ou *Naturalistic Driving Study - NDS*) executado em Curitiba e região metropolitana: O Estudo Naturalístico de Condução Brasileiro (NDS-BR). O NDS é um método observacional de investigação do comportamento humano com foco na segurança viária, permitindo monitorar condutores dentro de seus próprios veículos em condições do dia-a-dia (SHINAR, 2017). Os dados de velocidade instantânea de condutores em um cenário real de condução obtidos por um NDS constituem-se de uma base desejável para explorar o padrão espacial do excesso de velocidade em Curitiba.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Segurança Viária e Dependência Espacial

Por essência, o transporte é uma atividade geoespacial que envolve o deslocamento contínuo de objetos dentro de um espaço geográfico entre dois pontos e infinitas localidades entre esses pontos (LOVELACE *et al.*, 2019). O principal objetivo dos sistemas de transporte é superar o espaço, transformando as relações geográficas entre entidades com diferentes posições, que podem incluir pessoas e outros bens móveis (RODRIGUE, 2020).

A relação do transporte com o espaço é uma questão central da “primeira lei” da geografia: “Todas as coisas estão relacionadas com todas as outras, mas coisas próximas estão mais relacionadas do que coisas distantes” (MILLER, 2004). Essa lei também é base para o conceito de autocorrelação espacial. Dentro dessa condição, existe uma distribuição sistemática de dados mapeados, em que variáveis de uma localidade estão correlacionadas com variáveis de localidades vizinhas (HAINING, 2001).

Como consequência desse comportamento espacial, os sinistros de trânsito possuem como característica intrínseca uma dependência espacial. A frequência de sinistros em um local no espaço está relacionada com a frequência de sinistros em outros locais do espaço (OBELHEIRO *et al.*, 2019). Assim, os fatores de risco que influenciam na ocorrência desses sinistros, como o excesso de velocidade, por exemplo, também podem apresentar uma autocorrelação espacial (FU *et al.*, 2019).

2.2. Excesso de Velocidade em Vias Urbanas

Uma das causas primárias de sinistros de trânsito em todo mundo é o excesso de velocidade. Esse fator afeta duas principais dimensões: o risco e o nível de severidade dos sinistros (WHO, 2013). O excesso afeta três aspectos durante a ocorrência de conflitos de tráfego: tempo de reação do condutor; tempo e distância de frenagem; e força de impacto (MOHAN, 2016).

Destaca-se a importância de se estabelecer uma gestão de controle da velocidade de tráfego, principalmente em ambientes urbanos. Rodovias em zonas rurais em geral

apresentam uma maior velocidade de operação, porém as vias urbanas contam com uma maior interação entre usuários motorizados e não-motorizados. Nesse caso, até velocidades mais reduzidas ainda significam um risco para pedestres e ciclistas.

A velocidade média e a velocidade de operação do tráfego dependem de como os condutores escolhem a velocidade praticada. Essa escolha pode estar relacionada a fatores veiculares (tamanho, potência, etc.), fatores humanos/comportamentais (nível de experiência, educação, renda, saúde, etc.) e fatores do ambiente construído (características das vias, condições de tráfego, condições de clima, etc.) (SHINAR, 2017) .

A implantação de limites de velocidade pode auxiliar na redução da velocidade praticada, porém por si só essa medida não é efetiva para evitar o excesso de velocidade. Os equipamentos eletrônicos de fiscalização de velocidade podem auxiliar na redução do excesso em locais estratégicos (AMANCIO, 2021), mas em geral, se a via possui um desenho que favorece altas velocidades de operação e a sua densidade de tráfego é baixa, é mais difícil evitar que o usuário atinja a velocidade desejada (MOHAN, 2016).

3. METODOLOGIA

A metodologia está dividida em três passos, iniciando com a coleta dos dados naturalísticos (Seção 3.1), seguido da extração dos dados de excesso de velocidade (Seção 3.2) e finalizando com a aplicação dos métodos estatísticos de autocorrelação espacial (Seção 3.3). Os processos da Seção 3.2 e da Seção 3.3 foram executados utilizando a linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2021). O código pode ser acessado em Santos (2022).

3.1. Coleta de Dados Naturalísticos

O Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR) utilizou duas plataformas de coleta de dados (PCD). Cada PCD foi composta por três câmeras, um sensor de GPS, um notebook e uma fonte de energia. As câmeras e o GPS foram conectados no notebook, que controlou a coleta sincronizada dos dados em uma frequência de 1 Hz. Os dados do GPS

possibilitaram registrar o local (latitude e longitude), azimute, data, horário e velocidade instantânea dos condutores.

Todo o processo técnico de coleta e transformação dos dados foi detalhado em Borguezani *et al.* (2020). Foi necessário remover trechos das viagens em que o participante não estava conduzindo o veículo. Esses trechos geralmente envolviam períodos de início e fim de coleta em que o veículo não estava em movimento, ou momentos em que o participante estacionava o carro e a PCD continuava acionada. A detecção e remoção foi feita de forma manual, com auxílio dos dados visuais.

A coleta de dados do NDS-BR iniciou em agosto de 2019. O local de estudo foi Curitiba-PR e sua região metropolitana. Até dezembro de 2021, o projeto contou com 32 participantes incluídos em sua amostra. A idade dos condutores variou entre 21 a 63 anos, com 18 mulheres e 14 homens. A duração da coleta de dados por condutor variou entre 5 e 20 dias. No total, 1.002 viagens foram executadas, resultando em 381,45 horas de condução e 9.433,83 km de distância percorrida. Três participantes eram motoristas de aplicativos. Entre todos os participantes, 27 eram residentes de Curitiba e o restante de cidades da região metropolitana.

3.2. Processamento dos Dados de Velocidade

O excesso de velocidade foi identificado ao comparar a velocidade praticada com os limites de velocidade regulamentar das vias. Os dados de limite de velocidade foram extraídos de dados espaciais das vias disponibilizados pelo OpenStreetMap (OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS, 2022) e complementados por dados espaciais de vias disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2022). Um *buffer* de 10 metros foi criado no entorno de cada eixo de via, com o objetivo de fazer uma união espacial entre os pontos coletados e os *buffers*. Esse processo permitiu associar os dados de limite de velocidade com os dados de velocidade praticada em cada ponto da amostra.

Pontos com posição fora dos buffers (erros de precisão do GPS) foram removidos da amostra. Pontos sem dados de limite de velocidade e/ou velocidade praticada também foram

removidos da amostra. A taxa de excesso de velocidade (SP) foi calculada de acordo com a Equação 1:

$$SP = \frac{D_{sp}}{D_f}; \quad (1)$$

em que D_{sp} é a distância percorrida em excesso de velocidade (acima do limite com adição de 5 km/h) e D_f é a distância percorrida em velocidades de fluxo livre (acima do limite com redução de 10 km/h). Os limiares foram escolhidos com base em pesquisas anteriores que investigaram o excesso de velocidade a partir de dados naturalísticos (RICHARD *et al.*, 2013). Foram consideradas velocidades de fluxo livre aquelas ocorridas em fluxo não condicionado, ou seja, representando situações em que havia a oportunidade de exceder a velocidade.

Ao analisar o excesso de velocidade, é necessário remover as situações em que os condutores não tiveram a oportunidade de atingir a velocidade desejada, devido ao controle de tráfego e/ou possíveis congestionamentos. Na Figura 1 pode-se observar o processo de extração dessas distâncias. SP pode variar entre 0 e 1, de modo que 0 representa trechos sem excesso e 1 representa trechos percorridos apenas em excesso de velocidade. As distâncias totais, distâncias percorridas em fluxo livre e distâncias percorridas em excesso de velocidade foram calculadas para cada zona de tráfego (ZT) de Curitiba, assim, possibilitando o cálculo de SP. Os dados espaciais das ZT foram extraídos da Pesquisa Origem Destino de 2018 (IPPUC, 2018).

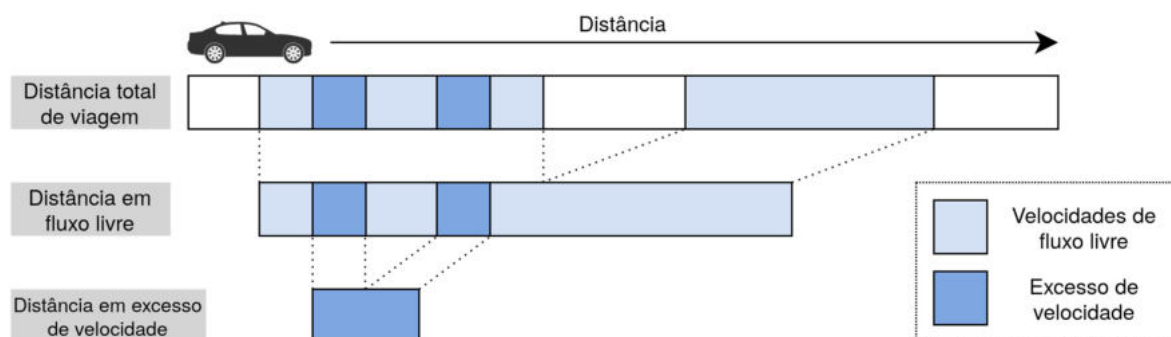


Figura 1 – Extração de distâncias de fluxo livre e trechos de excesso de velocidade

Observou-se que a distribuição da distância percorrida da amostra não foi uniforme em todas as ZT. Zonas que não apresentaram distâncias totais ou distâncias em velocidade de fluxo livre foram removidas da análise. Também foram removidas zonas com menos de 10% da distância total percorrida em comparação com a extensão completa de vias da mesma zona.

3.3. Autocorrelação Espacial do Excesso de Velocidade

O I de Moran é um método estatístico elaborado para verificar a possibilidade de rejeitar a hipótese nula de que uma distribuição espacial é aleatória, em favor de uma hipótese alternativa de autocorrelação espacial dos dados (ANSELIN, 2020). O resultado do I de Moran pode variar entre -1 e 1, em que -1 representa um padrão de dispersão perfeita e 1 representa uma clusterização perfeita da distribuição espacial dos dados. Resultados que tendem a 0 e/ou sem a significância estatística desejada demonstram um comportamento de aleatoriedade na distribuição espacial. O I de Moran é calculado a partir da Equação 2:

$$I = \frac{n}{W} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}; \quad (2)$$

em que n é o tamanho da amostra, w_{ij} é a matriz de pesos espaciais que representa a relação geográfica entre os pontos, W é a soma de todos os w_{ij} , x é a variável de interesse, indexada pelas coordenadas i e j , e \bar{x} é a média de x .

O I de Moran indica a existência da autocorrelação espacial mas não possibilita a identificação do padrão na distribuição espacial. Para isso, o modelo estatístico de Moran Local foi aplicado. Esse modelo é classificado como um indicador local de associação espacial (LISA), que permite o cálculo de uma estatística de autocorrelação espacial para cada local da amostra. Para Anselin (2020), a versão local do I de Moran pode ser expressa pela Equação 3:

$$I_i = c \times z_i \sum_j w_{ij} z_j; \quad (3)$$

em que z é o desvio da média da variável de interesse ($x - \bar{x}$). Na configuração local o denominador é constante, assim ele pode ser ignorado e substituído por uma constante c . A

Equação 3 resultante representa o produto de um valor no local i com a soma ponderada dos valores vizinhos em locais j . Neste trabalho, a matriz de peso utilizada considera como vizinhos aqueles que compartilham um mesmo vértice ou aresta com o local i e todos eles contribuem com o mesmo peso espacial (configuração conhecida como *Queen contiguity* de primeira ordem).

A partir deste método, *Clusters* estatisticamente significativos podem ser classificados como *High-High* ou *Low-Low*. *Clusters High-High* incluem altos valores de excesso de velocidade (em comparação à média) com vizinhos também apresentando altos valores. *Clusters Low-Low* seguem a mesma lógica, só que para valores menores. *Outliers* espaciais também podem ser identificados nos resultados. *Outliers High-Low* são locais com altos valores cercados de vizinhos com baixos valores. *Outliers Low-High* apresentam o mesmo comportamento, porém para baixos valores cercados de vizinhos com altos valores.

4. RESULTADOS

4.1. Dados Naturalísticos

A remoção de parte da amostra contendo tempos não-válidos e de dados de viagens que não ocorreram em Curitiba resultou em uma amostra com 5.687,70 km de distância percorrida e um total de 821 viagens, representando 220,35 horas de tempo viajado. Ao todo, as viagens tiveram uma distância percorrida média de 7 km e a quantidade de viagens por condutor teve a média de 26. Na Figura 2 está apresentada a distância percorrida por ZT de Curitiba e a amostra restante de ZT após a remoção com base nos critérios previamente descritos.

A ZT com a maior distância percorrida apresentou 205,29 km. Cinco zonas não apresentaram distâncias percorridas. Observa-se que zonas mais próximas à região central de Curitiba apresentaram maiores valores de distância percorrida. A filtragem de ZT de acordo com os critérios descritos na metodologia resultou na redução de 135 zonas para 117. Isso reduziu a distância total percorrida para 5.657,25 km. A amostra restante inclui 3.491,19 km de distância percorrida em velocidades de fluxo livre e 1.508,05 km de distância percorrida em velocidades que excedem os limites.

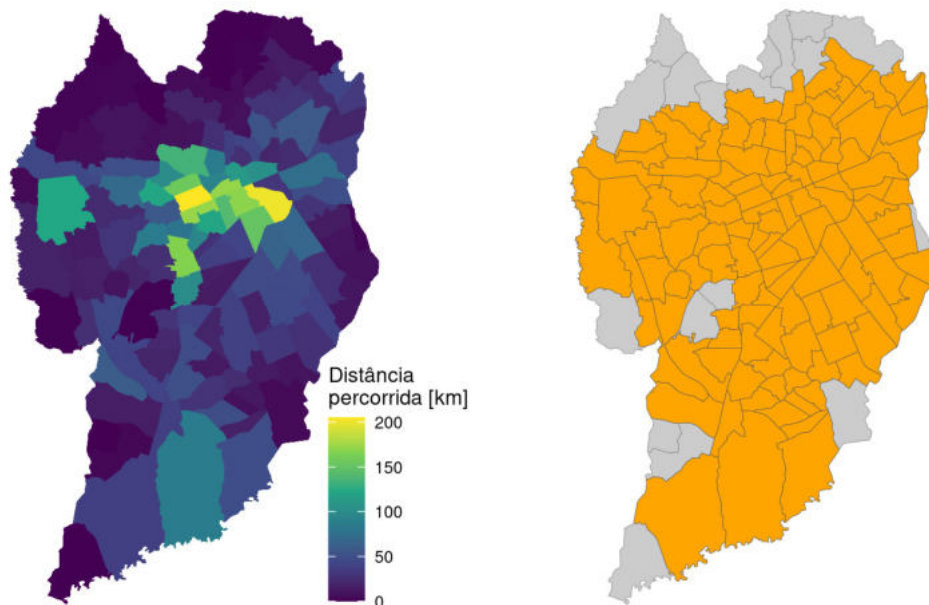


Figura 2 – Distância percorrida (esquerda) em cada ZT e amostra de ZT consideradas na análise (direita)

4.2. Distribuição Espacial do Excesso de Velocidade

A aplicação do I de Moran teve um resultado de 0,246 com um p -valor de 0,001. Assim é possível rejeitar a hipótese nula de que o excesso de velocidade em Curitiba tem uma distribuição espacial aleatória, em favor da hipótese alternativa de que a distribuição desses dados apresenta uma autocorrelação espacial. O valor resultante acima de zero indica que essa distribuição apresenta um comportamento agrupado ou clusterizado. Os mapas da Figura 3 apresentam a taxa de excesso de velocidade (SP) por ZT e os resultados da aplicação do modelo de Moran Local.

Os valores de SP para cada ZT variaram entre 0,04 e 0,77, com um valor médio de 0,46. A aplicação do Moran Local resultou na identificação de 25 zonas em que a hipótese nula de aleatoriedade na distribuição espacial pode ser rejeitada (p -valor < 0,05). *Clusters Low-Low* foram identificados em 14 zonas de tráfego, com sua maioria na parte central da cidade. Dois *outliers Low-High* foram detectados ao sul, entre *clusters High-High*.

Considerando altos valores de SP, *clusters High-High* foram identificados em 8 ZT e apenas 1 *outlier High-Low* foi identificado.

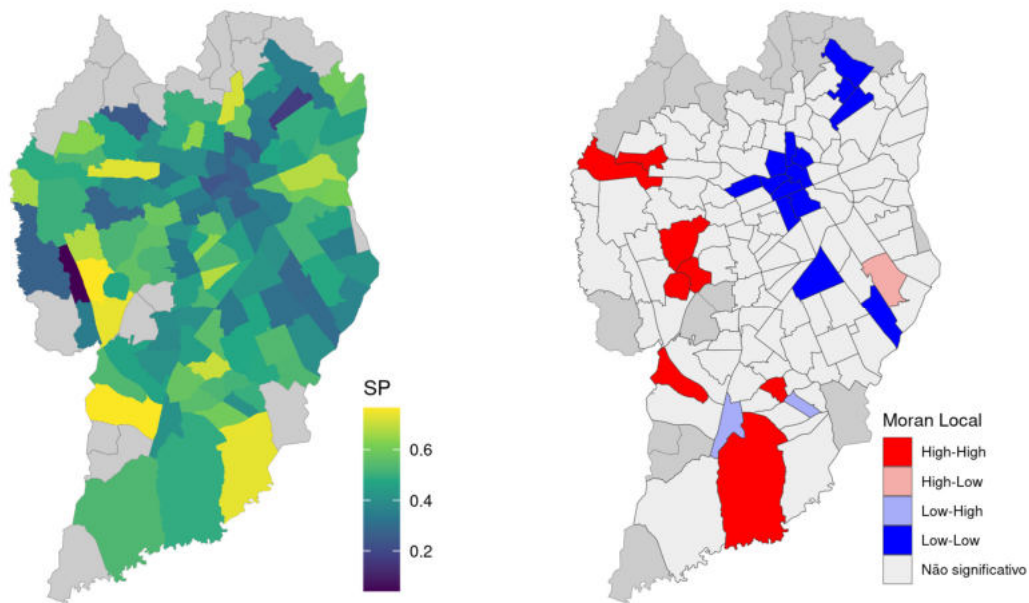


Figura 3 – Taxa de excesso de velocidade (esquerda) e resultados do Moran Local (direita)

Os *clusters* com baixos valores de SP na região central de Curitiba podem ser consequência de um maior volume de tráfego (IPPUC, 2018) e maiores tempos de atraso na região, causando congestionamentos e minimizando as oportunidades de excesso de velocidade. A região central também apresenta maior concentração de elementos de controle de tráfego e fiscalização eletrônica de velocidade, como semáforos e radares. A Área Calma de Curitiba está localizada na mesma posição desses *clusters*. Dentro de seu perímetro, todas as vias possuem um limite de velocidade de 40 km/h, o que pode estar contribuindo para as baixas taxas de excesso de velocidade que ocorrem na região.

Os *clusters High-High* estão posicionados de maneira mais dispersa e mais distantes da região central da cidade, em regiões mais periféricas. Mais investigações ainda devem ser elaboradas para identificar os fatores que levam a alta ocorrência de excesso de velocidade nessas ZT. Um fator que pode estar influenciando esse comportamento em algumas das zonas é a presença de rodovias (BR-277) e a posição dos contornos rodoviários Sul e Leste.

5. CONCLUSÕES

Entre vários fatores de risco envolvidos na ocorrência de sinistros de trânsito, o excesso de velocidade é uma das principais causas de influência na ocorrência e severidade de colisões. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi identificar a existência de um padrão espacial no excesso de velocidade ocorrido em Curitiba. Os dados de velocidade coletados no NDS-BR permitiram o cálculo do excesso de velocidade nas zonas de tráfego de Curitiba. Com a aplicação do *I* de Moran, foi possível identificar a autocorrelação espacial do excesso de velocidade em um padrão clusterizado. Em relação ao método, apenas um tipo de matriz de peso foi testada. Futuros trabalhos devem testar esse processo com matrizes de contiguidade de segunda ordem e matrizes de distância geográfica.

Os resultados do Moran Local permitiram identificar quais foram as zonas com maior excesso de velocidade, ou seja, aquelas em que houve situações mais graves deste comportamento de risco. Também foi possível identificar quais zonas de tráfego apresentaram valores mais reduzidos de excesso de velocidade, assim podendo servir como uma referência de *benchmark* para outras regiões da cidade. É importante que medidas de gestão da velocidade tenham como foco essas zonas mais críticas que foram identificadas. A análise do excesso de velocidade utilizando as ZT como unidade facilita a integração dos resultados da pesquisa com o planejamento urbano de transportes.

Como limitações desta pesquisa, é importante mencionar que a amostra utilizada não foi suficiente para analisar o território de Curitiba por completo, e assim algumas zonas de tráfego tiveram que ser removidas da análise. Além da dependência espacial, o excesso de velocidade pode ser influenciado por fatores comportamentais dos participantes, por fatores veiculares e pelas condições de tráfego que variam com o dia e horário, porém, tais fatores não foram isolados no processo da análise. Futuros trabalhos devem superar essas limitações para alcançar resultados mais significativos.

REFERÊNCIAS

AMANCIO, Eduardo Cesar. **Influência de Dispositivos de Fiscalização Eletrônica de Velocidade no Comportamento do Condutor em Cenário Urbano**. Master Thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

ANSELIN, Luc. Local Spatial Autocorrelation - LISA and Local Moran. Disponível em: <https://geodacenter.github.io/workbook/6a_local_auto/lab6a.html>.

BORGUEZANI, Jackson Rossi; DOS SANTOS, Pedro Augusto B.; OSÓRIO, Fernando dos Santos; *et al.* Plataforma de coleta de dados naturalísticos de segurança viária. In: **34º congresso de pesquisa e ensino em transporte da ANPET**. [s.l.: s.n.], 2020, p. 2610–2617. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais34/documentos/2020/Tr%c3%a1fego%20Urbano%20e%20Rodovi%c3%a1rio/Seguran%c3%a7a%20Vi%c3%a1ria%20III/5_332_CT.pdf>.

CURITIBA. **Perfil dos óbitos em acidentes de trânsito no município de Curitiba - 2011-2019**. Curitiba: Programa Vida no Trânsito, 2020. Disponível em: <<https://mid-transito.curitiba.pr.gov.br/2021/5/pdf/00004887.pdf>>.

CURITIBA. **Perfil dos óbitos em acidentes de trânsito no município de Curitiba - 2011-2020**. Curitiba: Programa Vida no Trânsito, 2021. Disponível em: <<https://mid-transito.curitiba.pr.gov.br/2021/5/pdf/00004888.pdf>>.

FU, Chuanyun; ZHOU, Yue; XU, Chuan; *et al.* Spatial Analysis of Taxi Speeding Event Using GPS Trajectory Data. In: **2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)**. Auckland, New Zealand: IEEE, 2019, p. 122–127. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8916870/>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

HAINING, R.P. Spatial Autocorrelation. In: **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. [s.l.]: Elsevier, 2001, p. 14763–14768. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B0080430767025110>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

IPPUC. Apresentação dos resultados da pesquisa origem destino. 2018. Disponível em: <<https://www.ippuc.org.br/>>.

IPPUC. Dados Geográficos. Disponível em: <<https://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

LOVELACE, Robin; NOWOSAD, Jakub; MÜNCHOW, Jannes. **Geocomputation with R**. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis Group, CRC Press is an imprint of the Taylor and Francis Group, an informa Business, A Chapman & Hall Book, 2019.

MILLER, Harvey J. Tobler's First Law and Spatial Analysis. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 2, p. 284–289, 2004.

MOHAN, D. Speed and its Effects on Road Traffic Crashes. *In*: TIWARI, Geetam; MOHAN, Dinesh (Orgs.). **Transport Planning and Traffic Safety - Making Cities, Roads and Vehicles Safer**. Boca Raton: CRC Press, 2016, p. 127–137.

OBELHEIRO, Marta Rodrigues; SILVA, Alan Ricardo; NODARI, Christine Tessele. UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE CONSTRUÍDO E ACIDENTES DE TRÂNSITO EM ZONAS DE TRÁFEGO. **33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, p. 3696–3707, 2019.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>. Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org>>.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RICHARD, Christian M.; CAMPBELL, John; BROWN, James; *et al.* Investigating speeding behavior with naturalistic approaches. **Transportation Research Record**, v. 2365, n. 2365, p. 58–65, 2013.

RODRIGUE, Jean-Paul. **The Geography of Transport Systems**. 5. ed. Fifth edition. | Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge, 2020.: Routledge, 2020. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/books/9781000061468>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

SANTOS, Pedro Augusto B. The impact of built environment on speeding behavior in curitiba - brazil. **GitHub repository**, 2022. Disponível em: <https://github.com/pabsantos/be_speeding>.

SHINAR, D. **Traffic Safety and Human Behavior**. Second edi. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2017.

WHO. **Global status report on road safety 2013 - supporting a decade of action**. [s.l.]: World Health Organization, 2013.

WHO. **Global status report on road safety 2018**. Geneva: [s.n.], 2018.