



# ANÁLISE COMPARATIVA DO IMPACTO DOS RADARES DE VELOCIDADE NA REDUÇÃO DE SINISTROS DE TRÂNSITO EM VIAS URBANAS DO RIO DE JANEIRO

*Comparative analysis of the impact of speed cameras on the reduction of traffic crashes in urban roads of Rio de Janeiro*

*Análisis comparativo del impacto de los radares de velocidad en la reducción de siniestros viales en vías urbanas de Río de Janeiro*

Gabriel Nakalski Farias <sup>1</sup>, Anderson Marden de Sousa Silva <sup>2</sup>, Jéssica Wanderley Souza do Nascimento <sup>3\*</sup>, Filipe Mendes Gonçalves Machado <sup>4</sup>, Ana Carolina de Barros Pamplona <sup>5</sup>, Matheus de Souza e Silva <sup>6</sup>, Marina Leite de Barros Baltar <sup>7</sup>, Cíntia Machado de Oliveira <sup>8</sup>, & Glaydston Mattos Ribeiro <sup>9</sup>

<sup>1 2 3 4 5 6 7 9</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) <sup>8</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro (CEFET/RJ)

<sup>1</sup> gabriel.farias@pet.coppe.ufrj.br <sup>2</sup> anderson.marden@poli.ufrj.br <sup>3\*</sup> jessica.souza@ufrj.br <sup>4</sup> filipemgm@pet.coppe.ufrj.br <sup>5</sup> carolpamplona@poli.ufrj.br <sup>6</sup> matheus.souza@poli.ufrj.br <sup>7</sup> mabaltar@pet.coppe.ufrj.br <sup>8</sup> cintia.oliveira@cefet-rj.br <sup>9</sup> glaydston@pet.coppe.ufrj.br

## ARTIGO INFO.

Recebido: 28.11.2025

Aprovado: 22.01.2026

Disponibilizado: 06.03.2026

**PALAVRAS-CHAVE:** Radares, Métricas, Sinistros de trânsito.

**KEYWORDS:** Speed cameras, Metrics, Road crashes.

**PALABRAS CLAVE:** Radares, Métricas, Siniestros de tránsito.

\*Autor Correspondente: Nascimento, J. W. S. do.

## RESUMO

A segurança viária é um componente essencial da mobilidade urbana, uma vez que está diretamente associada à preservação de vidas, à mitigação de riscos e à eficiência do sistema de transporte. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a efetividade dos radares em trechos urbanos com elevada taxa de sinistros por quilômetro na capital fluminense, com o intuito de compreender a correlação entre o posicionamento dos dispositivos de fiscalização eletrônica e a incidência de sinistros nas vias em que estão instalados. Para a análise estatística dos dados, utilizou-se o método *Bootstrap*, uma técnica de reamostragem não paramétrica que permite estimar a variabilidade de medidas sem a necessidade de pressupor distribuições específicas. Essa abordagem foi operacionalizada por meio da linguagem de programação *Python*, possibilitando a simulação de múltiplas amostras a partir dos dados observados. Os resultados apontam que, embora não tenha sido encontrada correlação estatisticamente significativa entre a proximidade do radar e a variação dos intervalos médios de acidentes, observou-se redução na frequência de incidentes em um raio de 150 metros dos dispositivos. Isso sugere um possível efeito localizado de radares de velocidade na dinâmica de acidentes rodoviários.

## ABSTRACT

Road safety is a key element of urban mobility, closely linked to life preservation, risk reduction, and transport system efficiency. This study aims to evaluate the effectiveness of speed cameras on urban segments with high accident rates per kilometer in Rio de Janeiro, focusing on the correlation between camera placement and crash incidence. The Bootstrap method, a non-parametric resampling technique, was used to estimate variability without assuming specific distributions. This approach was implemented using Python, allowing the generation of multiple simulated samples. Although no statistically significant correlation was found between radar proximity and variation in mean accident intervals, a decrease in incident frequency was observed within 150 meters of the devices, suggesting a potential localized effect of speed cameras on road crashes dynamics.

## RESUMEN

La seguridad vial es un componente esencial de la movilidad urbana, ya que está directamente relacionada con la preservación de vidas, la mitigación de riesgos y la eficiencia del sistema de transporte. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la efectividad de los radares en tramos urbanos con alta tasa de siniestros por kilómetro en la capital fluminense, con el fin de comprender la correlación entre la ubicación de los dispositivos de fiscalización electrónica y la incidencia de siniestros en las vías donde están instalados. Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el método *Bootstrap*, una técnica de remuestreo no paramétrica que permite estimar la variabilidad de las medidas sin necesidad de asumir distribuciones específicas. Esta metodología fue implementada mediante el lenguaje de programación Python, posibilitando la simulación de múltiples muestras a partir de los datos observados. Los resultados muestran que, aunque no se identificó una correlación estadísticamente significativa, se observó una reducción en la frecuencia de siniestros dentro de un radio de 150 metros de los dispositivos, lo que sugiere un posible efecto localizado de los radares sobre la dinámica de los accidentes viales.

## INTRODUÇÃO

É notório que a segurança viária desempenha um papel extremamente importante, visto que está diretamente relacionada com a preservação de vidas, a redução de riscos e a garantia de operações eficientes. Essa segurança tem se tornado um desafio constante nos países em desenvolvimento devido ao crescimento do transporte individual e motorizado aliado à precariedade da infraestrutura urbana e à deficiência do transporte público na maioria das cidades, tornando insustentável o bom gerenciamento do tráfego (Gargoum et al., 2016).

No Brasil, os radares de velocidade desempenham um papel crucial na gestão do tráfego e na melhoria da segurança viária, contribuindo tanto para a redução de sinistros quanto para a conscientização dos motoristas (Farias et al., 2024). Sua eficácia, no entanto, depende de uma abordagem equilibrada que leve em conta os aspectos de fiscalização, educação e engenharia de tráfego. E por se tratar de um país com um trânsito tão diversificado e dinâmico, em que a associação de elementos e fatores como congestionamento urbano e longas estradas rurais denota desafios únicos, a fiscalização eletrônica se torna uma ferramenta importante para a regulamentação e o controle da velocidade dos veículos (ITDP, 2017; Farias et al., 2025a).

Estudos realizados em diversas regiões do país demonstram que a implementação de sistemas de fiscalização eletrônica tem tido um impacto significativo na redução da velocidade média dos veículos e, conseqüentemente, na redução de sinistros (Farias et al., 2025b, 2025c). Em muitas cidades brasileiras, a instalação de radares tem sido acompanhada por uma diminuição no número de sinistros graves e fatais. Isso se deve, em parte, à alteração no comportamento dos motoristas, que tendem a reduzir a velocidade ao se aproximarem de áreas monitoradas por radares (Montella et al., 2015; Gargoum et al., 2016; Gorazlik e Vollrath, 2017; Mohit et al., 2018; Nascimento et al., 2023).

No contexto carioca, o número expressivo de sinistros e mortes no trânsito, por exemplo, demanda a implementação de medidas capazes de mitigar o aumento dessas estatísticas, e compreender como a presença de radares influencia a segurança viária é fundamental para a formulação de políticas públicas eficazes (Nascimento et al., 2025a). Com isso, a fiscalização eletrônica é uma das medidas adotadas para melhorar a segurança viária nas vias da antiga capital federal e a associação desse meio de fiscalização com a periculosidade das ruas com maior número de ocorrências pode indicar a real efetividade da implementação dessas providências (Montella et al., 2015; Mohit et al., 2018; Nascimento et al., 2025b).

Diante desse cenário, este estudo visa analisar a situação atual da segurança viária na cidade do Rio de Janeiro e avaliar a efetividade da utilização dos radares de velocidade nas vias com maior número de sinistros por quilômetro da capital fluminense, verificando assim, a relação entre o cenário atual do posicionamento dos equipamentos de fiscalização eletrônica e a ocorrência de sinistros nessas vias.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem mista, predominantemente qualitativa complementada por quantitativa, para analisar a correlação entre a presença de radares de velocidade e a ocorrência de sinistros em vias urbanas com alta taxa de sinistros por quilômetro. O estudo tem como base dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-Rio), compreendendo registros georreferenciados de sinistros de trânsito e localização de equipamentos de fiscalização eletrônica.

Inicialmente, realizou-se uma análise exploratória dos dados com o objetivo de identificar as vias com maior incidência de sinistros. Para isso, calculou-se a taxa de sinistros por quilômetro em toda a malha viária do município do Rio de Janeiro, considerando um período entre os anos de 2018 e 2022. A partir dessa análise preliminar, foram selecionadas apenas as vias críticas, ou seja, aquelas que apresentaram os maiores índices de acidentes proporcionalmente à sua extensão (Tabela 1). As vias sem qualquer dispositivo de controle eletrônico de velocidade foram excluídas, a fim de garantir a comparabilidade entre os segmentos analisados.

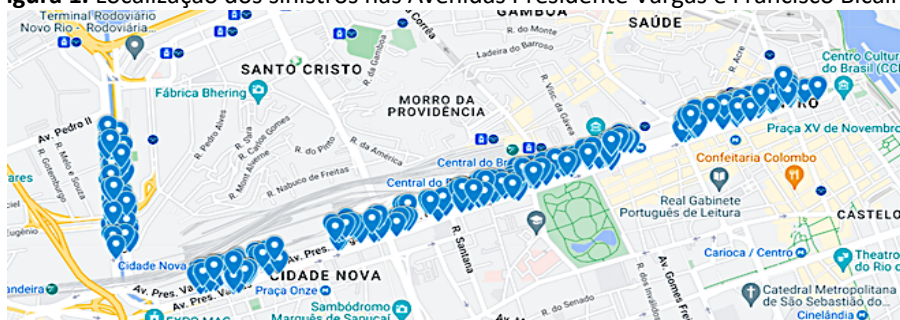
**Tabela 1.** As vias com os maiores índices de sinistros de trânsito por quilômetro

Vias	Quantidade de sinistros por quilômetro
Avenida Francisco Bicalho	30,33
Avenida Presidente Vargas	25,26
Avenida Ministro Edgard Romero	18,63
Rua Visconde de Niterói	17,07
Estrada Mal. Miguel Salazar Mendes de Moraes	17,06
Avenida Salvador de Sá	15,50
Rua Pinheiro Machado	14,35
Avenida Armando Lombardi	13,82
Avenida Paulo de Frontin	13,82
Praia de Botafogo	12,86

Fonte: Autores (2026).

Em seguida, essas vias foram cruzadas com o banco de dados contendo a localização dos radares fixos de velocidade e foram considerados 90 sinistros que ocorreram na Av. Francisco Bicalho e 198 sinistros que ocorreram na Av. Presidente Vargas (Figura 1).

**Figura 1.** Localização dos sinistros nas Avenidas Presidente Vargas e Francisco Bicalho



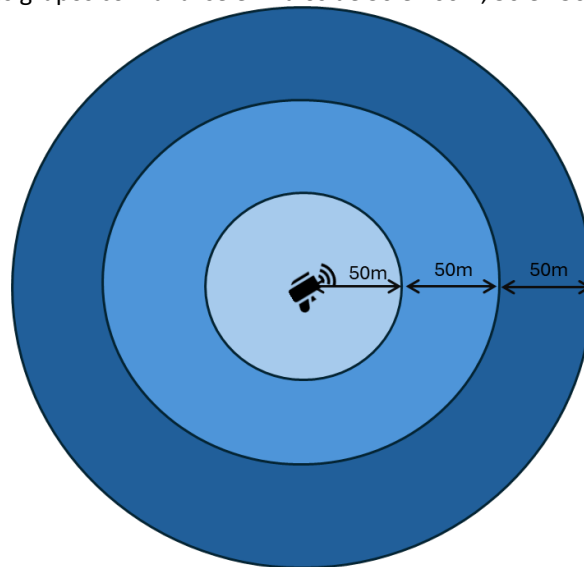
Fonte: Autores (2026).

### Coleta e tratamento dos dados

Os dados de sinistros foram extraídos em formato tabular e posteriormente geocodificados com auxílio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a análise espacial das ocorrências em relação à posição dos radares.

Para investigar a relação entre a presença dos radares e a frequência de sinistros, delimitou-se três zonas circulares concêntricas ao redor de cada radar, com raios de 50, 100 e 150 metros, respectivamente (Figura 2). Dentro de cada raio, foram contabilizadas todas as ocorrências registradas, permitindo a mensuração da densidade de sinistros em função da distância ao equipamento de fiscalização.

Figura 2. Três grupos com análise em raios de 50 e 100m, 50 e 150m, 100 e 150m



Fonte: Autores (2026).

A formação dos três grupos comparativos (50-100m, 50-150m e 100-150m) teve como principal finalidade avaliar o comportamento da frequência de sinistros em diferentes faixas de proximidade dos radares de velocidade, permitindo mensurar de forma robusta o efeito espacial da fiscalização eletrônica sobre a segurança viária.

O primeiro grupo (50 e 100m) buscou identificar se há variação significativa no número de sinistros em um entorno mais imediato, ou seja, entre a zona mais próxima ao radar e uma faixa levemente mais distante. Essa comparação é útil para verificar o alcance direto da influência do radar, especialmente sobre condutores que reduzem a velocidade ao se aproximarem do equipamento.

O segundo grupo (50 e 150m) ampliou a análise ao considerar uma diferença maior de distância, permitindo avaliar se o efeito da presença do radar se dissipa ou se mantém em áreas mais afastadas. Essa relação é importante para compreender o raio efetivo de atuação preventiva do equipamento na via.

Por fim, o terceiro grupo (100 e 150m) analisou zonas intermediárias e periféricas, servindo como controle comparativo. Esse grupo permite verificar se, fora da área de influência direta do radar, a frequência de sinistros tende a retornar a níveis mais elevados, o que indicaria que o efeito redutor é localizado e fortemente associado à presença visual e operacional do equipamento.

De forma geral, a comparação entre esses três grupos fornece subsídios empíricos para quantificar o impacto da fiscalização eletrônica na modificação do comportamento dos condutores e na redução de sinistros em vias urbanas. Assim, os resultados obtidos podem orientar políticas públicas voltadas à implantação estratégica de radares, priorizando locais com maior vulnerabilidade viária e potencial de prevenção de ocorrências.

### Procedimentos analíticos dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada com base no método *Bootstrap*, uma técnica de reamostragem não paramétrica amplamente utilizada para estimar a variabilidade de estatísticas amostrais e construir intervalos de confiança sem a necessidade de pressupor uma distribuição teórica específica dos dados. Essa característica torna o *Bootstrap* especialmente

adequado para estudos em segurança viária, nos quais a distribuição das ocorrências de sinistros tende a ser assimétrica e heterogênea, em função de fatores espaciais, comportamentais e operacionais.

O emprego do *Bootstrap* justificou-se pela robustez do método diante de distribuições desconhecidas ou não normais e pelo seu potencial em fornecer inferências mais estáveis em amostras de tamanho limitado, situação frequentemente observada em análises espaciais de eventos de trânsito. Além disso, optou-se por uma análise comparativa dois a dois entre os grupos delimitados (50–100 m, 50–150 m e 100–150 m), a fim de avaliar com maior precisão as diferenças médias na frequência de sinistros conforme a proximidade dos radares.

Embora existam métodos alternativos, como o teste ANOVA, voltado à comparação de médias entre múltiplos grupos sob a suposição de normalidade e homoscedasticidade, essas condições raramente são plenamente atendidas em dados empíricos de sinistros, que costumam apresentar alta variabilidade e distribuição enviesada. De forma semelhante, o teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* constitui uma opção válida quando tais pressupostos são violados; contudo, esse teste fornece apenas uma avaliação global entre grupos, sem detalhar as diferenças específicas entre pares, o que limitaria a interpretação dos efeitos da distância sobre a redução dos sinistros.

Assim, o *Bootstrap* mostrou-se o método mais apropriado para o contexto do presente estudo, pois permite comparações diretas entre grupos, estima intervalos de confiança precisos para as diferenças de médias e mantém a validade inferencial mesmo na ausência de normalidade dos dados.

### Simulações dos Dados

As simulações estatísticas foram implementadas na linguagem de programação *Python*, utilizando rotinas específicas para reamostragem e cálculo de intervalos de confiança. Para cada uma das comparações entre os grupos definidos (50-100m, 50-150m e 100-150m), foram realizadas 10.000 reamostragens independentes, garantindo precisão e estabilidade nas estimativas obtidas. Esse número elevado de iterações permite reduzir o erro amostral e aumentar a confiabilidade dos resultados, assegurando que as variações observadas não sejam produto do acaso. O nível de significância adotado foi de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), parâmetro comumente aceito em estudos empíricos de segurança viária, o que possibilitou determinar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

Tal abordagem possibilitou avaliar, de forma robusta e não paramétrica, a hipótese central de que a proximidade dos radares de velocidade está associada à redução da frequência de sinistros. A utilização do método *Bootstrap* em conjunto com técnicas de geoprocessamento avançadas permitiu mensurar com maior precisão o efeito de amortecimento dos radares sobre o comportamento dos condutores, evidenciando sua influência direta na mitigação de ocorrências em trechos fiscalizados.

Além da análise estatística inferencial, foram aplicadas ferramentas de visualização gráfica para representar a distribuição espacial dos sinistros em relação aos dispositivos de fiscalização eletrônica. Essa etapa teve como objetivo identificar padrões espaciais de concentração de ocorrências e possíveis zonas de influência dos radares ao longo das vias urbanas. Complementarmente, foram realizados testes de correlação entre as variáveis

geoespaciais (como densidade viária, fluxo médio de tráfego e distância entre interseções) e a ocorrência de acidentes, de modo a compreender a interação entre fatores estruturais da malha urbana e a efetividade da fiscalização eletrônica.

Em síntese, a integração entre análises estatísticas e técnicas de geoprocessamento proporcionou uma compreensão abrangente do fenômeno estudado, permitindo não apenas verificar a significância estatística das diferenças observadas, mas também interpretar seus efeitos espaciais e comportamentais no contexto da segurança viária urbana.

### ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

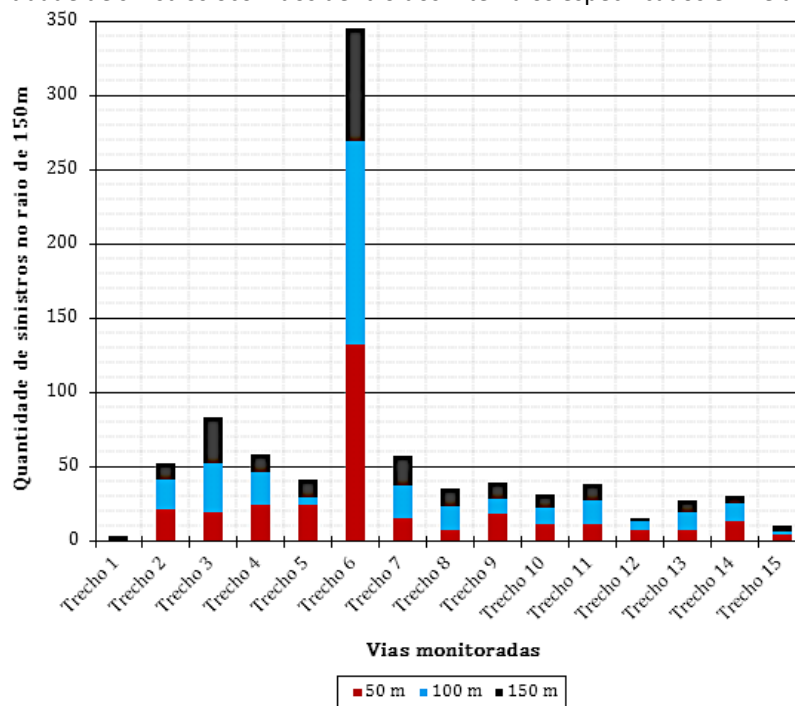
É importante destacar, inicialmente, que a correlação entre as vias e o histórico de sinistros foi estabelecida com base em dados compreendendo um período de cinco anos (2018-2022). Essa série temporal foi escolhida por fornecer um horizonte analítico suficientemente amplo para captar tendências consistentes e reduzir a influência de variações pontuais, como obras viárias, alterações de tráfego ou mudanças sazonais. Para fins comparativos, foi calculada a média aritmética anual de sinistros em cada via analisada, conforme apresentado na Tabela 2 e Figura 3, permitindo padronizar as ocorrências e garantir a comparabilidade entre vias com diferentes extensões e intensidades de tráfego.

Além disso, determinou-se o índice de sinistros por quilômetro (Tabela 2), indicador amplamente utilizado em estudos de segurança viária, por considerar a dimensão física das vias e proporcionar uma visão mais realista da densidade de eventos de risco. A aplicação do método *Bootstrap* sobre esse conjunto de dados possibilitou gerar amostras simuladas com base na distribuição empírica observada, ampliando a robustez estatística das inferências e permitindo estimar intervalos de confiança não paramétricos para as médias comparadas entre grupos. Essa abordagem se mostrou essencial para avaliar o impacto da proximidade dos radares de velocidade sobre a ocorrência de sinistros, mesmo diante da ausência de normalidade nas distribuições originais.

**Tabela 2.** Relação dos sinistros nas proximidades de radares nos segmentos monitorados

Nomenclatura utilizada	Quantidade de sinistros próximos a radares (intervalos de distância)				Quantidade total	Vias
	Entre 0 e 50m	Entre 50 e 100m	Entre 100 e 150m	Acima de 150m		
Trecho 1	0	0	3	73	76	Av. Armando Lombardi
Trecho 2	21	20	11	623	675	Av. Dom Helder Câmara
Trecho 3	19	33	31	99	182	Av. Francisco Bicalho
Trecho 4	24	22	12	102	160	Av. Monsenhor Félix
Trecho 5	24	5	12	111	152	Av. Paulo de Frontin
Trecho 6	132	137	76	135	480	Av. Presidente Vargas
Trecho 7	15	22	20	5	62	Av. Salvador de Sá
Trecho 8	7	16	12	110	145	Est. Marechal Mg.I Salazar de Moraes
Trecho 9	18	10	11	114	153	Rua Dias da Cruz
Trecho 10	11	11	9	27	58	Rua Humaitá
Trecho 11	11	16	11	46	84	Av. Boulevard Vinte e Oito de Set.
Trecho 12	7	6	2	175	190	Av. Geremário Dantas
Trecho 13	7	12	8	399	426	Av. Ayrton Senna
Trecho 14	13	12	5	45	75	Av. Trinta e Um de Março
Trecho 15	4	2	4	76	86	Av. Presidente Castelo Branco
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>324</b>	<b>227</b>	<b>2140</b>	<b>3004</b>	–

Fonte: Autores (2026).

**Figura 3.** Quantidade de sinistros ocorridos dentro dos intervalos especificados em relação aos radares

Fonte: Autores (2026).

**Tabela 3.** Relação da ocorrência de sinistros por quilômetro nos segmentos monitorados

Nomenclatura utilizada	Extensão	Total de sinistros	Sinistros por quilômetro	Vias
Trecho 1	1,1	76	13,82	Av. Armando Lombard
Trecho 2	10,5	675	12,86	Av. Dom Helder Câmara
Trecho 3	1,2	182	30,33	Av. Francisco Bicalho
Trecho 4	3,1	160	10,71	Av. Monsenhor Félix
Trecho 5	2,2	152	13,82	Av. Paulo de Frontin
Trecho 6	3,8	480	25,26	Av. Presidente Vargas
Trecho 7	0,8	62	15,50	Av. Salvador de Sá
Trecho 8	1,7	145	17,06	Est. Marechal Miguel Salazar de Moraes
Trecho 9	2,4	153	12,75	Rua Dias da Cruz
Trecho 10	1,1	58	10,55	Rua Humaitá
Trecho 11	1,6	84	10,50	Av. Boulevard Vinte e Oito de Setembro
Trecho 12	3,7	190	10,27	Av. Geremário Dantas
Trecho 13	6,8	426	12,53	Av. Ayrton Senna
Trecho 14	1,3	75	11,54	Av. Trinta e Um de Março
Trecho 15	1,5	86	11,47	Av. Presidente Castelo Branco
<b>Total</b>	–	<b>3004</b>	–	–

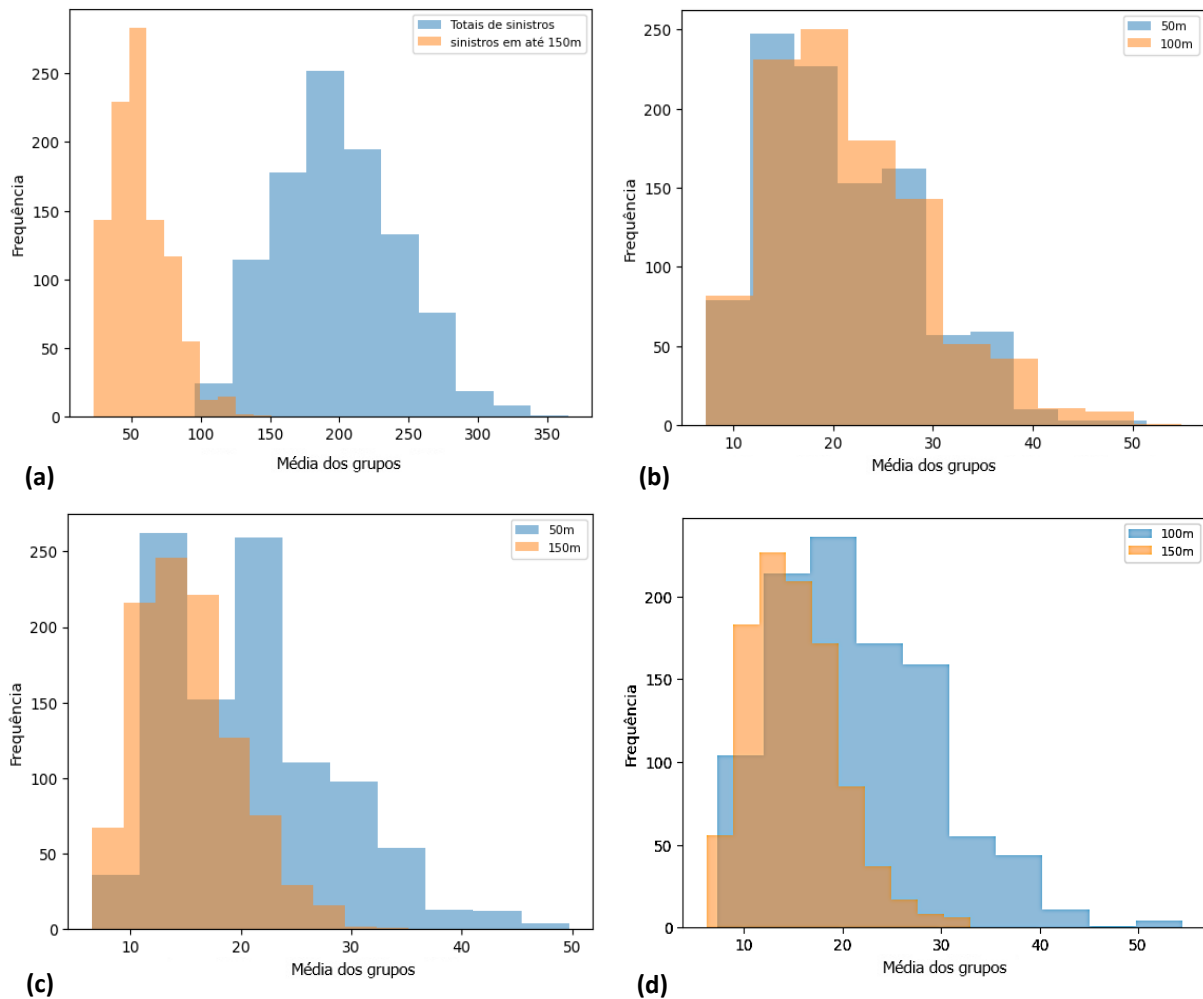
Fonte: Autores (2026).

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que determinadas vias apresentaram maior concentração de sinistros, destacando-se a Avenida Presidente Vargas e a Avenida Francisco Bicalho, ambas com diferenças expressivas em relação às demais vias analisadas (Figura 3). Tal predominância pode ser atribuída à presença de Polos Geradores de Viagens (PGVs), como terminais rodoviários, estações de transporte público e grandes centros comerciais, que aumentam significativamente o volume de tráfego e o fluxo de pedestres. Esses fatores ampliam a complexidade operacional e elevam o potencial de conflito viário, contribuindo para a elevação do número de sinistros.

Na sequência, aplicando o método *Bootstrap* para comparar o total de sinistros nas vias com aqueles registrados dentro do raio de 150 metros dos radares (Figura 4 e Tabela 4), observou-se uma diminuição média nas ocorrências à medida que se aproxima dos dispositivos de

controle de velocidade. Contudo, ao analisar os intervalos de confiança das diferenças entre as médias dos grupos, constatou-se que todos os intervalos incluem o valor zero, indicando ausência de evidência estatisticamente significativa para afirmar que a redução observada seja atribuída exclusivamente à presença dos radares.

**Figura 4.** Médias comparativas: (a) Sinistros totais e até 150m; (b) 50 e 100m; (c) 50 e 150m; (d) 100m e 150m



Fonte: Autores (2026).

**Tabela 4.** Resultados das diferenças dos grupos aplicando o método *Bootstrap*

Grupos	Intervalo de Confiança
50 e 100m	[-22,452 20,067]
50 e 150m	[-10,189 26,813]
100 e 150m	[-9,377 24,375]
Total de sinistros e sinistros até 150m	[54,908 235,484]

Fonte: Autores (2026).

Esses resultados revelam que, embora exista uma tendência empírica de redução de sinistros nas zonas mais próximas aos equipamentos de fiscalização, a influência estatística direta dos radares sobre a diminuição dos acidentes não se mostra conclusiva no intervalo de confiança adotado (95%). Esse achado sugere que a segurança viária urbana é um fenômeno multifatorial, em que a presença dos radares atua como um dos componentes de mitigação, mas sua efetividade depende também de condições estruturais, fluxos de tráfego, comportamento dos usuários e características geométricas das vias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa indicam que, no estudo de caso do Município do Rio de Janeiro, a presença de radares de velocidade influencia de forma relevante a dinâmica dos sinistros de trânsito, em consonância com evidências já documentadas na literatura especializada. De maneira geral, verificou-se redução da frequência de ocorrências em um raio de até 150 metros dos equipamentos, apontando um efeito localizado possivelmente associado à diminuição da velocidade na área sob fiscalização. Essa averiguação também se confirmou nas análises realizadas sobre os 3.004 sinistros considerados, bem como nas técnicas de geoprocessamento e reamostragem empregadas.

Entretanto, quando a distribuição espacial dos sinistros foi comparada com a localização dos radares através dos intervalos de 50, 100 e 150 metros, as simulações realizadas pelo método *Bootstrap*, com 10.000 reamostragens e nível de significância  $\alpha = 0,05$ , não identificaram diferenças estatisticamente significativas entre as faixas de distância. Isso porque os intervalos de confiança incluem o valor zero: 50 vs 100 m: IC  $\approx [-22,452; 20,067]$ ; 50 vs 150 m: IC  $\approx [-10,189; 26,813]$ ; 100 vs 150 m: IC  $\approx [-9,377; 24,375]$ .

A presença do zero em todos os intervalos indica que a proximidade imediata aos equipamentos não pode ser considerada, isoladamente, responsável pela redução observada. Em contrapartida, a comparação entre o total de sinistros nas vias e o total de sinistros ocorridos dentro de 150 m evidenciou intervalo de confiança estritamente positivo [54,908; 235,484], denotando diferença estatisticamente significativa na análise agregada. Isso sugere que os radares podem exercer um efeito geral de mitigação de ocorrências em seu entorno, embora tal evidência não permita estabelecer causalidade direta sem controle apropriado para variáveis de exposição e confundimento.

Além disso, a heterogeneidade entre os trechos analisados reforça a natureza multifatorial da segurança viária. A Avenida Presidente Vargas, por exemplo, segunda via com maior número absoluto de sinistros e uma das com maior índice por quilômetro, apresentou percentual acima da média de ocorrências no raio de 150 metros dos radares. Ao passo que outras vias, como a Avenida Francisco Bicalho, exibiram padrões distintos. Essa variabilidade demonstra que fatores estruturais e contextuais, como presença de Polos Geradores de Viagens, volume de tráfego, fluxo de pedestres, características geométricas e operação da via, podem modular substancialmente a efetividade dos equipamentos de controle de velocidade.

Diante desse cenário, torna-se evidente que a fiscalização eletrônica representa apenas um dos elementos mitigadores dentro de um sistema de segurança viária complexo, influenciado por aspectos comportamentais, operacionais e espaciais. Assim, para aprofundar a compreensão dos mecanismos que potencializam ou reduzem o risco, pesquisas futuras devem incorporar variáveis adicionais e metodologias mais robustas. Recomenda-se, por exemplo, a aplicação de modelos de contagem ajustados por exposição (*Poisson* ou, preferencialmente, binomial negativo), modelos hierárquicos com efeitos aleatórios por via, técnicas de controle de confundidores (como *propensity score matching*), análises espaciais avançadas (*Moran's I*, modelos SAR/SEM, GWR), métodos quasi-experimentais (ITS e Diferenças-em-Diferenças), e modelagem bayesiana para trechos com baixa ocorrência. Além disso, análises de sensibilidade variando o raio de influência dos radares e diferentes especificações de modelo podem contribuir para avaliar a robustez das conclusões.

Em síntese, embora haja indícios empíricos de que radares exerçam efeito localizado na redução de sinistros, as evidências estatísticas demonstram que sua influência isolada é limitada e dependente do contexto viário. Portanto, políticas públicas que visem à instalação, reposicionamento ou expansão desses dispositivos devem considerar não apenas sua presença, mas também as características estruturais e comportamentais que moldam o risco viário. Estratégias integradas de engenharia, fiscalização e educação, aliadas a análises estatísticas avançadas, são essenciais para aprimorar a segurança viária em corredores críticos e reduzir de forma eficaz a incidência de sinistros no ambiente urbano.

## AGRADECIMENTOS

OPTGIS da COPPE/UFRJ, CNPq e FAPERJ pelo suporte institucional, técnico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Farias, G. N., et al. (2024) Implementação de modelo matemático para otimizar a localização de radares de velocidade em vias urbanas no Rio de Janeiro. In *Anais do 21º Congresso Rio de Transportes*. Rio de Janeiro: Unicast, 1(1), 1-12.
- Farias, G. N., et al. (2025a) Utilização de modelo matemático de otimização para determinar a localização de radares de velocidade em vias urbanas no Rio de Janeiro. *Cadernos do IME - Série Informática*, 51(1), 11-23. <https://doi.org/10.12957/cadinf.2025.90230>
- Farias, G. N., et al. (2025b) Análise multicritério para alocação eficiente de radares de velocidade em vias urbanas do Rio de Janeiro. In *Anais do 39º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, 1(1), 807-811.
- Farias, G. N., et al. (2025c) Abordagem multicritério para identificação estratégica de segmentos críticos em via expressa do Rio de Janeiro: Análise de altas velocidades, fiscalização eletrônica e ocorrência de sinistros de trânsito. In *Anais do 22º Congresso Rio de Transportes*. Rio de Janeiro: Unicast, 1(1), 1-12.
- Gargoum, S. A., El-Basyouny, K., & Kim, A. (2016) Towards setting credible speed limits: Identifying factors that affect driver compliance on urban roads. *Accident Analysis & Prevention*, 95(1), 138-148. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.001>
- Goralzik, A. & Vollrath, M. (2017) The effects of road, driver, and passenger presence on drivers' choice of speed: a driving simulator study. *Transportation Research Procedia*, 25(1), 2061-2075. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.400>
- ITDP (2017) Moderação de tráfego e sua importância na construção de cidades mais humanas e inclusivas. Rio de Janeiro: *Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento*.
- Mohit, B., Rosen, Z., & Muennig, P. A. (2018) The impact of urban speed reduction programmes on health system cost and utilities. *Injury Prevention*, 24(4), 262-266. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2017-042340>
- Montella, A., et al. (2015) Effects on speed and safety of point-to-point speed enforcement systems: Evaluation on the urban motorway A56 Tangenziale di Napoli. *Accident Analysis & Prevention*, 75(1), 164-178. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.022>
- Nascimento, J. W. S. do., et al. (2023) The role of occupational safety in road works: Implementation of preliminary risk analysis in the execution of asphalt resurfacing. *Research, Society and Development*, 12(11), e129121143778. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43778>
- Nascimento, J. W. S. do., et al. (2025a) An integrated intelligent routing approach for the sustainable optimization of urban freight transport in Rio de Janeiro. In *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. Vitória: CONTECC, 80ª SOEA, 1(11), 1-5.
- Nascimento, J. W. S. do., et al. (2025b) Otimização multiobjetivo de roteamento sustentável do transporte de cargas com aplicação de SIG e NSGA-III na malha viária do Rio de Janeiro. In *Anais do 39º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, 1(1), 986-990.