

INDICADOR DE PONTO CRÍTICO DE SINISTRO COM MORTE: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE ÓBITOS NO TRÂNSITO

CRITICAL POINT INDICATOR OF FATAL ACCIDENTS: A CONTRIBUTION TO THE REDUCTION OF TRAFFIC DEATHS

INDICADOR DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTES MORTALES: UNA CONTRIBUCIÓN A LA REDUCCIÓN DE LAS MUERTES POR ACCIDENTES DE TRÁFICO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n11-079>

Data de submissão: 07/10/2025

Data de publicação: 07/11/2025

Djairlon Henrique Moura

Doutorando em União Europeia

Instituição: Universidade Nacional de Educação à Distância (UNED, Espanha)

E-mail: Djairlon.henrique@gmail.com

RESUMO

Apesar dos avanços em pesquisas sobre segurança viária, persistem lacunas na mensuração e no monitoramento dos fatores que determinam os sinistros graves. Este estudo propõe o Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO), instrumento destinado a identificar e priorizar segmentos rodoviários com maior concentração de mortes. Foram analisados 2,1 milhões de registros de sinistros ocorridos entre 2007 e 2024 em rodovias federais brasileiras, envolvendo 4,7 milhões de pessoas e resultando em 121.661 óbitos. O estudo também comparou tendências em três grupos de países — nove de maior extensão territorial, nove sul-americanos e 22 europeus — identificando aumento das fatalidades a partir de 2019 e divergências conceituais sobre “ponto crítico” entre instituições nacionais e internacionais. Os resultados evidenciam padrões espaciais e causais distintos que demandam abordagens específicas de engenharia e gestão pública. O IPCO é apresentado como ferramenta de apoio à decisão para otimizar investimentos, direcionar intervenções localizadas e contribuir para o alcance da meta da ONU e do PNATRANS de reduzir em 50% as mortes no trânsito até 2030.

Palavras-chave: Segurança Viária. Pontos Críticos. Indicadores de Desempenho. Políticas Públicas. Sistemas Seguros.

ABSTRACT

Despite significant advances in road safety research, gaps remain in measuring and monitoring the factors that determine severe traffic crashes. This study proposes the Critical Point Indicator for Fatal Traffic Crashes (CPIF), a tool designed to identify and prioritize highway segments with the highest concentration of fatalities. More than 2.1 million crash records were analyzed from 2007 to 2024, involving 4.7 million people and resulting in 121,661 deaths on Brazilian federal highways. The research also compared trends across three groups of countries — the nine largest by area, nine South American nations, and 22 European countries — revealing an increase in fatalities since 2019 and conceptual divergences regarding the definition of “critical point” among national and international institutions. The results highlight distinct spatial and causal patterns that demand targeted engineering and policy responses. The CPIF is presented as a decision-support instrument to optimize public

investments, guide localized interventions, and contribute to achieving the UN and Brazil's PNATRANS goal of reducing road deaths by 50% by 2030.

Keywords: Road Safety. Crash Hotspots. Performance Indicators. Public Policies. Safe System Approach.

RESUMEN

A pesar de los avances en las investigaciones sobre seguridad vial, aún existen vacíos en la medición y el monitoreo de los factores que determinan los siniestros graves. Este estudio propone el Indicador de Punto Crítico de Siniestro de Trafico con Muerto (IPCO), una herramienta destinada a identificar y priorizar los tramos viales con mayor concentración de muertes. Se analizaron más de 2,1 millones de registros de siniestros ocurridos entre 2007 y 2024 en carreteras federales brasileñas, que involucraron a 4,7 millones de personas y resultaron en 121.661 fallecidos. El estudio también comparó las tendencias en tres grupos de países — nueve de mayor extensión territorial, nueve sudamericanos y 22 europeos — identificando un aumento de las fatalidades a partir de 2019 y divergencias conceptuales sobre el término “punto crítico” entre instituciones nacionales e internacionales. Los resultados evidencian patrones espaciales y causales diferenciados que exigen enfoques específicos de ingeniería y gestión pública. El IPCO se presenta como una herramienta de apoyo a la decisión para optimizar inversiones, orientar intervenciones localizadas y contribuir al cumplimiento del objetivo de la ONU y del PNATRANS de reducir en un 50% las muertes en el tránsito hasta 2030.

Palabras clave: Seguridad Vial. Puntos Críticos. Indicadores de Desempeño. Políticas Públicas. Sistemas Seguros.

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1960, a **Organização Mundial da Saúde (OMS)** já reconhecia os sinistros de trânsito como um problema global de saúde pública, conforme discutido em 1962 e posteriormente reafirmado na **Resolução WHA27.58 (1974)**. Em 2004, o *World Report on Road Traffic Injury Prevention* (WRI) consolidou evidências sobre a magnitude do problema, levando a ONU a instituir o **Dia Mundial da Saúde dedicado à Segurança Rodoviária**. Apesar de sucessivas iniciativas internacionais, como a **Resolução nº 64/255 (2010)**, que inaugurou a *Década de Ação para a Segurança Viária 2011–2020*, e a **Resolução nº 74/299 (2020)**, que estabeleceu nova meta até 2030, os resultados ainda são insuficientes. Os sinistros de trânsito permanecem em níveis inaceitáveis, com **1,19 milhão de mortes e cerca de 50 milhões de feridos anuais**, sobretudo em países em desenvolvimento.

Além do impacto humano, os **custos econômicos** são expressivos, variando entre **0,4% e 4,1% do PIB** em 31 países analisados (Wijnen & Stipdonk, 2017), o que evidencia a necessidade de intervenções mais direcionadas e sustentáveis. Tanto nas resoluções quanto nos planos globais subsequentes, *Plano Global para a Década de Ação pela Segurança Viária 2011–2020* e *Plano Global 2021–2030*, a **infraestrutura viária segura** é reconhecida como pilar essencial, conforme a abordagem dos **Sistemas Seguros**, que parte do princípio de que o erro humano é inevitável, mas as vias devem ser projetadas para absorvê-lo sem causar fatalidades (ONU, 2010; Wegman, 2017).

Diante desse cenário, o presente estudo propõe a criação de um **Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO)** como ferramenta estratégica para **priorizar trechos rodoviários com maior concentração de mortes** e orientar políticas públicas de curto e médio prazo. No contexto brasileiro, essa proposta apoia o alcance das metas do **Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS)**, instituído pela Lei nº 13.614/2018, e contribui para a agenda da ONU de reduzir em 50% as mortes no trânsito até 2030.

A investigação baseou-se em **dados abertos de sinistros fatais** de países da **OCDE, América do Sul, China, Rússia e Índia**, e, no caso brasileiro, em registros da **Policia Rodoviária Federal (PRF)**, abrangendo o período de **2007 a 2024**, totalizando **2,1 milhões de ocorrências, 4,7 milhões de pessoas envolvidas, 1,17 milhão de feridos leves, 404 mil feridos graves e 121.661 óbitos**.

O artigo está estruturado em seis partes: introdução; metodologia; referencial teórico; análise empírica dos sinistros em rodovias federais; proposta e fundamentação do **IPCO**; e considerações, com implicações e recomendações para políticas públicas

2 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida possui caráter quantitativo, descritivo e comparativo, voltado à identificação de padrões de concentração de sinistros com óbitos em rodovias federais brasileiras e à proposição de um Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO). O estudo adota uma abordagem reativa, baseada em dados empíricos já registrados, conforme a classificação de *Fletcher et al.* (2020), privilegiando a análise de sinistros efetivamente ocorridos como referência para o planejamento de intervenções corretivas.

2.1 FONTES DE DADOS

Foram utilizados bancos de dados públicos e oficiais. Em nível internacional, recorreu-se às bases da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), bem como de organismos nacionais de países da América do Sul, da China, da Rússia e da Índia, permitindo comparações entre três grupos:

- a) os nove países de maior extensão territorial;
- b) os nove países da América do Sul;
- c) vinte e dois países europeus.

Para efeitos desse comparativo do Brasil com os três grupos de países, utilizou-se dados nacionais publicados pelo Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), vinculado ao Ministério da Saúde, que consolida as mortes em todas as vias: federais, estaduais e vias municipais.

Já para efeitos do estudo sobre o IPCO, que se limitou a registros de sinistros em rodovias federais do Brasil, empregou-se dados abertos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da Polícia Rodoviária Federal (PRF). O banco da PRF dos registros de sinistros de trânsito ocorridos em rodovias federais entre 2007 e 2024, totalizaram 2.122.326 ocorrências, com 4,7 milhões de pessoas envolvidas, 1,17 milhão de feridos leves, 404 mil feridos graves e 121.661 mortes no local do evento.

2.2 AMOSTRAGEM E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Para fins de análise, as rodovias federais foram segmentadas em trechos de 1 quilômetro, totalizando 74.344 km avaliados. Considerou-se ponto crítico de sinistro com óbito, todo segmento de 1 km com ocorrência de ao menos um sinistro com morte no período estudado. Dos 74.344 km, 36.494 km (49%) apresentaram pelo menos um óbito. A amostra final foi composta pelos 100 segmentos com maior concentração de mortes, definidos a partir dos seguintes critérios:

- d) registro de óbitos em pelo menos cinco anos, dos últimos dez da série histórica;

e) exclusão de trechos que, nos últimos três anos (2022–2024), não registraram mortes, para evitar segmentos que passaram por intervenções recentes.

A seleção garantiu nível de confiança de 95% e margem de erro inferior a 2%, conferindo representatividade à amostra.

2.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Os dados foram organizados e tabulados em planilhas eletrônicas, sendo realizadas análises de **frequência, distribuição espacial e recorrência temporal**. Para cada segmento crítico foram identificados:

- a) o número de sinistros;
- b) o total de óbitos;
- c) o tipo de sinistro;
- d) a causa predominante;
- e) as características da via (pista simples, dupla ou múltipla).

A partir dessas variáveis foi elaborada uma matriz de concentração de fatalidades, que subsidiou a identificação de segmentos críticos, em ordem decrescente, ou seja, daquele que apresentava a maior quantidade óbitos para aquele que apresentava a menor por segmento de 1km.

2.4 LIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O estudo baseia-se exclusivamente em **dados secundários públicos**, sem identificação pessoal, atendendo aos princípios éticos de sigilo e anonimização. As principais limitações decorrem de possíveis inconsistências de registro entre anos e da ausência de variáveis complementares, como volume de tráfego e características socioeconômicas locais. Ainda assim, o método adotado é **replicável e escalável**, podendo ser aplicado por gestores públicos de diferentes níveis administrativos.

2.5 PROCEDIMENTOS COMPARATIVOS INTERNACIONAIS

Para fins de contextualização global, foi conduzida uma análise comparativa de tendências de mortalidade no trânsito em três grupos de países:

- a) os nove países com maior extensão territorial (incluindo Brasil, China, Índia, Estados Unidos, Rússia, Austrália, Canadá, Argentina e Cazaquistão);
- b) nove países sul-americanos com dados consolidados junto à OCDE e às autoridades nacionais; e,

c) vinte e dois países europeus, selecionados pela disponibilidade de dados consistentes, entre 2012 e 2022.

As informações foram obtidas de bases de dados da OCDE, do Banco Mundial e de fontes oficiais nacionais, padronizadas para permitir a comparação de variações anuais e identificação de tendências.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Existe na literatura variados termos ou expressões para identificar a concentração de sinistros de trânsito, como hotspot, darkspot, ponto crítico, segmento crítico, trecho crítico ou área vermelha. Todas essas definições têm em comum uma alta concentração de sinistros ocorrendo em uma mesma localidade. Os locais com alta concentração de sinistros, podem ser descritos como de alto risco, perigosos, pontos quentes ou ponto negros. São nesses locais que é exigido melhor performance dos condutores, e que, portanto, intervenções de engenharia pode diminuir as exigências de desempenho, aumentando a margem de segurança entre o desempenho do condutor e a demanda por desempenho da via, especificamente naquele local, resultando em menor probabilidade de um sinistro (Verkeersonveiligheid, 2003).

Normalmente a definição de ponto crítico tem um único objetivo, que é explicar o porquê dessa concentração de eventos em um mesmo ponto, região, segmento de rodovia etc. Segundo Anderson (2009), a identificação de pontos críticos de sinistros de trânsito, é importante para as políticas adequadas de destinação de recursos públicos na busca por melhoramento da segurança. As análises de pontos críticos se concentram em segmentos rodoviários ou cruzamentos e sugerem dependência do local onde ocorrem, podendo ter uma ou várias causas em comum.

Erdogan et al. (2008), ao estudar 7.634 ocorrências de sinistros entre 1996 e 2006, utilizando a plataforma *Geographic Information System* (GIS), identificaram a concentração de sinistros em encruzilhadas de acesso a pequenas cidades, curvas fechadas e áreas que ficavam escorregadias durante o período chuvoso. Entre as causas, estão a desobediência a sinalização, avanços de semáforos, ultrapassagens indevidas, etcetera. Para Shariff et al. (2018), definem *hotspot* como o local de maior probabilidade de sinistro em relação às áreas circundantes; em estudo sobre a via expressa **Petani-Bukit Lanjan (Malásia, 2011–2024)**, considerou-se *hotspot* o trecho com **200 ou mais incidentes em até 1.000 metros** de extensão.

No contexto brasileiro, o conceito de ponto crítico vem sendo tratado por diversos órgãos desde as décadas de 1970 e 1980. O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 1982), atual Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN) utilizava o termo pontos negros, classificando-os

conforme índices diferenciados para sinistros sem vítima, com vítima e com morte. O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), precursor do DNIT, aplicou programas de segurança financiados pelo Banco Mundial entre 1976 e 1994, incluindo metodologias de identificação de segmentos críticos (IPR, 2004).

Uma das metodologias mais utilizadas para identificar um segmento crítico, é a Unidade Padrão de Severidade (UPS), empregada pelo DNIT e por diversos Departamento de Estradas e Rodagem (DERs). A metodologia aplica um índice de gravidade, onde o sinistro sem vítima tem o índice 1(um), com vítima 5(cinco) e com óbito 13(treze)..

Já a Polícia Rodoviária Federal (PRF), desenvolveu metodologias próprias ao longo das últimas décadas. Em 2010, a instituição considerava trecho crítico um segmento de 10 km com alta concentração de ocorrências, aplicando pesos de 1, 5 e 25 para sinistros sem vítima, com vítima e com óbito, respectivamente, conforme estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Em 2022, a PRF atualizou o modelo, alinhando-o à Resolução nº 798/2020 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Essa resolução, de caráter normativo, é a única de alcance nacional sobre o tema, ao exigir estudos técnicos para instalação de medidores de velocidade baseados na identificação de trechos críticos de sinistros. O art. 6º da norma define trecho crítico como aquele que apresenta elevado número de sinistros com mortes e lesões, abrangendo um raio de até 2.500 metros em áreas rurais e 500 metros em áreas urbanas (CONTRAN, 2020). Contudo, ao deixar a quantificação a critério da autoridade local, o texto normativo resulta em padrões heterogêneos entre os órgãos do Sistema Nacional de Trânsito (SNT).

Além do marco regulatório, destaca-se o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), instituído pela Lei nº 13.614/2018, que adota seis pilares estruturantes. O Pilar 2 – Vias Seguras prevê a Ação A2018, voltada ao estabelecimento de procedimentos para identificação e tratamento de pontos críticos de sinistros, com três produtos principais:

- a) Elaboração de manual técnico para identificação e tratamento desses pontos;
- b) Capacitação de técnicos, projetistas e gestores; e,
- c) Programa nacional de tratamento de pontos críticos (DENATRAN, 2018).

Essas iniciativas reforçam a importância da análise territorial e padronização de indicadores para orientar intervenções preventivas. Entretanto, observa-se a ausência de um modelo sintético unificado que integre a severidade, a reincidência temporal e a densidade espacial dos sinistros, lacuna que o presente estudo busca suprir por meio da proposta do Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO).

4 ANÁLISE EMPÍRICA DOS SINISTROS EM RODOVIAS FEDERAIS

Para identificar a importância da identificação e tratamento de pontos críticos na redução de mortes em sinistros de trânsito, a presente investigação utilizou-se de banco de dados abertos, especialmente o de sinistros ocorridos em rodovias federais, entre 2007 e 2024, abastecido pela PRF e o banco de dados do Sistema Nacional de Viação (SNV). O objetivo é identificar a distribuição espacial dos óbitos, compreender o comportamento dos tipos e causas de sinistros e evidenciar a importância da identificação e tratamento de pontos críticos como instrumento para redução de mortes no trânsito.

4.1 BASE DE DADOS E ABRANGÊNCIA DA ANÁLISE

Foram analisados 2.122.326 sinistros registrados em rodovias federais, entre 2007 e 2024, envolvendo aproximadamente 4,7 milhões de pessoas e resultando em 121.661 mortes no local. A base compreende um universo de 74.344 km de rodovias sob jurisdição federal, das quais 7.530 km (10,1%) são pistas duplas ou múltiplas e 66.814 km (89,9%) são pistas simples. No período da análise, houve registro de óbito em 36.494 km, correspondendo a 49% da extensão total da malha federal. Ao todo, são cerca de 1,7 milhões de rodovias no Brasil, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (Cristaldo, 2017), sendo as federais as mais estratégicas por conectar grandes cidades, centros econômicos, estados, regiões geográficas e países fronteiriços. É nas rodovias federais, cujo a responsabilidade de registro dos sinistros é da PRF, que se concentra pouco menos de 20% dos óbitos registrados em sinistros de trânsito no Brasil

No conjunto analisado, 33.330 óbitos (27%) ocorreram em vias com duas ou mais faixas por sentido e 88.331 (73%) em vias de pista simples. Essa diferença reflete as limitações de infraestrutura e o papel da duplicação na mitigação da severidade dos sinistros.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS CRÍTICOS

Para fins desta investigação, ponto crítico é definido como o segmento de 1 km de extensão com registro de ao menos um sinistro com morte no período analisado. Os 74.344 segmentos foram ranqueados pelo somatório de óbitos, sendo selecionados os 100 mais críticos, conforme os seguintes critérios:

- a) confiabilidade estatística com nível de confiança de 95% e margem de erro inferior a 2%;
- b) exclusão de trechos que não registraram mortes entre 2022 e 2024, para evitar distorções devidas a intervenções recentes;
- c) priorização de segmentos com persistência temporal, ocorrência de óbitos em pelo menos cinco dos últimos dez anos.

Esses segmentos correspondem às áreas de maior concentração de fatalidades e, portanto, de maior potencial para intervenção corretiva.

4.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS FATALIDADES

A Tabela 1 apresenta a concentração de óbitos por faixas de extensão das rodovias federais, considerando os 10.000 km mais críticos. Observa-se que, ao concentrar esforços em apenas 2.000 km (2,6%) da malha federal, seria possível impactar em aproximadamente 23% das mortes em rodovias federais, que representa aproximadamente 4,4% das mortes no trânsito nacional (base 2023).

Tabela 1 - Óbitos em sinistros nas rodovias federais nos 10.000 km mais críticos (2007–2024)

Extensão (km)	Mortes entre 2007 e 2024 (acumulada)	Percentual (%) do total de Óbitos entre 2007 e 2024 (acumulada)	Percentual da extensão de rodovias federais* (%) (acumulada)	Média anual de mortos (acumulada)
100km	2928	2,41%	0,13%	163
500km	10287	8,46%	0,67%	572
1000km	17014	13,98%	1,35%	945
2000km	27571	22,66%	2,69%	1532
5000km	49712	40,86%	6,73%	2762
10000km	73661	60,55%	13,45%	4092

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados abertos a PRF e DNIT.

4.4 TIPOS E CAUSAS DOS SINISTROS

A Tabela 2 sintetiza a média de tipos e causas de sinistros nos 100 km mais críticos, revelando significativa diversidade. Em média, cada quilômetro apresentou nove tipos e dez causas distintas de sinistros. Isso demonstra que o fator determinante não é a natureza do evento, mas o local em que ocorre, o que reforça a relevância da abordagem territorial proposta.

Tabela 2 - Média de tipos e causas de sinistros nos 100 km mais críticos em rodovias federais (2007–2024)

UF	AL	BA	CE	DF	ES	GO	MG	MT	PE	PI	PR	RJ	RS	SC	SP	Total
Segmentos de 1km analisados por UF (2)	1	1	7	1	4	5	11	1	7	3	5	21	2	4	27	100
Quantidade de sinistros registrados (3)	13	15	179	21	87	131	264	33	174	67	111	490	45	92	749	2471
Média de sinistros por segmento de 1km (4)	13	15	25	21	22	26	24	33	24	22	22	23	22	23	27	24
Média de tipos de sinistros por km (5)	8	7	9	10	10	9	9	9	11	9	9	8	11	9	9	9
Média de causas de sinistros por km (6)	8	7	10	9	10	11	9	14	11	9	10	10	10	11	12	10
Total Geral de mortes (7)	20	22	189	21	11	141	339	37	194	68	116	529	46	98	807	2727

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados abertos da PRF.

Os Gráficos 1 e 2 exemplificam essa diversidade no segmento BR-316, Km 255 (Alagoas-AL), com predominância de colisões frontais, típicas de pistas simples. Nos Gráficos 3 e 4, referentes à BR-381, Km 525 (Minas Gerais-MG), ponto mais letal do país, com 72 mortes em 18 anos, observa-se

predominância de excesso de velocidade (39 mortes), associada a sinistros do tipo capotamento, tombamento e saída de pista, que somam 60 óbitos.

Nos Gráficos 5 e 6, relativos à BR-381 (São Paulo/SP, Km-83, 84, 85, 86 e 88), identificam-se 153 mortes, das quais 98 por atropelamento, evidenciando o risco elevado em áreas urbanas densamente povoadas. Nesse caso, a velocidade incompatível se destacou entre as 16 causas identificadas.

Gráfico 1 – óbitos por tipo de sinistro na BR-316, Km-255, Alagoas/AL

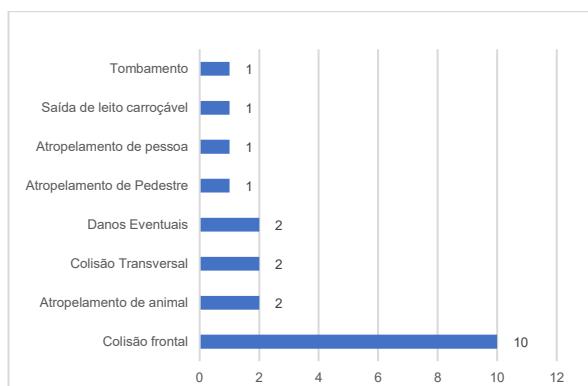


Gráfico 2 – óbitos por causa de sinistro na BR-316, Km-255, Alagoas/AL



Gráfico 3 – óbitos por tipo de sinistro na BR-381, Km-525, Minas Gerais/MG

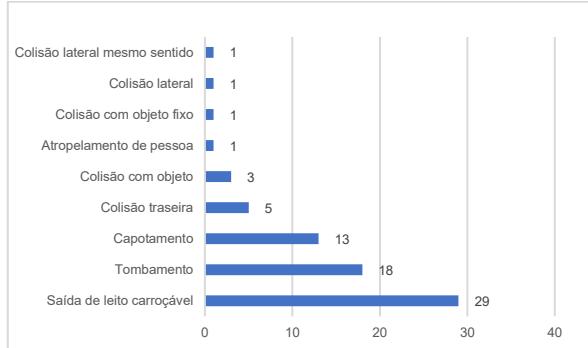


Gráfico 4 – óbitos por causa de sinistro na BR-381, Km-525, Minas Gerais/MG

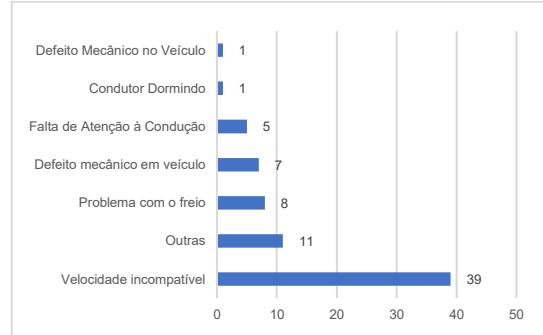


Gráfico 5 – óbitos por tipo de sinistro na BR-381, Kms (83, 84, 85, 86 e 88), São Paulo/SP

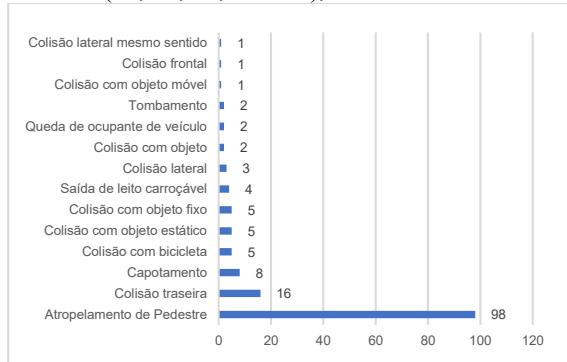
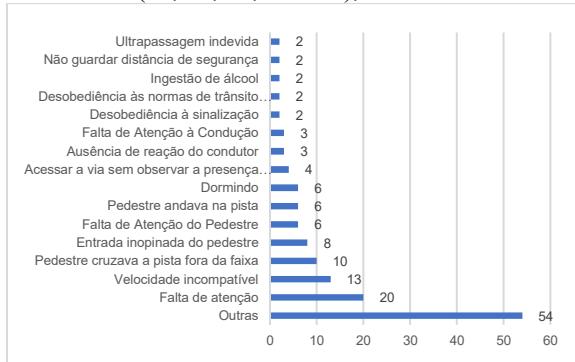


Gráfico 6 – óbitos por causa de sinistro na BR-381, Kms (83, 84, 85, 86 e 88), São Paulo/SP



Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados Abertis da PRF.

A importância dessa análise reside justamente na identificação dos tipos e causas predominantes em cada ponto crítico, possibilitando orientar medidas específicas de engenharia, fiscalização ou educação de trânsito conforme as características locais.

No segmento da BR-316, Km 255 (Alagoas), por exemplo, os registros de colisões frontais indicam a necessidade de ações mais rigorosas de combate às ultrapassagens indevidas, com intensificação da fiscalização presencial e uso de tecnologias de controle eletrônico. Além disso, recomenda-se a adequação da infraestrutura, com a implantação de terceiras faixas para reduzir a exposição ao risco durante manobras de ultrapassagem.

Já em segmentos urbanos da BR-381 (São Paulo, Kms 83, 84, 85, 86 e 88), onde predominam os atropelamentos de pedestres, as medidas prioritárias incluem a construção de passarelas, a instalação ou ampliação de redutores de velocidade e a realização de campanhas educativas junto à comunidade local.

Esses exemplos demonstram como o IPCO pode funcionar como um instrumento de alerta e priorização, permitindo que gestores públicos identifiquem rapidamente os locais de maior criticidade e adotem intervenções direcionadas e custo-efetivas, alinhadas à abordagem dos Sistemas Seguros.

4.5 RELAÇÃO ENTRE PONTOS CRÍTICOS DE SINISTROS E DE FATALIDADES

A análise comparativa entre os 100 pontos críticos de sinistros com óbitos e os 100 pontos críticos de sinistros gerais (Tabela 3) demonstra que os dois conjuntos não se sobrepõem integralmente. Enquanto nos 100 pontos de sinistros gerais ocorre, em média, um óbito a cada 76 sinistros, nos 100 pontos críticos de sinistros com óbito ocorre mais de uma morte por sinistro.

Exemplo ilustrativo: o ponto BR-101/RJ, Km 322 registrou 2.852 sinistros e 14 mortes, ocupando apenas a 678^a posição entre os pontos de maior letalidade, ou seja, é o 678^a quilômetro mais

letal, dos mais de 73 mil de rodovias federais, ao passo que o ponto BR-381/MG, Km 525, com 72 mortes, ocupa a 552^a posição quando o critério é o número total de sinistros.

Tabela 3 - Comparativo entre os 100 pontos mais críticos de sinistros gerais e de sinistros com óbito (2007–2024)

Pontos críticos	Quantidade de pontos críticos	Quantidade de sinistros	Quantidade de sinistros com mortes	Quantidade de mortes	Comparativos
Pontos críticos de sinistros com mortes	100 (os 100 pontos críticos com mais mortes entre 2007 e 2024)	2.471	2.471	2.726	- A cada 1(um) sinistro, ocorre 1,1 óbitos. - Em 76 sinistros ocorre em média, mais de 83 óbitos.
Pontos críticos de sinistros (incluindo os sinistros com mortes)	100 (os 100 pontos críticos com mais sinistros entre 2007 e 2024)	140.704	1.753	1.839	- A cada 76 sinistros ocorre um óbito.

Fonte: autor, 2025.

Esses resultados convergem com as conclusões de Pianezzer et al. (2020), que identificaram cinco agrupamentos de sinistros, sendo três de alto risco (com maior concentração de óbitos) e dois de baixo risco (predominância de sinistros sem vítima). Assim, os locais de maior letalidade são, de fato, os mais críticos para as políticas de segurança viária.

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os achados demonstram que a distribuição das fatalidades no sistema rodoviário brasileiro é altamente concentrada, e que a priorização de intervenções em poucos quilômetros críticos pode gerar impacto desproporcionalmente positivo na redução de mortes. Além disso, observou-se que a diversidade de causas e tipos de sinistros em um mesmo ponto reforça a necessidade de análises interdisciplinares, que combinem engenharia, fiscalização e educação, justamente o tripé da segurança viária, estabelecida no §10, do artigo 144 da Constituição Federal do Brasil.

Esses resultados também corroboram com a literatura internacional sobre *hotspots* (VERKEERSONVEILIGHEID, 2003; ERDOGAN et al., 2008; SHARIFF et al., 2018), que enfatiza o papel do espaço físico como variável central para a mitigação de riscos.

5 PROPOSTA E FUNDAMENTAÇÃO DO INDICADOR DE PONTO CRÍTICO DE SINISTRO DE TRÂNSITO COM ÓBITO (IPCO)

5.1 A ABORDAGEM DOS SISTEMAS SEGUROS

A abordagem dos Sistemas Seguros, iniciada na Suécia no final da década de 1990, conforme a *World Resources Institute* (WRI, 2020) e Ferrier et al. (2017), deu origem ao programa Visão Zero,

posteriormente adotado em diversos países. O princípio central é que erros humanos são inevitáveis, e portanto, as vias devem ser capazes de absorvê-los, reduzindo a gravidade dos sinistros.

De acordo com Fletcher et al. (2020), os sistemas seguros priorizam a prevenção de sinistros graves por meio de ações proativas e reativas. A abordagem reativa, baseada na identificação e tratamento de pontos críticos (*hotspots*) a partir de dados históricos, permanece a mais utilizada mundialmente. Já a abordagem proativa busca antecipar riscos antes da ocorrência de sinistros, por meio de auditorias de segurança e planejamento urbano.

No presente estudo, optou-se pela abordagem reativa, por compreender que o Brasil ainda enfrenta lacunas na identificação e tratamento de pontos críticos, e que essa abordagem oferece maior viabilidade econômica e operacional, além de permitir respostas rápidas e baseadas em evidências empíricas.

5.2 DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL E DESAFIOS DE GOVERNANÇA

A experiência internacional demonstra que o tratamento de pontos críticos é componente essencial de programas de segurança viária. O Tribunal de Contas da União Europeia (TCE-EU, 2024) auditou 13 projetos de infraestrutura financiados entre 2018 e 2023, totalizando €242 milhões em investimentos na Espanha, Eslováquia, Romênia e Lituânia, e identificou divergências conceituais sobre “ponto crítico” entre os Estados-membros. Essa heterogeneidade metodológica reforça a necessidade de padronização de indicadores de criticidade, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Conceitos de ponto crítico em países auditados pelo TCE-EU

Estado Membro	Estratégia/Definição
Lituânia	Pontos críticos são segmentos com quatro ou mais sinistros registrados no ano anterior; Os pontos críticos devem ser identificados para o público que circula no local, com recomendações aos condutores.
Espanha	Ponto crítico (definição 01) – é o grau de periculosidade, considerando a quantidade de sinistros ocorridos anteriormente, extensão do segmento e volume de tráfego por faixa de horário. Ponto crítico (definição 02) – Número absoluto de sinistros.
Romênia	Ponto crítico é um segmento que tem uma taxa de sinistro superior à média registrada. Embora esteja revogada, até que se apresenta uma nova metodologia.
Eslováquia	Ponto crítico é um segmento de 1km com cinco ou mais sinistros registrados no ano anterior.

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados do Tribunal de Contas Europeu (TCE-EU, 2024)

Situação semelhante ocorre no Brasil. O Tribunal de Contas da União (TCU), por meio do Acórdão nº 275/2016, apontou que apenas 7 dos 337 contratos de obras auditados tratavam da correção de segmentos críticos, revelando baixa priorização institucional. A Controladoria-Geral da União (CGU, 2022) reforçou essa constatação ao identificar fragilidades nos indicadores do Plano Nacional

de Melhoramento de Rodovias (PNMR), especialmente na gestão de segmentos críticos, que receberam apenas 1,5% dos R\$ 14,6 bilhões aplicados entre 2020 e 2021.

Todos três programas de auditorias têm em comum a análise da importância de investimentos em pontos críticos, muito embora tenham evidenciado algumas dificuldades, entre as quais, o baixo investimento, a inexistência de um conceito unificado no caso da EU, e indicadores despadronizados no contexto brasileiro.

5.3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DE SUCESSO

Experiências latino-americanas reforçam a efetividade da abordagem de Sistemas Seguros. Em Buenos Aires, observou-se redução de 33% nas mortes entre 2015 e 2019, após a adoção de medidas integradas de engenharia e fiscalização (Santos et al., 2020). No Brasil, a Avenida M'Boi Mirim, em São Paulo, registrou reduções de 80% nos óbitos e 72,7% nos feridos entre 2016 e 2017, após intervenções integradas de engenharia, fiscalização e educação (Plano Viário de São Paulo, 2019). Esses resultados evidenciam que a identificação de trechos prioritários é uma estratégia eficaz e de rápida implementação.

5.4 ANÁLISE COMPARATIVA INTERNACIONAL DOS ÓBITOS POR SINISTROS DE TRÂNSITO (2012–2022)

5.4.1 Nove países de maior Área Territorial

A Tabela 5 evidencia um comportamento convergente entre os nove países analisados:

Tabela 5 - Óbitos em sinistros de trânsito nos 9(nove) maiores países em área

Países	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2012-2022
Argentina	5074	5209	5279	0	5550	5611	5493	4898	3513	4481	4567	2,7%	1,3%	-100%		1,1%	-2,1%	-10,8%	-28,3%	27,6%	1,9%	-10%
Australia	1299	1185	1151	1205	1295	1223	1135	1187	1097	1116	1188	-8,8%	-2,9%	4,7%	7,5%	-5,6%	-7,2%	4,6%	-7,6%	1,7%	6,5%	-8,5%
Brasil	44812	42266	43780	38651	37345	35375	32655	31945	32716	33813	33894	-5,7%	3,6%	-11,7%	-3,4%	-5,3%	-7,7%	-2,2%	2,4%	3,4%	0,2%	-24%
Cazaquistão	2279	2323	2401	2549	2390	2086	2096	2094	1997	0	0	1,9%	3,4%	6,2%	-8,2%	-12,7%	0,5%	-0,1%	-4,6%			
Canada	2075	1951	1841	1887	1900	1881	1939	1756	1746	1768	1934	-8,0%	-5,6%	2,5%	0,7%	-2,1%	4,2%	-9,4%	-0,6%	1,3%	9,4%	-6,8%
China	59997	58539	58523	58022	63093	63772	63194	62783	61703	62218	60876	-2,4%	0,0%	-0,9%	8,7%	1,1%	-0,9%	-0,7%	-1,7%	0,8%	-2,5%	1,1%
EUA	33782	32893	32744	35484	37806	37473	36835	36355	39007	42939	42795	-2,6%	-0,5%	8,4%	6,5%	-0,9%	-1,7%	-1,3%	7,3%	10,1%	-0,3%	26,7%
Índia	138258	137572	13967	14613	15078	147913	15759	158984	138383	153972	168491	-0,5%	1,5%	4,6%	3,2%	-1,9%	6,6%	0,9%	-13,0%	11,3%	9,4%	21,9%
Rússia	27991	27025	26958	23114	20308	19088	18214	16981	16152	14874	14172	-3,5%	-0,2%	-14,3%	-12%	-6,0%	-4,8%	-6,8%	-4,9%	-7,9%	-4,7%	-50%
Total	315567	308963	31234	30704	32047	314402	31915	316963	298314	315181	327717	-2,1%	1,1%	-1,7%	4,4%	-1,9%	1,5%	-0,7%	-6,5%	6,4%	4,0%	-20%

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados da OCDE e dos países.

- Dois períodos se distinguem: (i) 2012–2019, com desaceleração da queda e, em alguns casos, alta (China, EUA e Índia com mais óbitos em 2019 vs. 2012); (ii) 2020–2022, com retomada dos óbitos em 2021 frente a 2020 em oito países (exceção: Rússia).
- Entre 2022 e 2021, apenas três países reduziram óbitos: Rússia, China e EUA; seis aumentaram — o Brasil teve o menor aumento (+0,2%), enquanto o Canadá registrou a maior alta (+9,4%).
- No ciclo completo 2012–2022, Rússia apresentou redução contínua em todos os dez períodos; Brasil, China e EUA reduziram em seis períodos; Austrália e Canadá em cinco; Argentina em quatro; Índia e Cazaquistão em três.
- Comparando 2012 vs. 2022, cinco países reduziram (destaque para Rússia, Brasil, Argentina, Austrália e Canadá) e três aumentaram (EUA, Índia e China).

5.4.2 Nove países da América do Sul

A Tabela 6 mostra maior volatilidade e pior desempenho relativo:

Tabela 6 - Óbitos em sinistros de trânsito em 9(nove) países da América do Sul

Países	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Argentina	5074	5209	5279	0	5550	5611	5493	4898	3513	4481	4567	3%	1%	-100%	-	1%	-2%	-11%	-28%	28%	2%
Brasil	44812	42266	43780	38651	37345	35375	32655	31945	32716	33813	33894	-6%	4%	-12%	-3%	-5%	-8%	-2%	2%	3%	0,2%
Bolívia					1226	1140	1201	1022	1325	1467	-	-	-	-	-	-7%	5%	-15%	30%	11%	
Chile	1979	2103	2116	2136	2178	1925	1955	1973	1794	2052	2137	6%	1%	1%	2%	-12%	2%	1%	-9%	14%	4%
Colômbia	5320	5757	6118	6406	6936	6505	6629	6577	5447	7238	8030	8%	6%	5%	8%	-6%	2%	-1%	-17%	33%	11%
Equador	2242	2277	2322	2138	1967	2153	2151	2180	1591	2131	2202	2%	2%	-8%	-8%	9%	0%	1%	-27%	34%	3%
Paraguai	1165	1191	1118	1157	1202	1198	1162	1292	1146	1396	1026	2%	-6%	3%	4%	0%	3%	11%	-11%	22%	-27%
Peru	3209	3110	2798	2965	2696	2826	3244	3110	2159	3032	3328	-3%	-10%	6%	-9%	5%	15%	-4%	-31%	40%	10%
Uruguai	510	567	538	506	446	470	528	422	391	434	431	11%	-5%	-6%	-12%	5%	12%	-20%	-7%	11%	-1%
Total	64311	62480	64069	53959	58320	57289	54957	53598	49779	55902	57082	-3%	3%	-16%	8%	-2%	-4%	-2%	-7%	12%	2%

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados da OCDE e dos países.

- Em 2021 vs. 2020, todos os nove países aumentaram óbitos (primeiro ano pós-declaração da pandemia).
- Em 2022 vs. 2021, sete países aumentaram; Uruguai e Paraguai destoaram com redução. O Brasil apresentou a menor alta do grupo (+0,2%); Bolívia e Colômbia (+11%) e Peru (+10%) tiveram as maiores.

- No recorte dos dez períodos, Brasil e Uruguai reduziram em seis; Peru em cinco; Argentina e Paraguai em quatro; Equador e Colômbia em três; Bolívia e Chile em dois (Bolívia com análise prejudicada por lacunas de dados).

5.4.3 Vinte e dois países europeus (e Brasil como referência)

A Tabela 7 indica desempenho relativamente melhor, mas com a mesma inflexão pós-2019:

Tabela 7 - Óbitos em sinistros de trânsito em 22(vinte e dois) países da Europa e Brasil

Países	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Áustria	531	455	430	479	432	414	409	416	344	362	370	-14,31%	-5,49%	11,40%	-9,81%	-4,17%	-1,21%	1,71%	-17,31%	5,2%	2,21%
Bélgica	827	784	745	782	670	609	604	644	499	516	540	-7,62%	-2,49%	2,28%	-12,07%	-9,10%	-0,82%	6,62%	-22,52%	3,4%	4,65%
Brasil	44812	42266	43780	38651	37345	35375	32655	31945	32716	33813	33894	-5,68%	3,58%	-11,72%	-3,38%	-5,28%	-7,69%	-2,17%	2,41%	3,3%	0,24%
República Tcheca	742	654	688	734	611	577	658	617	517	531	527	-11,86%	5,20%	6,69%	-16,76%	-5,56%	14,04%	-6,23%	-16,21%	2,7%	-0,75%
Dinamarca	167	191	182	178	211	175	171	199	163	130	154	14,37%	-4,71%	-2,20%	18,64%	-17,06%	-2,20%	16,37%	-18,09%	-20,2%	18,46%
Finlândia	255	258	229	270	258	238	239	211	223	225	189	1,18%	-11,24%	17,90%	-4,44%	-7,75%	0,42%	-11,7%	5,0%	0,9%	-10,0%
França	3653	3268	3384	3461	3477	3448	3248	3244	2541	2944	3267	-10,54%	3,55%	2,28%	0,46%	-0,83%	-5,80%	-0,12%	-21,67%	15,9%	10,97%
Alemanha	3600	3339	3377	3459	3206	3180	3275	3046	2719	2562	2788	-7,25%	1,14%	2,43%	-7,31%	-0,81%	2,09%	-6,99%	-10,74%	-5,8%	8,82%
Grécia	988	879	795	824	731	700	688	584	624	641	-11,03%	-9,56%	-2,25%	3,91%	-11,29%	-4,24%	-1,71%	-15,12%	6,8%	2,72%	
Hungria	605	591	626	644	607	625	633	602	480	544	535	-2,31%	5,92%	2,88%	-5,75%	2,97%	1,28%	-4,90%	-23,59%	18,3%	-1,65%
Islândia	9	15	4	16	18	16	18	6	8	9	9	66,67%	-73,33%	300,00%	12,50%	-11,11%	12,50%	-66,7%	33,33%	12,5%	0,00%
Irlanda	163	188	192	162	182	154	134	140	146	136	155	15,34%	2,13%	-15,63%	12,35%	-15,38%	-12,99%	4,48%	4,29%	-8,8%	13,97%
Itália	3753	3401	3381	3428	3283	3378	3334	3173	2395	2875	3159	-9,38%	-0,59%	1,30%	-4,23%	2,89%	-1,30%	-4,83%	-24,52%	20,1%	9,88%
Lituânia	301	258	267	239	188	191	173	188	175	148	120	-14,29%	3,49%	-10,49%	-21,34%	1,60%	-8,42%	7,51%	-5,91%	-15,4%	-18,9%
Luxemburgo	34	45	35	36	32	25	36	22	26	24	36	32,35%	-22,22%	2,86%	-11,11%	-21,88%	44,00%	-38,9%	18,18%	-7,7%	50,00%
Holanda	650	570	570	621	629	613	678	681	610	582	745	-12,31%	0,00%	8,95%	1,29%	-2,54%	10,60%	-2,51%	-7,72%	-4,6%	28,01%
Noruega	145	187	147	117	135	106	108	108	93	80	116	28,97%	-21,30%	-20,41%	15,38%	-21,48%	1,89%	0,00%	-13,89%	-14,0%	45,00%
Polônia	3571	3357	3202	2938	3026	2831	2882	2909	2491	2245	1896	-5,99%	-4,62%	-8,24%	3,00%	-6,44%	1,10%	1,64%	-14,37%	-0,9%	-15,5%
Portugal	718	637	638	593	563	602	700	688	536	561	618	-11,28%	0,16%	-7,05%	-5,06%	6,93%	16,28%	-1,71%	-22,09%	4,7%	10,16%
Espanha	1903	1680	1688	1689	1810	1830	1806	1755	1370	1533	1759	-11,72%	0,48%	0,06%	7,16%	1,10%	-1,31%	-2,82%	-21,94%	11,9%	14,74%
Suécia	285	260	270	259	270	252	324	221	204	210	227	-8,77%	3,85%	-4,07%	4,25%	-6,67%	28,57%	-31,8%	-7,69%	2,9%	8,1%
Uruguai	339	269	243	253	216	230	233	187	227	200	241	-20,65%	-9,67%	4,12%	-14,82%	6,48%	1,30%	-19,7%	21,4%	-11,9%	20,5%
Total	68051	63532	64873	59782	57993	55600	52998	51668	49047	50854	51986	-6,64%	2,11%	-7,85%	-2,99%	-4,13%	-4,68%	-2,51%	-5,07%	3,7%	2,23%

Fonte: organização do autor (2025), a partir de dados da OCDE e dos países

- 2021 vs. 2020: 12 dos 22 países aumentaram óbitos.
- 2022 vs. 2021: 16 dos 22 países aumentaram óbitos; 9 tiveram alta em ambos os intervalos.
- O Brasil foi incluído apenas para referência comparativa, reforçando a trajetória análoga à europeia, porém com tendência de retomada um pouco mais intensa em 2021–2022.

5.4.4 Síntese comparada e implicações

- Padrão comum: desaceleração das reduções no fim da década e retomada a partir de 2019 (pós-pandemia, retomada econômica, mudança de padrões de mobilidade).
- Ordem de desempenho: Europa (melhor desempenho) > maiores países (desempenho médio) > América do Sul (desempenho abaixo dos outros dois grupos de países).

- Brasil: evolução semelhante ao padrão global, com menor alta entre 2021–2022 (+0,2%) dentre os países que cresceram em Tabela 5; ainda assim, reversão de tendência desde 2019.

A convergência desses resultados — retomada de óbitos em geografias e níveis de renda distintos — reforça a necessidade de métricas padronizadas de criticidade, capazes de localizar trechos onde a letalidade se concentra e priorizar intervenções de engenharia, fiscalização e educação. É nesse contexto que se insere o Indicador de Ponto Crítico de Sinistro com Óbito (IPCO), apresentado a seguir (Seção 5.5), que mensura a densidade letal por quilômetro ajustada à reincidência temporal, permitindo ranqueamento operacional e alinhamento às metas ONU/PNATRANS.

5.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO IPCO

A formulação do Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO) fundamenta-se em três eixos teóricos:

a) a necessidade de mensuração padronizada para viabilizar a gestão baseada em resultados. De acordo com Holló e Eksler (2010): “não se pode gerenciar o que não se pode medir”. Já Kevin, citado por Holló e Eksler, em momento anterior afirmou que “se você não pode medir, não pode melhorar”;

b) a ênfase de Wegman (2017) na estratégia go fishing where the fish are, ou seja, concentrar esforços onde há maior densidade de dados e ocorrências;

c) o reconhecimento de Mononen e Leviäkangas (2016) de que indicadores de desempenho são instrumentos essenciais para reduzir lacunas de conhecimento e medir avanços institucionais.

A literatura sobre Indicadores de Performance de Segurança Viária (RSPI), segundo Hakkert, Gitelman e Vis (2007) e Yannis et al. (2013), distingue os indicadores comportamentais (velocidade, uso de cinto, álcool) dos estruturais (infraestrutura e gestão). O IPCO insere-se nessa segunda categoria, buscando quantificar o risco espacial e temporal de fatalidades.

5.6 CONSTRUÇÃO E APLICABILIDADE DO IPCO

A concepção do IPCO considerou variáveis essenciais:

- Extensão do segmento (L), expresso em quilômetros;
- Número de sinistros com óbito (ΣS_m);
- Frequência temporal (R_t) — número de anos com registros de morte;

A fórmula proposta é:

$$IPCO = \frac{(\Sigma S_m \times R_t)}{L}$$

(1)

O indicador é adimensional e apresenta valores sempre superiores a zero.

Considerando a distribuição empírica das fatalidades, sugere-se a seguinte classificação de criticidade:

- a) $IPCO \geq X \rightarrow$ crítico severo (aqueles que concentrem 50% dos óbitos);
- b) $Z \leq IPCO < X \rightarrow$ crítico moderado (aqueles que concentrem entre 20% e 49% dos óbitos);
- c) $IPCO < Z \rightarrow$ crítico leve (aqueles que concentrem abaixo de 20% dos óbitos).
- d) Sugere-se que o R_t permaneça entre 5 e 10 anos, pois períodos muitos longos podem não retratar a situação atual.

Os valores de X e Z dependerão do período da análise (R_t) e da extensão (L). Para áreas rurais, a extensão do segmento (L), normalmente é maior do que áreas urbanas. Em áreas urbanas pode-se identificar cruzamentos críticos, que a extensão (L) não passe de 200 metros (0,2 km).

Em relação a frequência temporal (R_t) é importante observar que séries históricas devem ser de 5(cinco) anos, aceitando-se até três anos, para evitar a utilização de períodos muitos curtos, e não gerar erros a partir de um fenômeno estatístico conhecido como regressão para a média (DER/SP, 2023).

Para efeitos da definição de pontos prioritários para intervenção, os segmentos que apresentam $IPCO \geq X$, devem receber atenção imediata (obras de engenharia, fiscalização e medidas educativas), pois podem impactar positivamente na meta proposta pela ONU e PNATRANS.

A simplicidade do cálculo favorece sua replicação por órgãos estaduais e municipais, pois depende apenas de dados abertos do RENAEST e de bancos de dados próprios, abastecidos com os registros de sinistros. Essa característica responde à advertência de Tesic et al. (2018) de que indicadores excessivamente complexos são pouco aplicáveis em países com bases de dados incompletas ou divergentes.

5.7 SÍNTSE CONCEITUAL E INTEGRAÇÃO COM POLÍTICAS PÚBLICAS

A ausência de um indicador padronizado para pontos críticos foi confirmada na análise de 12 planos de segurança viária e mobilidade urbana de capitais brasileiras e órgãos estaduais (Tabela 5). Em praticamente todos, prevalece a abordagem reativa, e a metodologia UPS é a com maior abrangência entre os documentos analisados.

Tabela 5 - Planos de mobilidade ou segurança viária que tratam de pontos críticos (capitais e órgãos públicos)

Órgão	Metodologia e Estratégias realizadas em relação a pontos críticos
Departamento de Infraestrutura Nacional de Transportes – DNIT	1) O DNIT emprega a metodologia Unidade Padrão de Severidade – UPS, com pesos diferentes para sinistros sem vítima, com vítima e com óbito, segundo Peña, C, Mori, F, Otto, G. e Tani, V. (2009); 2) A metodologia UPS é a mais comumente utilizada pelos diversos órgãos, que tem no DNIT a referência em estudos de infraestrutura viária; 3) A Resolução No 10 de 2023 do DNIT, estabeleceu procedimentos para identificação e procedimentos para eliminação de pontos críticos.
Polícia Rodoviária Federal – PRF	1) A PRF instituiu o indicador de ponto crítico em 2022, com seguinte descrição: o indicador "Ponto Crítico" no âmbito da PRF, se refere a uma extensão de rodovia federal que não ultrapasse 500m em vias de zonas urbanas e 2.500m em vias de zona rural, e que possua alta concentração1 de sinistros graves2, e que possua fator de infraestrutura viária contribuinte para a ocorrência dos sinistros; 2) A série histórica de análise deve contemplar três anos, e considerar apenas os sinistros graves, aqueles com feridos graves ou mortos.
Departamento de Estradas e Rodagem – DER/SP	1) O Manual de Segurança Viária do DER/SP, adota a UPS para identificar a severidade dos segmentos. De uma forma geral utiliza a metodologia adotada pelo DNIT, onde os sinistros sem vítima valam 1 ponto, com vítima 5 pontos e com morto, 13 pontos.
Município de São Paulo/SP	1) O município adota um Plano de Segurança Viária do município de São Paulo de 2019; 2) Intervenções em pontos críticos de travessia de pedestre é uma das sete estratégias para reduzir mortes no trânsito; 3) A metodologia utilizada para identificar segmentos críticos de mortes de pedestres leva em consideração a Unidade Padrão de Severidade-UPS; 4) A UPS = DM + 4VF + 6PF + 13FAT, onde DM se refere a sinistros com danos materiais, VF a sinistros com vítimas feridas, PF a sinistros com pedestre feridos e FAT se refere a sinistro com vítima fatal; 5) O ranking de severidade é adotado dividindo-se a UPS/extensão da via; 6) Já a UPS de uma forma geral utiliza a metodologia adotada pelo DNIT, onde os sinistros sem vítima vale 1 ponto, com vítima 5 pontos e com morto, 13 pontos.
CET-RIO/RJ	1) O município do Rio de Janeiro adota um agrupamento de sinistros em um raio de 25m, como ponto crítico; 2) É levado em consideração além da quantidade de sinistros, a quantidade de pessoas feridas, mortas, envolvimento de pedestres e ciclistas; 3) A Unidade Padrão de Severidade - UPS é a metodologia utilizada pela CET-RIO para ranquear pontos críticos.
Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte/MG	1) A Política de Segurança no Trânsito de Belo Horizonte (2016), apresenta uma análise das vias com maior frequência de sinistros, tanto considerando dados absolutos como sinistros por quilômetro
Município de Fortaleza/CE	1) Informações extraídas do relatório de segurança viária de Fortaleza em 2019; O município de fortaleza também utiliza a Unidade Padrão de Severidade para ranquear os pontos críticos; A Autarquia Municipal de Trânsito – AMT realiza levantamentos periódicos sobre pontos críticos.
Secretaria de Mobilidade de Recife/PE	1) Informações coletadas na Minuta do Programa de Segurança Viária para Recife, 2024-2030. Observar-se-á que a única metodologia identificada no plano foi a GDCI; Ação 132 - Desenvolver o monitoramento sistemático com caracterização do segurança viária a partir da metodologia para definição de pontos e trechos críticos, considerando a severidade dos sinistros e, quando possível, o nível de exposição; Ação 413 - Criar procedimento para Inspeção e tratamento sistemático de segurança viária em trechos e pontos críticos baseado em dados; A416 - Definir e implementar procedimentos para avaliar os projetos de mobilidade a partir de métricas (antes e depois), usando como referência a metodologia da Global <i>Designing Cities Initiative</i> . (GDCI).
Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana – STTU, Natal/RN	1) As informações foram extraídas no Plano Diretor de Mobilidade de Natal de 2022; 2) O plano realiza um diagnóstico com várias análises quantitativas e qualitativas, apresenta diretrizes de educação para o trânsito e elenca a necessidade de elaborar um Plano de Segurança Viária (Implantação de um Plano de Segurança Viária, que esteja alinhado à abordagem de Sistemas Seguros e à Agenda 2030 da ONU, sobretudo com a ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis); 3) Apresenta diversos indicadores, bem elaborados, entre os quais o Indicador 2: Percentual de interseções semaforizadas ou satisfatoriamente tratadas com <i>traffic calming</i> , para garantir a travessia segura de pedestres (em relação ao total de interseções das vias arteriais). Objetivo: Melhorar constantemente o grau de segurança para pedestres nas interseções das vias arteriais e pontos críticos na ocorrência de sinistros.
Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana – SMMU Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC (Porto Alegre/RS)	1) O plano para década prevê no pilar engenharia a identificação e tratamento de pontos críticos de sinistros, ou seja, aqueles locais concentradores dessas ocorrências; 2) Os pontos críticos são definidos em um ano, com previsão de adoção das medidas corretivas no ano seguinte; 3) Os pontos críticos foram segmentados, levando-se em consideração o tipo de veículo envolvido e de sinistro.
Prefeitura municipal de Florianópolis/SC.	1) O Plano de Mobilidade Urbano de Florianópolis (2016) menciona em poucas partes do documento a redução de sinistros, mas não trata na identificação e tratamento de pontos críticos; 2) EM 2021, o plano passou por uma revisão, muita embora não foi possível acessar por problemas de download da página. Na revisão foi adotado o termo Plano de Mobilidade Urbana Sustentável – PLAMUS.
Secretaria de Mobilidade – SEMOB (Distrito Federal)	1) Foi consultado o Plano de Mobilidade Ativa - PMA do Distrito Federal de 2020, onde se verifica um esforço para identificação de pontos críticos de sinistros envolvendo pedestres e direcionamento de fiscalização
Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS.	1) Campo Grande, capital do Mato Grosso, no Plano Diretor de Mobilidade Urbana (2024), caderno 14, estabelece a necessidade de desenvolvimento de um programa específico para identificação e tratamentos de pontos críticos, com ações de engenharia, reforço ou adequação da fiscalização eletrônica e com agentes de trânsito; 2) Apesar do plano dispor de uma tabela com indicadores propostos, não figura qualquer um que se assemelhe ao que se propõe no presente artigo.
Prefeitura Municipal de Manaus/AM.	1) O Plano de Mobilidade Urbana de Manaus de 2015, menciona discretamente a necessidade de realizar verificações constantes nos locais de maior periculosidade, sem contanto mencionar como identificar esses locais (metodologia utilizada).
Secretaria Municipal de Segurança e Mobilidade Urbana de Palmas/TO	1) O Plano de Mobilidade de Palmas/TO, "Mobilize-se", lançado em 2024, possui alguns cadernos (produtos) entre os quais um de indicadores, não constando, porém, um indicador de ponto crítico ou algo nesse sentido; 2) O produto 6 do plano (Diagnóstico da infraestrutura e da segurança viária), aponta análise reativa com base no histórico de sinistros e feridos, destacando a necessidade de tratar essas localidades.

Fonte: autor (2025).

O IPCO propõe suprir essa lacuna ao oferecer uma métrica uniforme de criticidade que pode ser integrada ao PNATRANS e Planos de Segurança Viária e Mobilidade dos estados e municípios. Dessa forma, o indicador se consolida como uma ferramenta estratégica de gestão pública, permitindo planejar intervenções priorizadas.

6 CONSIDERAÇÕES

Mesmo após quinze anos da primeira resolução da Organização das Nações Unidas (ONU) que instituiu a Década de Ação pela Segurança Viária 2011–2020, o objetivo de reduzir em 50% as mortes no trânsito ainda não foi alcançado. A análise de três grupos de países, aqueles com maior extensão territorial, os sul-americanos e os europeus, revelou comportamento semelhante: desaceleração da redução de óbitos no final da década passada e retomada do crescimento a partir de 2019. Essa amostra abrange aproximadamente 60% da população mundial, conferindo representatividade global aos resultados. O Brasil apresenta trajetória semelhante, com aumento contínuo desde 2019. Apesar disso, entre os países analisados, obteve o segundo menor percentual de crescimento (+0,2%) entre 2021 e 2022, atrás apenas da Islândia, país de menor escala demográfica e veicular.

Os principais planos analisados, Planos Globais 2011–2020 e 2021–2030 (ONU), o PNATRANS (SENATRAN, 2024) e o Plano Europeu de Segurança Viária, convergem quanto à melhoria da infraestrutura e à adoção da abordagem dos Sistemas Seguros. Segundo Fletcher et al. (2020) e a *World Resources Institute* (WRI, 2020), essa abordagem busca eliminar sinistros graves, reconhecendo que os erros humanos são inevitáveis e que as vias devem ser projetadas para absorvê-los sem causar fatalidades.

No Brasil, a análise de 15 planos de mobilidade e segurança viária revelou que quase todos mencionam a necessidade de identificar e tratar pontos críticos. Contudo, persiste falta de uniformidade quanto aos critérios de definição, à série histórica utilizada e ao raio de abrangência dos trechos (que variaram entre 25 m e 2.500 m). Embora o PNATRANS mencione o termo *ponto crítico* em suas ações estratégicas, e a Resolução Contran nº 798/2020 estabeleça parâmetros de distância, ainda não existe metodologia ou indicador padronizado de criticidade, resultando em diferenças metodológicas significativas entre as esferas federal, estadual e municipal, acarretando prejuízos na avaliação da política de tratamento de pontos críticos. Deixando-se por exemplo, de conhecer as medidas adotadas com os respectivos custos, e os resultados obtidos posteriormente após a implementação.

Essa lacuna é reforçada pelos órgãos de controle, que alertam para a necessidade de priorizar investimentos em locais de maior concentração de sinistros. O Tribunal de Contas da União (TCU) e

a Controladoria-Geral da União (CGU) destacaram, em relatórios recentes, que apenas 1,5% dos recursos destinados à manutenção de rodovias federais (2020–2021) foram aplicados em tratamento de segmentos críticos. De forma semelhante, o Tribunal de Contas da União Europeia (TCE-EU, 2024) apontou conceitos divergentes de ponto crítico entre países, recomendou uniformização metodológica e ampliação de recursos para correção de trechos de risco elevado.

Com base na análise de 2.122.326 sinistros ocorridos em rodovias federais brasileiras entre 2007 e 2024, envolvendo 4,7 milhões de pessoas, 1,17 milhão de feridos leves, 404 mil feridos graves e 121.661 mortes, separou-se uma amostra com 100 pontos com mais registros de óbitos nos últimos 18 anos, cada um com 1 km de extensão, totalizando 2.471 sinistros e 2.726 óbitos. Em média, cada ponto apresentou nove tipos e dez causas de sinistros distintos, evidenciando que o fator comum não é o tipo de evento, mas o local, o que confirma as conclusões de Anderson (2009) e Erdogan et al. (2008) sobre a relevância territorial na concentração de fatalidades. Em síntese, a pesquisa evidenciou:

- a) ausência de um indicador nacional padronizado para ponto crítico;
- b) concentração espacial significativa de sinistros fatais em poucos quilômetros;
- c) fragilidade institucional na priorização orçamentária e na integração dos planos de segurança viária.

Diante desse diagnóstico, o artigo propôs o Indicador de Ponto Crítico de Sinistro de Trânsito com Óbito (IPCO) como instrumento de gestão pública e apoio à decisão, integrando severidade, reincidência temporal e densidade espacial. O IPCO representa uma contribuição para a segurança viária e busca suprir as lacunas identificadas nas políticas e programas vigentes, contribuindo para o cumprimento da meta da ONU e do PNATRANS de reduzir em 50% os óbitos no trânsito até 2030.

A investigação não abordou, entretanto, correlações entre pontos críticos e fatores socioeconômicos, demográficos ou de tipologia veicular, o que constitui limitação e, ao mesmo tempo, oportunidade para futuras pesquisas. Estudos complementares poderão associar o IPCO a indicadores de exposição, custo logístico e vulnerabilidade territorial, ampliando sua aplicação no planejamento integrado de transporte e segurança viária.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. (2009). **Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots.** Accident Analysis and Prevention 41 (2009) 359–364.
doi:10.1016/j.aap.2008.12.014.

AGOSTINO, R. (2013). **Metodologia aplicada pela PRF para identificar trechos críticos em 2013:** Disponível em:<https://g1.globo.com/brasil/noticia/2013/12/so-2-rodovias-deixam-lista-dos-100-trechos-mais-perigosos-em-2013.html>, obtido em 12/04/2025.

CARVALHO, C. e GUEDES, E. (2023). **Balanço da primeira década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a segunda década.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília/DF. Brasil.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. (2023). **Relatório de avaliação sobre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes Exercício 2022.** Brasília/DF, Brasil: CGU, 2023.

CRISTALDO, H. (2017). **Pesquisa da CNT diz que 42,7% das rodovias federais são boas ou ótimas.** Agência Brasil. Disponível em: [https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-08/pesquisa-da-cnt-diz-que-427-das-rodovias-federais-sao-boas-ou-otimas#:~:text=%E2%80%9CO%20fim%20da%20desvincula%C3%A7%C3%A3o%20de,adequa%C3%A7%C3%A3o%E2%80%9D%2C%20aponta%20a%20pesquisa.&text=O%20Brasil%20possui%201.720.756,%20e%20Argentina%20\(103%C2%AA\)](https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-08/pesquisa-da-cnt-diz-que-427-das-rodovias-federais-sao-boas-ou-otimas#:~:text=%E2%80%9CO%20fim%20da%20desvincula%C3%A7%C3%A3o%20de,adequa%C3%A7%C3%A3o%E2%80%9D%2C%20aponta%20a%20pesquisa.&text=O%20Brasil%20possui%201.720.756,%20e%20Argentina%20(103%C2%AA).). Obtido em 15/03/2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. (2023). **Resolução No 10/2023.** Brasília, Brasil: DNIT, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/atos-normativos/tipo/resolucoes/resolucao-no-10-2023>. Acessado em 20/05/2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. (2004). **Custos de sinistros de trânsito nas rodovias federais.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNIT. Rio de Janeiro/RJ: DNIT, 2004.

DISTRITO FEDERAL. (2020). **Plano de Mobilidade Ativa do Distrito Federal.** Brasília/DF. 2020. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.semob.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/caderno-1.pdf> . Acessado em: 14/03/2025

ERDOGAN, S, et al. (2008). **Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar.** DOI:10.1016/j.aap.2007.05.004

FERRIER, K.; SHAHUM, L.; GAG, L. E THOMPSON, S. (2017). **Vision, Strategies, Action: Guidelines for an Effective Vision Zero Action Plan.** Massachusetts. Estados Unidos da América.

FLETCHER, J.; MITCHELL, B. E BEDINGFIELD, J. (2015). **Impact on the treatment of critical points of traffic accidents using the Transport and Road Research Laboratory (TRRL).** Transport Research Laboratoy. Londres. England.

WIJNEN, W. et al (2018). **An Analysis of official road crash cost estimates in European countries.** Safety Science. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.004>

HAKKERT, A.S; GITELMAN, V. e VIS, M.A. (2007). **Road Safety Performance Indicators: Theory.** Disponível em: https://www.dacota-project.eu/Links/erso/safetynet/fixed/WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf. Acessado em: 21/04/2025.

HOLLÓ, P.; EKSLER, V. e ZUKOWSKA, J. (2010). **Road safety performance indicators and their explanatory value- A critical view based on the experience of Central European countries.** Safety Science 48 (2010) 1142–1150. doi:10.1016/j.ssci.2010.03.002

JOHANSSON, R. (2009). **Vision Zero – Implementing a policy for traffic safety.** Safety Science 47 (2009) 826–831. DOI:10.1016/j.ssci.2008.10.023

MONONEN, P. e LEVIÄKANGAS, P. (2016). **Transport safety agency's success indicators – How well does a performance management system perform?** Transport Policy 45 (2016) 230–239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.03.015>

WIJNEN, W. e HENK STIPDONK. H. (2016). **Social costs of road crashes: An international analysis.** Accident Analysis and Prevention 94 (2016) 97–106.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.05.005>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2011). **Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020.** Suíça: ONU, 2011. Disponível em: www.who.int/roadsafety/decade_of_action/. Acessado em: 15/02/2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Plano global década de ação pela segurança no trânsito 2021-2030.** Suíça: ONU, 2020. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/global-plan-for-the-doa-of-road-safety-2021-2030-pt.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true. Acessado em: 6/12/2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2020). **Declaração de Estocolmo. Tercera Conferência Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial: Alcanzar los objetivos mundiales para 2030.** Estocolmo: ONU, 2020. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.roadsafetysweden.com/contentassets/b37f0951c837443eb9661668d5be439e/stockholm-declaration-spanish.pdf. Acessado em: 15/02/2025.

PAPADIMITRIOU, E. e YANNIS, G. (2013). **Is road safety management linked to road safety performance?** Accident Analysis and Prevention 59 (2013) 593–603. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.015>

PEÑA, C; MORI, F; OTTO, G. e TANI, V. (2009). **Metodologias para identificação de Segmentos Críticos.** Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre – DNIT e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Brasília/DF. Brasil.

PIANEZZER, T.; BARRETO, C.; TANI, V. e VALENTE, A. (2020). **Caracterização dos sinistros rodoviários ocorridos em locais críticos de acordo com o risco associado à rodovia.** Manual de Segurança Viária. 2º Simpósio de Transportes do Paraná. 3º Seminário em Aeroportos e Transporte Aéreo. Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba/PR. Brasil.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. (2015). **Política de Segurança no Transito de Belo Horizonte.** Belo Horizonte/MG. 2015. Disponível em:https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/images/authenticated%2C%20editor_a_bhtrans/PoliticaSegurancaTransitodeBeloHorizonte.pdf. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE CAMPO GRANDE. (2022). **Anexo III - Proposição de metas e ações estratégicas revisão do Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana/PDTMU do município de Campo Grande/MS.** Campo Grande/MS. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://diogrande.campogrande.ms.gov.br/download_edicao/eyJjb2RpZ29kaWEiOiI5MzMzIn0%3D.pdf. Acessado em: 08/02/2025.

PREFEITURA DE FORTALEZA. (2019). **Relatório Anual de Segurança Viária 2019.** Fortaleza/CE. 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://vida.centralamc.com.br/files/annual_reports/Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Seguran%C3%A7a%20Vi%C3%A1ria%202019.pdf. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE MANAUS. (2015). **Plano de Mobilidade de Manaus.** Manaus/AM. 2015. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www2.manaus.am.gov.br/docs/portal/secretarias/smtu/PlanMobManaus.pdf>. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE NATAL. (2022). **Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Natal.** Natal/RN. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sttu/planmob/Relatorio_Tecnico_do_Plano_de_Mobilidade_Urbana_do_Municipio_do_Natal.pdf. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. (2021). **Plano de segurança viária sustentável de Porto Alegre.** Porto Alegre/RS. 2021. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smmu/plano-de-seguranca-viaria-sustentavel-psvs#:~:text=O%20PSVS%20foi%20elaborado%20ao,de%20longo%20prazo%20at%C3%A9%202030..> Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE RECIFE. (2024). **Minuta do Plano de Segurança Viária Revisado de Recife.** Recife/PE. 2024. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1BBxuSwKC0d5PL2KPzUXy-CQhYzyjHbGB/view?pli=1>. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. (2023). **Plano de Segurança Viária do município do Rio de Janeiro/RJ.** Rio de Janeiro/RJ. 2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cetrio.prefeitura.rio/wp-content/uploads/sites/36/2023/09/Plano-de-Segurança-Viária_compressed-1.pdf. Acessado em 13/03/2025

PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2019). **Plano de Segurança Viária do município de São Paulo/SP.** São Paulo/SP. 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cetrio.prefeitura.rio/wp-content/uploads/sites/36/2023/09/Plano-de-Segurança-Viária_compressed-1.pdf. Acessado em 13/03/2025.

ESTADO DE SÃO PAULO. (2023). **Plano de Segurança Viária 2024-2030.** São Paulo/SP. 2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/pdf/plano_seguran%C3%A7a_2024_F2.pdf_DER_SP. Acessado em: 15/03/2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2019). **Plano de Segurança Viária do município de São Paulo/SP.** São Paulo/SP. 2019.

Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cetrio.prefeitura.rio/wp-content/uploads/sites/36/2023/09/Plano-de-Segurança-Viaria_compressed-1.pdf. Acessado em 13/03/2025.

RODRIGUES, W. (2016). **Acórdão 275/2016 - plenário. Fiscalização de Orientação Centralizada destinada a avaliar se trechos rodoviários apontados pela Polícia Rodoviária Federal como concentradores de sinistros estão em conformidade com as normas do Dnit, especialmente no tocante à sinalização, aos elementos de segurança e à geometria da via.** Tribunal de Contas da União (TCU). Brasília/DF. Brasil.

SANTOS, P. et al. (2020). **Após 4 anos adotando Sistemas Seguros, Buenos Aires reduz em 33% as mortes no trânsito.** Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/apos-4-anos-adotando-sistemas-seguros-buenos-aires-reduz-em-33-mortes-no-transito>, Acessado em: 15/04/2025.

SHARIFF, S.; MAAD, H.; HALIM, N. e DERASIT, Z. (2018). **Determining Hotspots of Road Accidents Using Spatial Analysis.** Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 9, No. 1, January 2018, pp. 146~151. DOI: 10.11591/ijeecs.v9.i1.pp146-151

TEŠIĆ, M.; HERMANS, E.; LIPOVAC, K. e PEŠIĆ, D. (2018). **Identifying the most significant indicators of the total road safety performance index.** Accident Analysis and Prevention 113 (2018) 263–278. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.003>

TRIBUNAL DE CONTAS EUROPEU. (2024). **Relatório Especial 04 - Segurança rodoviária para alcançar os objetivos, a UE tem de entrar na via rápida.** Tribunal de Contas Europeu. Luxemburgo. LUXEMBURGO: TCE, 2024.

VERKEERSONVEILIGHEID, K.; GEURTS, K. e WETS, G. (2003). **Black Spot Analysis Methods: py Literature Review.** Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit. RA-2003-07

WEGMAN, F. (2017). **The future of road safety: A worldwide perspective.** IATSS Research 40 (2017) 66–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2016.05.003>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2024). **World report on road traffic injury prevention.** Suíça: WHO, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9241562609>. Acessado em: 15/02/2025.

YANNIS, G. et al (2013). **Road safety performance indicators for the interurban road.** Análise e Prevenção de Sinistros 60 (2013) 384–395. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.11.012>