

A UTILIZAÇÃO DE LOCAIS DE ACUMULAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO COMO NORTEADORES DE POLÍTICAS DE REDUÇÃO A ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS

 Júlio César Matos De Oliveira

Polícia Rodoviária Federal, Brasília/DF, Brasil. E-mail: julio.jcmo@yahoo.com.br

 Eduardo Monteiro De Castro Gomes

Universidade de Brasília Brasília/DF, Brasil. E-mail: edunb01@hotmail.com

RESUMO: Esta pesquisa explorou a pertinência de utilização de locais de acumulação de acidentes de trânsito como norteadores para a formulação e monitoramento de políticas de redução de acidentes de trânsito nas rodovias federais. Para alcançar seus objetivos, foi empregado o modelo de identificação de locais de acumulação de acidentes elaborado pelo CEFTRU/UnB para a análise do banco de dados de acidentes de trânsito da Polícia Rodoviária Federal, com a proposição de níveis de criticidade para os locais de acumulação. Os resultados sugerem que, em 2018, 2,85% dos quilômetros de rodovias federais foram responsáveis por 37,90% dos acidentes de trânsito e que quanto maior o nível de criticidade do local de acumulação, maior sua participação no total de acidentes. Em suas conclusões, o artigo sugere que a utilização de técnicas de identificação de locais de acumulação de acidentes pode ser útil para a formulação, monitoramento e avaliação de políticas de redução de acidentes de trânsito, visto que sugere onde a ação governamental é mais necessária, otimizando o uso de recursos humanos e financeiros.

Palavras-chave: Rodovias federais. Acidentes de trânsito. Locais de acumulação.

THE USE OF HOTSPOTS OF TRAFFIC ACCIDENTS AS GUIDELINES FOR ACCIDENT REDUCTION POLICIES ON BRAZILIAN FEDERAL HIGHWAYS

ABSTRACT: This research explored the possibility of using traffic accident hotspots as guidelines for formulating and monitoring policies to reduce traffic accidents on federal highways. To achieve its objectives, the model of identification of accident accumulation sites developed by CEFTRU / UnB was used to analyze the traffic accident database of the Federal Highway Police, with the proposal of levels of criticality for the accumulation sites. The results suggest that, in 2018, 2.85% of the kilometers of federal highways are responsible for 37.90% of traffic accidents and that the higher the level of criticality of the accumulation site, the greater their participation in the total of accidents. In its conclusions, the article suggests that the use of techniques for identifying accident accumulation sites can be useful for the formulation, monitoring and evaluation of traffic accident reduction policies, since it suggests where government action is most needed, optimizing the use of human and financial resources.

Keywords: Federal highways. Traffic accidents. Hotspots.

Introdução

Dados da Organização Mundial da Saúde - OMS, mostram que no ano de 2013 o número de mortes por acidentes de trânsito no Brasil foi de 41.291 pessoas (WHO, 2015). Além do prejuízo social com as internações, sequelas e perda precoce de vidas, Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas - IPEA, estimou que os custos econômicos dos acidentes de trânsito no Brasil em 2014 foram da ordem de 40 bilhões de reais (IPEA, 2015).

No Brasil, a Lei nº 13.614/18, criou o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), que estabelece que a atuação dos integrantes do Sistema Nacional de Trânsito, no que se refere à política de segurança no trânsito, deverá voltar-se prioritariamente para o cumprimento de metas anuais de redução de índice de mortos por grupo de veículos e de índice de mortos por grupo de habitantes, ambos apurados por Estado e por ano, detalhando-se os dados levantados e as ações realizadas por vias federais, estaduais e municipais (BRASIL, 2018a).

Local crítico de acidente de trânsito significa uma interseção ou trecho entre interseções consecutivas que apresenta uma frequência de acidentes excepcionalmente elevada, se comparada com as demais interseções ou trechos entre interseções da malha viária (CEFTRU, 2002).

A partir da situação apresentada, o artigo pretende responder à seguinte pergunta: A identificação de locais de acumulação de acidentes de trânsito nas rodovias federais é capaz de nortear políticas de redução de acidentes?

Considerando a pergunta de pesquisa, o objetivo do artigo é investigar a capacidade dos locais críticos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras em embasarem a formulação, monitoramento e avaliação de políticas públicas de redução a acidentes. Para isso, será verificada a relação entre os locais críticos de acidentes de trânsito com o total de acidentes e a malha viária das rodovias federais, além de analisada a pertinência do escalonamento dos locais de acumulação de acidentes em diferentes níveis de criticidade.

Referencial Teórico

Um acidente de trânsito pode ser classificado como: “uma colisão ou incidente envolvendo pelo menos um veículo rodoviário em movimento, numa via pública ou privada, à qual a população tenha direito de acesso” (OMS, 2012).

Da mesma forma, um local de acumulação de acidentes de trânsito, ou também denominado como ponto crítico de acidentes de trânsito, pode ser conceituado como um local em que a recorrência dos acidentes é excessivamente alta, a partir de determinada metodologia de análise, e que, por isso, desperta o interesse de ações de segurança viária (XAVIER; COUTO, 2016). Ferreira e Martins (2014)

esclarecem que a identificação errada de locais de acumulação de acidentes produz uma ineficiente alocação de recursos e conseqüentemente reduz a eficácia das medidas adotadas.

Os diversos métodos de identificação de pontos críticos são baseados em medidas de desempenho de segurança que variam desde a frequência observada de acidentes até medidas de segurança mais sofisticadas, obtidas a partir de modelos estatísticos (HAUER *et al.*, 2002; MIRANDA-MORENO *et al.*, 2005; CHENG e WASHINGTON, 2008; AASHTO, 2010; MONTELLA, 2010; COLL, MOUTARI e MARSHALL, 2013).

Moutari e Marshall (2013) esclarecem que a construção de um índice de desempenho de segurança viária consiste nos seguintes passos principais: a seleção dos indicadores a serem agregados e a escolha do método a ser usado para agregá-los. Os métodos comumente usados para agregar os indicadores de segurança viária são técnicas de ponderação, que consistem em atribuir pesos a cada um dos indicadores selecionados para enfatizar sua importância, de modo que possam contribuir para a construção do índice de desempenho de segurança viária.

No Brasil, diversos trabalhos empregaram a construção de índices para a identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito com a utilização de diferentes abordagens metodológicas. Por exemplo, Ishikawa *et al.* (2008) analisou pontos críticos de acidentes de trânsito em severidade, pertencentes à rede viária da cidade de Maringá/PR a partir da técnica SEGVIA do sistema SEGTRANS (SIMÕES, 2001). Em suas conclusões, o estudo apontou que o mapeamento dos pontos críticos é fundamental para fazer comparações e análises com vias que apresentem características geométricas semelhantes, para que no futuro os projetistas tenham uma previsão de como essas vias irão operar e conseqüentemente, melhorar o projeto geométrico visando a segurança do usuário (ISHIZAKA *et al.*, 2008).

Raia Júnior e Santos (2006) compararam a identificação de pontos críticos de acidentes através da técnica de agrupamentos espaciais e a consulta de Base de Dados Relacionais (BDR) na cidade de São Carlos/SP. Os autores concluíram que a técnica de agrupamento espaciais identificou uma quantidade maior de pontos críticos em relação às BDR, além da reclassificação dos níveis de criticidade desses pontos.

Pereira, Palmeira e Reis (2019) utilizaram a metodologia de análise de decisão multicritério (MCDA) para estudar os acidentes de trânsito ocorridos no Distrito Federal. Em suas conclusões, os autores apresentaram um modelo de identificação de pontos críticos de acidentes, por Região Administrativa do DF.

Vasconcellos *et al.* (2007) propuseram um índice de segurança para o serviço de transporte

rodoviário de passageiros, que poderia ser utilizado em função de dois tipos de indicadores: indicadores de efeito e indicadores de causa. Os indicadores de efeito representam os quantitativos dos fatos ocorridos relacionados à segurança. Os indicadores de causa são avaliações de procedimentos ou ações que favoreçam a segurança do serviço. Uma das diferenças entre os indicadores de causa e efeito é que os primeiros têm características preventivas. As ações que podem ser geradas a partir dos indicadores objetivam minimizar os riscos de ocorrências referentes a segurança. Já os resultados dos indicadores de efeitos geram ações corretivas, uma vez que esses tipos de indicadores se fundamentam em fatos já realizados.

Peña e Goldner (2012) realizaram a análise dos acidentes de trânsito ocorridos nas interseções entre rodovias federais no estado de Santa Catarina. O estudo permitiu compreender as relações entre os tipos de acidentes ocorridos em interseções e as características físico-operacionais das mesmas, onde se identificou que interseções com maiores volume médio diário de veículos implicaram em um maior número de acidentes e respectivas gravidades e também que interseções inseridas em meios urbanos implicaram em maiores taxas de acidentes.

A partir da apresentação dos fundamentos teóricos e estudos precedentes que delinearão a realização da pesquisa, a seção seguinte discorrerá sobre os procedimentos metodológicos adotados para a execução do estudo.

Metodologia

O desenvolvimento da pesquisa envolveu as seguintes fases: revisão da literatura; coleta dos dados; e identificação de locais críticos de acidentes.

A primeira fase consistiu na revisão da literatura sobre acidentes de trânsito e locais de acumulação de acidentes de trânsito, a fim de apresentar os estudos já realizados e os resultados encontrados nos trabalhos sobre estes assuntos. Da mesma forma, a revisão da literatura fundamentou os pressupostos teóricos empregados na pesquisa realizada.

Na fase seguinte, o banco de dados da Polícia Rodoviária Federal dos anos de 2017 e 2018 foram a base para a aquisição dos dados de acidentes de trânsito nas rodovias federais. Os dados foram minerados e organizados a partir dos critérios descritos abaixo:

- 1) Unidade da Federação – UF;
- 2) Rodovia – BR;
- 3) Quilômetro – KM;
- 4) Acidentes sem vítimas, acidentes com vítimas e acidentes com mortos.

Para a identificação dos locais críticos de acidentes de trânsito foi empregado o método

proposto no manual de procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito, elaborado pelo Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes - CEFTRU, da Universidade de Brasília, elaborado como parte do convênio estabelecido com o Programa PARE, do Ministério dos Transportes. A escolha do método de CEFTRU (2002) se fundamenta na inexistência de informações relativas ao volume médio de veículos nas rodovias federais, condição básica para aplicação de métodos estatísticos mais elaborados. No entanto, Teodoro, Alcântara e Barbosa (2014) ao realizar um estudo comparativo entre os resultados obtidos com a metodologia para identificação de pontos críticos apresentada por CEFTRU (2002) e os resultados obtidos por meio de uma técnica de estatística espacial com a utilização do Estimador de Intensidade de Kernel, apresentaram em suas conclusões que os resultados de ambos os métodos são convergentes. Desta forma, demonstra-se que o método de CEFTRU (2002), mesmo sendo um método numérico absoluto, ou seja, mais simples, produz resultados confiáveis no que se refere à identificação de locais críticos de acidentes de trânsito.

A aplicação do método de identificação de locais críticos de acidentes de trânsito proposto por CEFTRU (2002) é composta por uma série de etapas. Tendo em vista as características dos trechos utilizados e dos objetivos da pesquisa, houve a adequação do método, principalmente no que tange à definição das unidades padrão de severidade (UPS), como será explicado mais adiante.

Após a definição do período da pesquisa, que foram os anos de 2017 e 2018, e a definição da unidade de análise ser por quilômetro, ocorreu a exclusão dos trechos com número de acidentes menor ou igual a três, exceto aqueles com registro de pelo menos um acidente com mortos.

Em seguida, a próxima etapa consistiu na estratificação dos acidentes por tipo de severidade e determinação das unidades de padrão de severidade (UPS), para cada quilômetro, considerando pesos específicos para acidentes sem vítimas (ASV), acidentes com vítimas (ACV) e acidentes com mortos (ACM). CEFTRU (2002) esclarece que o índice de severidade de acidentes considera o número de ocorrências e destaca a gravidade dos acidentes, associando a cada situação (acidentes sem vítima, acidentes com vítima e acidentes com mortos) um determinado peso. O emprego do índice de severidade é importante para a identificação não apenas de locais com grande número de acidentes, mas de locais com grande número de acidentes com maior gravidade.

CEFTRU (2002) estabelece no Manual de procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito os pesos 13, 6, 4 e 1, respectivamente, para os acidentes com mortos, acidentes com feridos envolvendo pedestres (atropelamentos), acidentes com ferido(s) e acidentes apenas com danos materiais (sem vítimas). No entanto, para questões de mobilidade e tempo de resposta a acidentes, foco da pesquisa proposta, essa distinção entre acidentes com vítimas e atropelamentos não tem

aplicabilidade, assim, os atropelamentos serão computados entre os acidentes com vítimas ou acidentes com mortos, conforme o caso, e, para a pesquisa, será adotada o peso médio proposto para acidentes com vítimas (4) e atropelamentos (6), ou seja, 5. Esta adaptação também foi realizada por Teodoro, Alcântara e Barbosa (2014) sem que isso prejudicasse a obtenção de resultados válidos na pesquisa.

A equação abaixo demonstra o cálculo da UPS:

$$UPS = ASV + 5 X ACV + 13 X ACM$$

Continuando, a etapa seguinte consistiu na determinação da média aritmética das UPS relativas aos quilômetros das rodovias federais de todas as unidades da federação. Com a definição da média das UPS, os quilômetros críticos de acidentes de trânsito foram graduados a partir de três categorias:

- Local de Acumulação de Acidentes (LAA) = média das UPS, até uma vez o desvio padrão;
- Local de Severa Acumulação de Acidentes (LSAA) = acima de uma vez o desvio padrão das UPS, até duas vezes o desvio padrão das UPS;
- Local de Extrema Acumulação de Acidentes (LEAA) = acima de duas vezes o desvio padrão das UPS.

Registra-se que CEFTRU (2002) não faz a graduação dos locais críticos de acidentes de trânsito, estabelecendo apenas como local crítico todos os trechos com UPS acima da média. Entretanto, tendo em vista a variação da UPS entre os trechos acima da média, o estudo propõe a graduação dos locais críticos, a fim de aprofundar o conhecimento sobre o objeto do estudo.

O quadro 01 sintetiza a metodologia de identificação dos locais críticos de acidentes adotado na pesquisa.

Quadro 01: Metodologia de identificação de locais críticos de acidentes de trânsito.

ETAPA	ATIVIDADES
1ª	Período a ser estudado → 2017 e 2018
2ª	Seleção de locais e ocorrências → Acidentes sem vítimas, acidentes com vítimas e acidentes com mortos, por BR e UF.
3ª	Exclusão dos trechos com número de acidentes menor ou igual a três, exceto aqueles com Registro de pelo menos um acidente com mortos no período em estudo.
4ª	Estratificação dos acidentes por tipo de severidade e determinação das unidades de padrão de severidade – UPS.
5ª	A partir da média aritmética das UPS, graduar os locais críticos de acidente de trânsito em: Local de Acumulação de Acidentes (LAA), Local de Severa Acumulação de Acidentes (LSAA) e Local de Extrema Acumulação de Acidentes (LEAA).

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a realização dos procedimentos metodológicos descritos acima, foi possível apontar os locais críticos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, como será apresentado na seção seguinte.

Resultados

A partir do banco de dados da Polícia Rodoviária Federal, foram analisados no estudo 75.922 quilômetros de rodovias federais. Nos quais, no ano de 2017, foram registrados 89.418 acidentes, sendo 30.577 acidentes sem vítimas, 53.659 acidentes com vítimas e 5.182 acidentes com mortos. Em 2017, a população brasileira era de 207.660.929 habitantes (IBGE, 2017) e a frota de veículos de 97.091.956 veículos (DENATRAN, 2019).

Em 2018, foram registrados 69.206 acidentes de trânsito, sendo 15.243 acidentes sem vítimas, 49.460 acidentes com vítimas e 4.502 acidentes com mortos. No mesmo período, a população brasileira somou 208.494.900 habitantes (IBGE, 2018) e a frota de veículos, 100.746.553 veículos (DENATRAN, 2019). A tabela abaixo representa a variação dos acidentes ocorridos em rodovias federais nos anos de 2017 e 2018.

Tabela 01; Variação do número de acidentes entre 2017 e 2018 nas rodovias federais.

Indicador	2017	2018	Varição (%)
População	207.660.929	208.494.900	0,40
Frota	97.091.956	100.746.553	3,76
Acidentes	89.418	69.206	-22,60
Acidentes sem vítimas	30.577	15.243	-50,15
Acidentes com vítimas	53.659	49.460	-7,83
Acidentes com mortos	5.182	4.502	-13,12
Acidentes/100 mil habitantes	43,06	33,19	-22,91
Acid. sem vítimas/100 mil habitantes	14,72	7,311	-50,35
Acid. com vítimas/100 mil habitantes	25,84	23,72	-8,19
Acid. com mortos/100 mil habitantes	2,49	2,16	-13,47
Acidentes/100 mil veículos	92,10	68,69	-25,41
Acid. sem vítimas/100 mil veículos	31,49	15,13	-51,96
Acid. com vítimas/100 mil veículos	55,27	49,09	-11,17
Acid. com mortos/100 mil veículos	5,34	4,47	-16,27

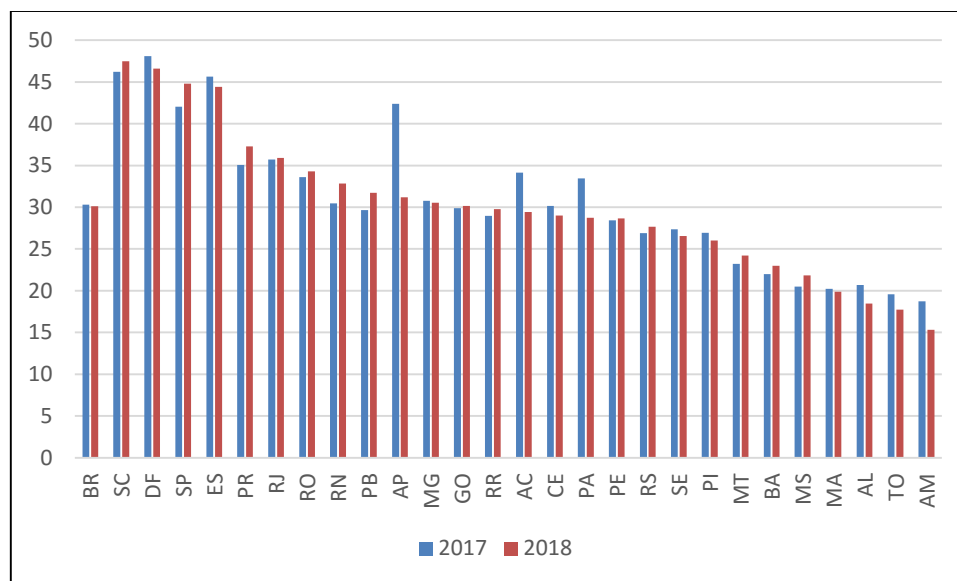
Fonte: Elaborado pelos autores

A análise da Tabela 01 indica uma redução no número de acidentes no ano de 2018 em relação ao ano anterior. Essa redução foi verificada em todos os tipos de acidentes (sem vítimas, com vítimas e com mortos). No mesmo sentido, ao se verificar os resultados ante a população e a frota de veículos, a redução dos acidentes permanece, inclusive, com valores semelhantes aos encontrados nos números absolutos.

Após a aplicação da metodologia proposta para a identificação dos locais críticos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, foram encontrados os resultados descritos na tabela abaixo para a unidade de padrão de severidade (UPS), nos anos de 2017 e de 2018. A UPS pode

ser entendida como um indicador da violência no trânsito das rodovias federais.

Gráfico 01: UPS por estado em 2017 e 2018.



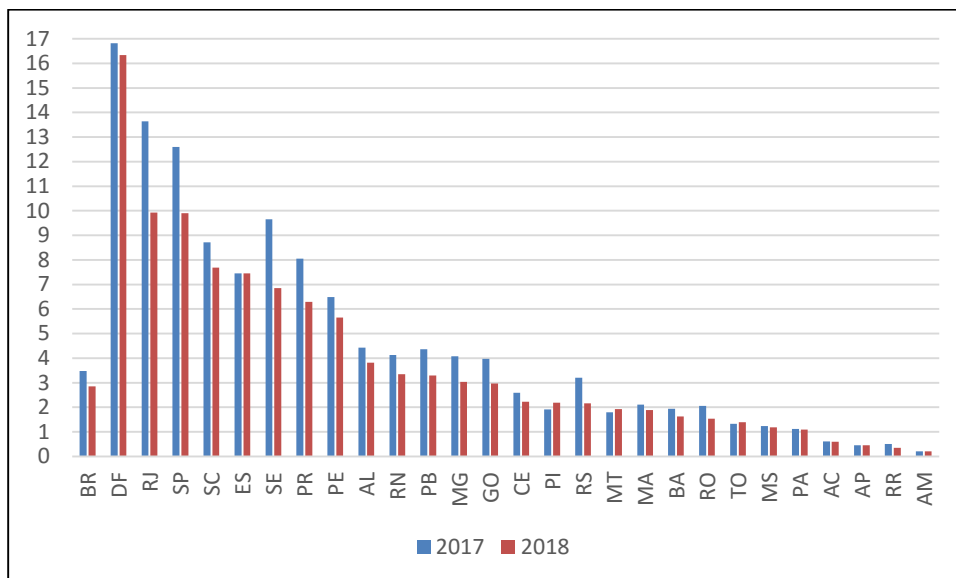
Fonte: Elaborado pelos autores

A média nacional da UPS no ano de 2018 foi 30,13. Dos 27 estados de federação, 15 apresentaram valor da UPS menor do que a média nacional e 12, maior. Dentre as UF's com menor valor da UPS em 2018, destacam-se o Amazonas, com 15,32, Tocantins, com 17,75, e Alagoas, com 18,46. Em sentido contrário, as UF's com maior valor da UPS em 2018 foram: Santa Catarina, com 47,47; Distrito Federal, com 46,60; e São Paulo, com 44,78.

Os resultados apontam que houve uma redução na média nacional da UPS em 2018 de 0,63% em relação a 2017, quando o valor da UPS foi 30,32. Essa tendência no âmbito nacional se repetiu em 13 estados, com destaque para os estados do Amapá, com redução de 26,42%, Amazonas, com redução de 18,29%, e Pará, com redução de 14,16%. Em sentido contrário, 14 estados tiveram aumento do valor da UPS em 2018 em relação a 2017, com destaque para os estados do Rio Grande do Norte, com aumento de 7,78%, Paraíba, com aumento de 6,95%, e Mato Grosso do Sul, com aumento de 6,54%.

A partir da verificação das UPS, foi possível identificar os locais de acumulação de acidentes nas rodovias federais brasileiras. O gráfico abaixo apresenta os resultados encontrados na identificação de locais de acumulação de acidentes de trânsito nas rodovias federais nos anos de 2017 e 2018, em relação à malha viária.

Gráfico 02 – Porcentagem de locais de acumulação de acidentes, por estado.

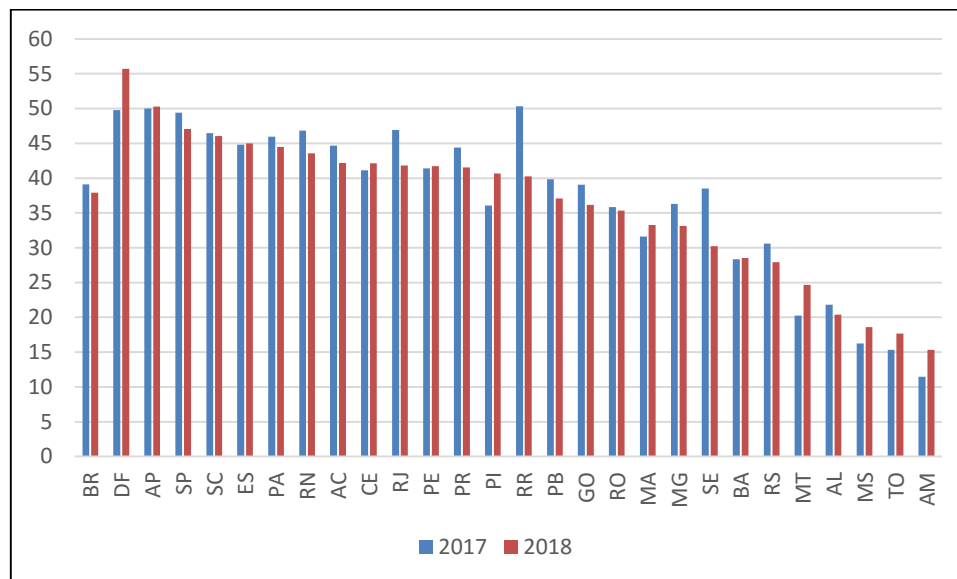


Fonte: Elaborado pelos autores

A média nacional da porcentagem de locais de acumulação de acidentes no ano de 2018 foi de 2,85% da malha viária federal. Os estados com maior porcentagem de locais críticos em relação a sua malha viária foram: Distrito Federal, com 16,34%; Rio de Janeiro, com 9,93%; e São Paulo, com 9,90%. Em sentido contrário, os estados com menor porcentagem de locais críticos em relação a sua malha viária foram: Amazonas, com 0,21%; Roraima, com 0,35%; e Amapá, com 0,45%.

Os resultados apontam que houve uma redução na média nacional da porcentagem de locais de acumulação de acidentes em 2018 de 18,10% em relação a 2017, quando os locais de acumulação de acidentes somaram 3,48% da malha viária federal. Essa tendência no âmbito nacional se repetiu em 24 estados, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, com redução de 32,68%, Roraima, com redução de 30,14%, e Sergipe, com redução de 29,07%. Em sentido contrário, 3 estados tiveram aumento da porcentagem de locais de acumulação de acidentes em relação a 2017, são eles: Piauí, com aumento de 13,66%, Mato Grosso, com aumento de 7,71%, e Tocantins, com aumento de 4,46%.

O gráfico abaixo apresenta a participação dos locais de acumulação de acidentes em relação ao total de acidentes ocorridos nos anos de 2017 e 2018 nas rodovias federais brasileiras.

Gráfico 03: Participação dos locais de acumulação no total de acidentes, por estado.

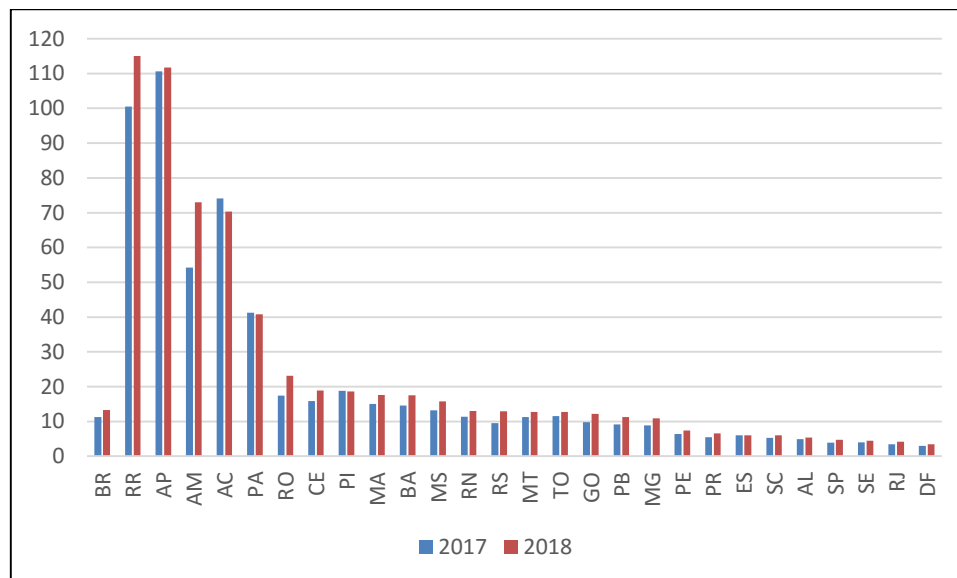
Fonte: Elaborado pelos autores

Em 2018, a média nacional da participação dos acidentes ocorridos nos locais de acumulação no total de acidentes foi de 37,90%. Assim, os 2,85% da malha viária federal identificada como acumuladora de acidentes foram responsáveis por 37,90% do total de acidentes. Os estados em que os acidentes ocorridos nos locais de acumulação tiveram maior participação no total de acidentes foram: Distrito Federal, com 55,31%; Amapá, com 50,29%; e São Paulo, com 47,07%. Em sentido contrário, os estados em que os acidentes ocorridos nos locais de acumulação tiveram menor participação no total de acidentes foram: Amazonas, com 15,32%; Tocantins, com 17,66%; e Mato Grosso do Sul, com 18,57%.

Os resultados apontam que houve uma redução na média nacional da participação dos acidentes ocorridos nos locais de acumulação no total de acidentes em 2018 de 3,14% em relação a 2017, quando os acidentes ocorridos nos locais de acumulação somaram 39,13% do total de acidentes. Essa tendência no âmbito nacional se repetiu em 15 estados, com destaque para os estados de Sergipe, com redução de 21,54%, Roraima, com redução de 20,05%, e Rio de Janeiro, com redução de 10,89%. Em sentido contrário, 12 estados tiveram aumento na participação dos acidentes ocorridos nos locais de acumulação no total de acidentes em relação a 2017, com destaque para os estados do Amazonas, com aumento de 33,82%, Mato Grosso, com aumento de 21,73%, e Tocantins, com aumento de 15,34%.

Com o objetivo de se criar um indicador para verificar o impacto dos locais de acumulação de acidentes sobre o total de acidentes, o gráfico abaixo apresenta a razão entre os locais de acumulação de acidentes e sua participação no total de acidentes ocorridos nos anos de 2017 e 2018.

Gráfico 04: Impacto dos locais críticos sobre os acidentes em 2017 e 2018, por estado.



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao se analisar a razão dos resultados obtidos na identificação dos locais de acumulação de acidentes e a participação dos acidentes ocorridos nesses locais no total de acidentes no ano de 2018, observa-se que a média nacional foi de 13,30. Os estados em que foram encontradas as maiores razões, ou seja, os maiores impactos dos locais de acumulação sobre o total de acidentes, foram Roraima, com 115,01, em que 0,35% da malha viária foi responsável por 40,25% dos acidentes; Amapá, com 111,75, em que 0,45% da malha viária foi responsável por 50,29% dos acidentes; e Amazonas, com 72,96, em que 0,21% da malha viária foi responsável por 15,32% dos acidentes. Em sentido contrário, os estados em que foram observadas as menores razões entre a porcentagem de locais de acumulação de acidentes sobre o total da malha viária e a participação dos acidentes ocorridos nesses locais no total de acidentes foram Distrito Federal, com 3,41, em que 16,34% da malha viária foi responsável por 55,71% dos acidentes; Rio de Janeiro, com 4,21, em que 9,93% da malha viária foi responsável por 41,84% dos acidentes; e Sergipe, com 4,41, em que 6,85% da malha viária foi responsável por 30,23% dos acidentes. Outra observação pertinente é que, dos 7 estados da Região Norte, 6 estão entre os que possuem maior impacto dos locais de acumulação sobre o total de acidentes. Uma possível explicação para esses resultados pode ser a maior aglomeração populacional nas capitais ou em poucos centros urbanos nessa região.

Os resultados apontam que houve um aumento na média nacional da razão entre os locais de acumulação e o total de acidentes em 2018 de 18,27% em relação a 2017, quando a razão foi de

11,24. Assim, sugere-se que o impacto dos locais de acumulação de acidentes sobre o total de acidentes aumentou de 2017 para 2018. Essa tendência no âmbito nacional se repetiu em 24 estados, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, com aumento de 35,59%, Amazonas, com aumento de 34,65%, e Rondônia, com aumento de 32,85%. Em sentido contrário, 3 estados tiveram redução no impacto dos locais de acumulação de acidentes sobre o total de acidentes, em relação a 2017. São eles: Acre, com redução de 5,14%, Pará, com redução de 1,10%, e Piauí, com redução de 0,77%.

A fim de aprofundar o conhecimento acerca do objeto da pesquisa, os locais de acumulação de acidentes foram, a partir da metodologia adotada no estudo, divididos em três níveis de criticidade: locais de acumulação de acidentes (LAA), locais de severa acumulação de acidentes (LSAA) e locais de extrema acumulação de acidentes (LEAA). A tabela abaixo apresenta os resultados dos locais de acumulação de acidentes por nível de criticidade no ano de 2018.

Tabela 02: Impacto dos locais de acumulação de acidentes por nível de criticidade, em 2018.

	Geral		LAA		LSAA		LEAA	
	(%)	Impacto	(%)	Impacto	(%)	Impacto	(%)	Impacto
malha viária	97,15		1,66		0,71		0,47	
acidentes	62,10	0,64	15,79	9,51	10,21	14,33	11,89	25,07
acid. sem vítimas	70,54	0,73	13,59	8,18	7,72	10,83	8,16	17,21
acid. com vítimas	59,03	0,61	16,27	9,80	11,21	15,73	13,49	28,45
acid. com mortos	65,17	0,67	18,57	11,18	8,37	11,75	7,93	16,72

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir dos resultados, observa-se que, no ano de 2018, os 2,85% (2.162 quilômetros) de quilômetros críticos corresponderam, em geral, a 29,46% dos acidentes sem vítimas, 40,97% dos acidentes com vítimas e 34,83% dos acidentes com mortos nas rodovias federais brasileiras.

Os resultados contidos na Tabela 02 apontam que os locais de acumulação de acidentes (LAA) corresponderam a 1,66% (1.261 quilômetros) da malha viária federal, mas representaram 15,79% dos acidentes ocorridos nas rodovias federais. Analisados por tipo de acidente, os LAA concentraram 13,59% dos acidentes sem vítimas, 16,27% dos acidentes com vítimas e 18,57% dos acidentes com mortos.

Os locais de severa acumulação de acidentes (LSAA) corresponderam a 0,71% (541 quilômetros) da malha viária federal, mas representaram 10,21% dos acidentes ocorridos nas rodovias federais. Analisados por tipo de acidente, os LSAA concentraram 7,72% dos acidentes sem vítimas, 11,21% dos acidentes com vítimas e 8,37% dos acidentes com mortos.

Os locais de extrema acumulação de acidentes (LEAA) corresponderam a 0,47% (360 quilômetros) da malha viária federal, mas representaram 11,89% dos acidentes ocorridos nas rodovias federais. Analisados por tipo de acidente, os LEAA concentraram 8,16% dos acidentes sem vítimas,

13,49% dos acidentes com vítimas e 7,93% dos acidentes com mortos.

Ao se analisar o impacto de cada nível de criticidade sobre o total de acidentes, observa-se que, quanto maior a criticidade do local de acumulação, maior sua relevância sobre o total de acidentes, já que um trecho menor corresponde a uma quantidade proporcionalmente maior de acidentes, independente do tipo. Por exemplo, nos acidentes com mortos, os quilômetros em geral possuem um impacto (razão) sobre o total de acidentes no valor de 0,67. No entanto, para os LAA esse valor é de 11,18; para os LSAA, 11,75; e, para os LEAA, 16,72. No exemplo, observa-se que, quanto maior o nível de criticidade, maior o impacto no total de acidentes.

Concluída a análise dos resultados encontrados na pesquisa, a seção a seguir apresentará os resultados do estudo.

Conclusão

A pesquisa buscou verificar a relevância da identificação dos locais de acumulação de acidentes de trânsito na orientação de políticas de redução de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Neste sentido, os resultados sugerem que a identificação dos locais críticos tem potencial para delinear a ação do Estado no combate aos acidentes de trânsito de forma mais eficiente, pois aponta onde esse problema é mais grave. Além disso, a utilização dos locais de acumulação de acidentes pode otimizar o emprego de recursos humanos e financeiros, pois indica onde a ação governamental é mais necessária.

Além disso, o estudo propõe a utilização de indicadores para a formulação, o monitoramento e a avaliação das políticas de redução a acidentes de trânsito. Por exemplo, a UPS pode ser empregada como indicador de violência no trânsito utilizada para monitorar e avaliar resultados, bem como os locais de acumulação podem ser empregados como indicadores para a formulação de políticas públicas e os níveis de criticidade podem ser empregados para subsidiar a tomada de decisão pelos gestores a partir de eventuais restrições orçamentárias, pois indicam, dentre os locais críticos, os trechos que mais necessitam da intervenção estatal. Por fim, os locais de acumulação podem ser identificados em diferentes níveis de agregação, como Estado, município, rodovia, delegacia ou posto da Polícia Rodoviária Federal, a fim de se conhecer a realidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais em diferentes estratos, o que permite o desenvolvimento de ações mais direcionadas. Por exemplo, o estudo apontou os estados que tiveram redução ou aumento no valor da UPS entre 2017 e 2018, assim, o poder público pode direcionar seus esforços para as unidades da federação que possuem maior dificuldade em reduzir a gravidade dos acidentes.

Sugere-se para trabalhos futuros a análise qualitativa dos locais de acumulação de acidentes,

a fim de identificar o que faz de cada um desses trechos de rodovia crítico. Além de trazer um conhecimento mais amplo do fenômeno, a análise qualitativa poderá traçar medidas de tratamento para cada local crítico, podendo indicar, inclusive, a nível governamental, qual órgão responsável pelas ações a serem tomadas para mitigar a ocorrência de acidentes de trânsito nesses locais. Por exemplo, se a análise qualitativa verificar que determinado local crítico concentra muitos acidentes por causa de alguma deficiência na sinalização viária ou na conservação da rodovia, o órgão de infraestrutura de transportes seria acionado para atuar nesse local. De outra forma, se a análise qualitativa verificar que determinado local crítico concentra muitos acidentes por causa de uma aglomeração populacional não organizada, o órgão de desenvolvimento social seria acionado para atuar nesse local.

Dentre as limitações do estudo, pode-se destacar a pequena quantidade de estudos sobre o tema no Brasil, o que prejudica o desenvolvimento do campo. Outra questão foi a inexistência de dados sobre volume de tráfego a nível nacional de forma satisfatória, o que limita a utilização de métodos de análise mais complexos. O próprio objeto de estudo se apresentou como um desafio à pesquisa, pois se tratou de dezenas de milhares de quilômetros de rodovias federais, pavimentadas e não pavimentadas, localizadas nos mais diversos pontos do extenso território brasileiro. No entanto, a despeito das limitações, o estudo pode colaborar com o entendimento do objeto e abrir caminho para que outros pesquisadores possam dar prosseguimento ao desenvolvimento de estudos sobre o tema.

Referências Bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS. **Highway Safety Manual**. Washington, DC.: AASHTO, 2010.

BRASIL. Lei nº 13.614, de 11 de janeiro de 2018. Cria o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jan. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Relatórios estatísticos. [acessado em 1º mai 2019]. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>

CEFTRU - Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes/ UnB - Universidade de Brasília. **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília: TDA desenho e arte, 2002.

CHENG, W.; WASHINGTON, S. New criteria for evaluating methods of identifying hot spots. **Transportation Research Record**, v. 2083, n. 1, p. 76-85, 2008.

CINTRA, M. Os custos do congestionamento na capital paulista. **Conjuntura Econômica**, p. 30-33, junho, 2008.

COLL, B.; MOUTARI, S.; MARSHALL, A. H. Hotspots identification and ranking for road safety

improvement: An alternative approach. **Accident Analysis & Prevention**, v. 59, p. 604-617, 2013.

DE MORAES, A. C. Congestionamento urbano: custos sociais. **Revista dos Transportes Públicos–ANTP**, ano, v. 36, n. 3, 2013.

FERREIRA, S.; MARTINS, J.. Métodos de identificação de zonas de acumulação de acidentes: Revisão e aplicação a um caso de estudo. **Transportes**, v. 22, n. 3, p. 103-116, 2014.

HAUER, E. *et al.* Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial. **Transportation Research Record**, v. 1784, n. 1, p. 126-131, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução nº 2, de 28 de agosto de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução nº 2, de 28 de agosto de 2018. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 ago. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea**. Brasília: Ipea, 2015.

ISHIZAKA, E. *et al.* Análise de Pontos Críticos de Acidentes de Trânsito Em Severidade. **Ingeniería de Transporte**, v. 13, n. 3, 2008.

LACERDA, M. S. Precificação do congestionamento e transporte coletivo urbano. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 85-100, 2006.

MIRANDA-MORENO, L. F. *et al.* Alternative risk models for ranking locations for safety improvement. **Transportation Research Record**, v. 1908, n. 1, p. 1-8, 2005.

MONTELLA, A. A comparative analysis of hotspot identification methods. **Accident Analysis & Prevention**, v. 42, n. 2, p. 571-581, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Sistemas de dados: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília, D.F.: OPAS, 2012.

PEÑA, C. C.; GOLDNER, L. G. Caracterização e análise dos acidentes em interseções: estudo de caso em rodovias de Santa Catarina, no Brasil. In: **Congresso Panamericano de Engenharia de Tráfego, Transportes e Logística**. 2012. p. 1-12.

PEREIRA, H. C. *et al.* Custo da externalidade acidente de trânsito no Distrito Federal. In: **Anales del XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**. 2013.

PEREIRA, J. V.; PALMEIRA, R. M.; REIS, A. C. B. Apoio à decisão na prevenção de acidentes de trânsito. **Singular Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 1, n. 1, p. 36-47, 2019.

SANTOS, L.; RAIA JUNIOR, A.A. Identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito no município de São Carlos–SP–Brasil: análise comparativa entre um banco de dados relacional–BDR e a técnica de agrupamentos pontuais de trânsito em São Carlos com o uso da técnica de EDP. **Anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro para os Planeamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável**, v. 14, p. 14-20, 2006.

SIMÕES, F.A. (2001). **SEGTRANS - Sistema de Gestão da Segurança no Trânsito Urbano**, Tese de Doutorado – USP/ São Carlos, Departamento de Transportes, São Carlos-SP, Brasil.

TEODORO, A. B.; ALCANTARA, F. A.; BARBOSA, He. M. Comparação entre dois Métodos para Identificação de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito. In: **XXVIII ANPET-Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2014.

VASCONCELLOS, S. *et al.* Proposição de um Índice de Segurança no Serviço de Transporte Rodoviário de Passageiros. In: **XVI ANTP–Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety 2015**. Geneva: WHO, 2015.

XAVIER, V. J. M.; CUNTO, F. J. C. Análise comparativa dos métodos de identificação de pontos críticos: aplicação em interseções semaforizadas. In: **In: ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2016. p. 1468.

Sobre os Autores

Júlio César Matos de Oliveira é mestre em Gestão Pública pela UnB, especialista em análise de dados em políticas públicas pela Enap e graduado em Letras pela UnB. Policial Rodoviário Federal. <https://orcid.org/0000-0002-5139-173X>.

Eduardo Monteiro de Castro Gomes é doutor em estatística e computação (USP). Trabalha há mais de 10 anos como professor da Universidade de Brasília e tem como área de interesse principal a aplicação de metodologias estatísticas em dados públicos. <https://orcid.org/0000-0002-8948-9855>.

Recebido: 09 fev. 2020

Aceito: 26 mai. 2021