

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA SEGURANÇA VIÁRIA COM FOCO EM MOTOCICLETAS NO AMBIENTE URBANO**

**Artur de Brito Sales**

**Flávio José Craveiro Cunto**

Universidade Federal do Ceará

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes

### **RESUMO**

No Brasil, os motociclistas representaram 36% das vítimas fatais em 2017. Os motociclistas são considerados usuários vulneráveis e possuem comportamento peculiar, parcialmente, devido a sua maior flexibilidade de movimento. O desenvolvimento de ferramentas de monitoramento e avaliação dos indicadores do Desempenho da Segurança Viária (DSV) tornou-se um componente essencial no desenvolvimento de políticas públicas. Porém, observa-se, um enfoque da literatura em avaliar a frequência de acidentes sem distinção de veículos. Ademais, notam-se desafios em estimar a exposição de motocicletas nas vias brasileiras e na capacidade de utilização de funções de DSV de outros países no Brasil. Assim, este estudo avaliará a relação entre atributos da via, veículo, ambiente construído e a frequência de acidentes com motocicletas em segmentos arteriais urbanos. O método proposto estima a exposição veicular através de Krigagem Ordinária e apresenta resultados animadores quanto a estimação de um indicador que represente a exposição de motocicletas nas vias urbanas.

### **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, de acordo com o DATASUS (2017), motociclistas representaram cerca de 36% de todas as fatalidades no ambiente viário do país. Já em um contexto urbano, de acordo com o Relatório Anual de Segurança Viária (PMF, 2018), a cidade de Fortaleza em 2017, registrou 251 fatalidades decorrentes de acidentes de trânsito. Dentre estes, houve 130 fatalidades de ocupantes de motocicleta, assim, representando cerca 50% do total. No período entre 2013-2017, observou-se a redução de 30% nas fatalidades totais no trânsito, todavia, o número de mortes envolvendo motociclistas não apresentou alteração.

Devido às dimensões reduzidas das motocicletas, os seus usuários possuem uma maior flexibilidade de movimentos. Desta forma, possuem uma maior capacidade de operar altas velocidades. Estas características somam-se a um maior esforço cognitivo inerente ao uso deste modo, pois observa-se a necessidade de equilibrar o veículo, como também há uma maior sensibilidade a perturbações ambientais. Tais particularidades quando aliadas a exposição corporal dos motociclistas causam uma maior vulnerabilidade do usuário (OCDE, 2015).

As funções de Desempenho da Segurança Viária (DSV), também conhecidos como Modelos de Previsão de Acidentes (MPA), são desenvolvidas a fim de melhor compreender os fatores contribuintes na frequência de acidentes e, assim, aprimorar a avaliação do DSV para o sistema de trânsito. De acordo com Mannering e Bhat (2014), as análises estatísticas dos dados obtidos de acidentes têm sido utilizadas, historicamente, como uma base para o desenvolvimento de políticas públicas em favor da segurança viária. Muitos estudos relacionados à segurança viária costumam utilizar modelos de regressão linear generalizadas, as quais assumem que as relações entre as variáveis explicativas com a frequência de acidentes são lineares.

Nota-se que a maioria da literatura existente referente a modelagem do DSV não faz distinção entre categorias veiculares (Manan *et al.*, 2013). Dentre os desafios existentes para realizar a modelagem do DSV voltado para motocicletas, lista-se a dificuldade em coletar dados de exposição por tipo de veículos e dificuldade em incluir variáveis que representem o caráter peculiar de movimentação da categoria como movimentação entre veículos e em corredores virtuais, diferencial de velocidade, entre outros (Holz, 2014 e Braga, 2016). Além disso, as funções existentes de DSV voltadas para motocicletas encontram-se em diferentes jurisdições (Manan *et al.*, 2013; Haque *et al.*; 2009 e Harnen *et al.*, 2003), assim, a existência de diferenças

culturais e socioeconômicas entre os países podem afetar a representatividade destes modelos na realidade brasileira.

Diante da contextualização da problemática, esta dissertação de mestrado buscará responder às seguintes questões: Quais elementos da via contribuem para a frequência de acidentes com motociclistas? Como incorporar a exposição de motocicletas na modelagem do DSV? Como as variáveis de exposição e de infraestrutura se relacionam com a frequência de acidentes? Por fim, como as funções de DSV de outros países comportam-se no contexto brasileiro?

## **2. SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A maioria das funções de DSV existentes para motos foram desenvolvidas no continente asiático, onde alguns pesquisadores buscaram realizar estudos quanto aos acidentes totais com motos em interseções urbanas (Haque et al., 2009 e Harnen et al., 2003). Manan *et al.* (2013), por sua vez, procuraram desenvolver funções de DSV para fatalidades de motociclistas em segmentos rodoviários. No caso das interseções urbanas, as variáveis destes estudos permitem destacar que atributos como fluxo veicular total, fluxo de motocicletas, número de faixas, velocidade de aproximação, controle de interseção e uso do solo possuem influência significativa na frequência de acidentes com motocicletas. Quanto aos segmentos viários, as variáveis encontradas para representar o número de fatalidades por quilômetro foram o fluxo de motocicletas, número de acessos por quilômetro e fluxo veicular total.

Um dos desafios existentes na modelagem do DSV é a obtenção de dados referentes ao fluxo de motocicletas por meio de contagens automáticas. De acordo com Braga (2016), em um estudo que analisou o desempenho de equipamentos de fiscalização eletrônica na estimação do volume de veículos, o erro relativo médio para a estimação do fluxo de motos pode chegar a 40%. No caso da estimação do fluxo de carros, este erro é de até 10%.

Flask *et al.* (2014), em um estudo realizado em segmentos viários do estado de Ohio, nos Estados Unidos, optaram por utilizar o Volume Médio Diário do total de veículos como variável, pois não havia disponibilidade de dados referentes ao volume de motos. Além disso, utilizou variáveis como tipo de pavimento, presença de canteiro central, entre outros. Vale ressaltar, que a utilização do fluxo total de veículos como variável explicativa contém uma premissa inerente de proporção espacialmente homogênea de motos ao longo dos limites do estudo.

Eom et al. (2006) utilizaram a técnica de interpolação espacial de Krigagem Universal, a partir de uma amostra de 200 postos de contagem, com o intuito de estimar o Volume Diário Médio Anual em vias não expressas as quais não possuíam disponibilidade de dados de fluxo. Este experimento resultou em estimativas satisfatórias de fluxo veicular, os quais reduziram em 11% o erro quadrático médio das estimativas realizadas por Regressão Linear Ordinária. Desta forma, é uma técnica que pode contribuir na estimação da exposição de motocicletas em vias urbanas a partir de contagens manuais já existentes.

## **3. OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo a avaliação da relação entre atributos da via, veículo, ambiente construído e a frequência de acidentes com motocicletas em segmentos arteriais urbanos, tendo em vista as especificidades da movimentação dos motociclistas, a exposição deste tipo de veículo e o ambiente de circulação brasileiro. Para atingir este resultado, este trabalho terá os seguintes objetivos específicos: 1) identificar os principais fatores contribuintes e suas

respectivas utilizações em técnicas de modelagem para estimar a frequência de acidentes com motociclistas; 2) estimar um indicador que represente a exposição de motocicletas e sua interação com o tráfego em geral para incorporar nas funções de DSV; 3) Efetivar uma análise exploratória e confirmatória com o desenvolvimento de funções de DSV com foco nos acidentes com motocicletas e os diversos fatores contribuintes relacionados à via, ao veículo e ao ambiente; 4) Avaliar comparativamente as funções de DSV desenvolvidas para o ambiente urbano brasileiro com aquelas disponíveis em outras jurisdições.

#### 4. MÉTODO

O método proposto para a realização desta pesquisa está dividido nas 5 etapas a seguir:

1) *Consolidação do banco de dados*: Para a realização deste estudo, é necessária a consolidação de dados de contagens veiculares a partir das seguintes fontes: a) Programa de Acessibilidade Sustentável de Fortaleza (PASFOR) contendo 101 pontos de contagens veiculares classificatórias; b) Controle de Tráfego em Área de Fortaleza (CTAFOR) com dados de fiscalização eletrônica em segmentos arteriais; c) Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza (SIAT); d) Dados de contagens veiculares realizadas por Braga (2016).

2) *Estimação do Fluxo de Motos*: A exposição de motos nas vias escolhidas será representada pela estimação da proporção de motos, utilizando-se de técnicas de interpolação geoespacial, como a Krigagem Ordinária e Universal e assim, incorporar na modelagem juntamente com o fluxo total de veículos. Esta interpolação foi realizada a partir de contagens volumétricas e classificatória coletadas manualmente pelo PASFOR, espalhados por todas as regiões administrativas de Fortaleza e alguns pontos da Região Metropolitana.

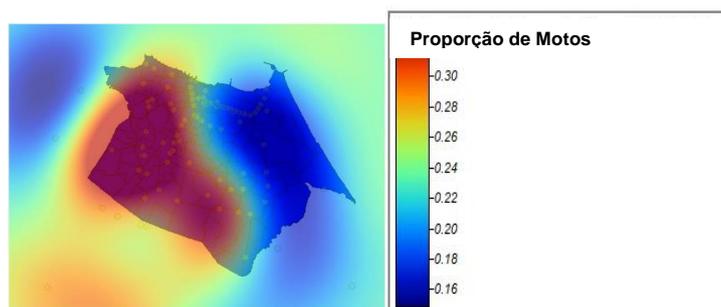
3) *Análise Exploratória*: Esta etapa consistirá na análise das variáveis que possam contribuir para a frequência de acidentes com motocicletas por meio de testes de aderência das variáveis, tabelas de correlação, gráficos de dispersão etc. A partir desta análise, será feito um estudo sobre a relação destas variáveis com os acidentes, realizando-se os ajustes necessários da forma da função a ser utilizada a partir da revisão da utilização das técnicas de modelagem.

4) *Funções de DSV*: As funções de DSV serão resultantes de uma análise confirmatória das variáveis e serão avaliadas a partir de certos parâmetros, como a significância de suas variáveis, a verossimilhança das funções, a análise de resíduos acumulados etc.

5) *Comparação com outras funções*: Por fim, será realizado um estudo comparativo de performance com funções de DSV provenientes de outras jurisdições, utilizando-se de dados locais e os métodos comparativos propostos no *Highway Safety Manual* (AASHTO, 2010).

#### 5. RESULTADOS PRELIMINARES

Diante da dificuldade em obter dados de exposição de motos a partir de coletas de longa duração, buscou-se analisar o comportamento da proporção de motos nas vias, assumindo a premissa de que este comportamento seria estacionário. Para realizar esta análise, utilizou-se da técnica de krigagem ordinária, mostrada na Figura 1, a fim de interpolar estes dados referentes a proporção, assumindo que estes dados possuem uma continuidade no espaço. Apesar da exposição de motos não possuir uma continuidade espacial na cidade, devido a sua restrição aos segmentos viários, a proporção de motos pode ser influenciada por aspectos socioeconômicos que possuem continuidade espacial, como renda, uso do solo, densidade demográfica etc. Para a realização da krigagem, a função gaussiana foi a que melhor ajustou aos dados do semivariograma.



**Figura 1-** Mapa de proporção de motos obtida através de Krigagem Ordinária

Nota-se que há dois padrões espaciais de proporção de motocicletas bem distintos na cidade, assim, levantando a hipótese de que seria equivocada a adoção de uma premissa de proporção única de motos na cidade. Buscou-se validar esta interpolação com as contagens realizadas por Braga (2016), contendo 31 observações em turnos da manhã, tarde e noite. Verificou-se que o erro absoluto médio foi de 3.7%. Esta foi uma utilização preliminar da técnica, no entanto, estes resultados são animadores para a possibilidade do seu uso na estimação da exposição de motos nos segmentos viários da cidade.

Espera-se que os resultados da presente pesquisa contribuam para a construção de uma função de DSV que favoreçam uma melhor compreensão dos fatores contribuintes para a frequência de acidentes com motos e suas respectivas relações com o fenômeno, como também espera-se uma contribuição metodológica na estimação da exposição de motocicletas nas vias urbanas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO - American Association of State and Highway Transportation Officials. (2010) *Highway Safety Manual (HSM)*. Washington, v. 10.
- ABDUL MANAN, M. M.; JONSSON, T.; VÁRHELYI, A. (2013) *Development of a safety performance function for motorcycle accident fatalities on Malaysian primary roads*. Safety Science, [s. l.], v. 60, p. 13–20.
- BRAGA, C. K. V. (2016) *Qualidade da classificação veicular por laços indutivos do sistema de fiscalização eletrônica de Fortaleza*. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060701>>. Acesso em: 16 fev. 2019.
- EOM, J. K.; PARK, M. S.; HEO, T.; HUNTSINGER, L. F. (2006) *Improving the Prediction of Annual Average Daily Traffic for Nonfreeway Facilities by Applying a Spatial Statistical Method*. Journal of the Transportation Research Board, n. 1968, p. 20–29.
- FLASK, T., LORD, D., AND SCHNEIDER, W.H. (2014). *A Segment Level Analysis of MultiVehicle Motorcycle Crashes in Ohio Using Bayesian Multi-Level Mixed Effects Models*. Safety Science, 66, 47–53.
- HAQUE, M.; CHOR, H.; HUANG, H. (2010) *Applying Bayesian hierarchical models to examine motorcycle crashes at signalized intersections*. Accident Analysis and Prevention, v. 42, p. 203–212.
- HARNEN, S., RADIN UMAR R.S., WONG S.V., WAN HASHIM W.I.(2006) *Motorcycle accident prediction model for junctions on urban roads in Malaysia*. Advances in Transportation Studies, n. 8, p. 31–40.
- HOLZ, R. F. (2014) *Realidade da motocicleta no ambiente urbano com foco no Brasil*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- MANNERING, F. L.; BHAT, C. R. (2014) *Analytic methods in accident research : Methodological frontier and future directions*. Analytic Methods in Accident Research, v. 1, p. 1–22.
- MITRA, S.; WASHINGTON, S. (2012) *On the significance of omitted variables in intersection crash modeling*. Accident Analysis and Prevention, v. 49, p. 439–448.
- PREFEITURA DE FORTALEZA. (2018) *Relatório Anual de Segurança Viária*.