

ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE BARREIRAS DE CONCRETO EM RODOVIAS DE PISTA DUPLA

Gabriel Andrade Lanzaro

Michelle Andrade

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Universidade de Brasília

RESUMO

Uma das etapas mais importantes do processo de gestão da segurança viária se refere à análise da efetividade de intervenções, pois estas subsidiam a tomada de decisão para que novas medidas sejam implantadas. Assim, destaca-se a utilização de barreiras de concreto como elemento separador de fluxo em canteiros centrais de rodovias de pista dupla com o objetivo de reduzir a acidentalidade e a severidade. Para auferir se barreiras realmente impactam a segurança de um trecho rodoviário, foi realizado um estudo caso-controle, na BR-381, com dados antes e depois de uma intervenção, pautando-se em três distintas metodologias: DNER (1998), Vadeby e Forsman (2018) e o teste de McNemar. Por meio de uma soma ponderada para considerar a severidade dos acidentes, foi constatado que barreiras são elementos eficientes para minimizar a ocorrência de acidentes graves em rodovias de pista dupla.

ABSTRACT

One of the most important steps of the roadway management safety process is related to the safety effectiveness evaluation of countermeasures, since such evaluations subsidize the decision-making process so that new interventions can be implemented. Therefore, one alternative is the utilization of concrete barriers as traffic flow separation devices in multilane highways' medians with the objective of reducing both the frequency and the severity of crashes. To verify if barriers indeed impact the safety of a roadway segment, a case-control study was performed in BR-381, with data before and after an intervention, using three distinct methodologies: DNER (1998), Vadeby e Forsman (2018) and the McNemar's test. With the utilization of a weighted sum to analyze crash severity, it was found that barriers are efficient elements to minimize the occurrence of severe crashes in multilane highways.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que os acidentes de trânsito são ocasionados por uma interação entre fatores relacionados ao homem, ao veículo e ao meio viário-ambiental e, por este motivo, as intervenções com foco da redução dos acidentes devem ser pautadas no fator o qual se deseja modificar e no instante em relação à ocorrência do acidente (fases pré-evento, evento e pós-evento), como exposto na matriz de Haddon (1968).

Na fase pré-evento, pretende-se reduzir os riscos e a probabilidade que ocorra um acidente, como a instalação de medidas preventivas. Durante o evento, almeja-se evitar que haja lesões ou que estas sejam graves, como a utilização do cinto de segurança. Por fim, durante a fase pós-evento, há o objetivo de evitar consequências ainda mais severas (como morte ou incapacidade), podendo estar associada a um tempo de resposta mais eficiente por parte dos serviços de emergência.

No que tange à efetividade, as intervenções mais satisfatórias geralmente são aquelas centradas nos veículos e na infraestrutura viária, estando classificadas na fase de pré-evento, pois não dependem, em geral, do conhecimento e do comportamento dos usuários (Novoa *et al.*, 2009). Neste sentido, apesar de serem fundamentais os esforços na educação, destaca-se que, na existência de recursos limitados, a melhor alternativa é proporcionar condições mais seguras, primeiramente, no ambiente viário.

Assim, destaca-se a implementação de um plano de gestão de segurança viária, que se caracteriza por uma abordagem sistemática com o intuito de identificar oportunidades para reduzir o número de acidentes e identificar possíveis medidas de intervenção, resultando em uma lista de

ações prioritárias em termos de análises de custo-benefício (AASHTO, 2010). Apesar de não existirem vias totalmente seguras e os riscos serem inevitáveis, deve-se buscar sempre reduzir o número e a severidade dos acidentes com os limitantes de recursos e tecnologias, considerando ainda as legislações específicas de cada localidade.

O *Highway Safety Manual*, desta forma, lista seis etapas para a execução de um processo de gestão da segurança viária adequado, como observado na Figura 1.



Figura 1: Etapas do Processo de Gestão de Segurança Viária (AASHTO, 2010)

Nota-se que se trata de um processo cíclico, em que primeiramente é feita uma análise de uma rede de transportes para identificar e ranquear locais com potencial para a redução da frequência de acidentes. Após a identificação do problema e a seleção das medidas de intervenção, deve ser feita uma avaliação econômica para priorizar as ações, baseando-se em fatores além dos custos, como impactos no meio ambiente e na mobilidade (AASHTO, 2010). Por fim, deve-se realizar uma análise de efetividade para verificar se, de fato, a intervenção foi efetiva para poder repeti-la futuramente ou melhorá-la, sempre com o objetivo de aperfeiçoar o sistema.

Dentre as diversas técnicas responsáveis por reduzir o número de acidentes, cabe ressaltar a implementação de barreiras de concreto *New Jersey*. A rigidez destes dispositivos é elevada no intuito de evitar a transposição do limite físico estabelecido pela barreira. Associado à rigidez, seu formato em 3 rampas atua na dissipação da energia cinética por elevação do centro de gravidade ou deslizamento e, quando as colisões ocorrem em pequenos ângulos, condicionadas também pelas deformações do veículo e pela redução da velocidade, ocorre também seu redirecionamento à pista (Lee, 2013).

A utilização de barreiras, em rodovias de pista dupla, é obrigatória quando não há espaço suficiente para o desenvolvimento do canteiro central, como severas restrições da faixa de domínio ou túneis (DNER, 1999). Entretanto, o emprego delas constitui um importante elemento para “perdoar” usuários em casos de saídas de pista, sendo extremamente importantes no âmbito da segurança viária (Martin *et al.*, 2013).

Como analisar a efetividade das intervenções constitui uma das técnicas mais importantes do processo de gestão de segurança viária e a implementação de barreiras de concreto mostra-se como um elemento de interesse para a redução de acidentes, este trabalho objetiva realizar um estudo da efetividade da implantação de barreiras em trechos rodoviários de pista dupla.

2. UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS CENTRAIS EM RODOVIAS

Diversos estudos constataram que barreiras em canteiros centrais de rodovias tendem a reduzir a severidade dos acidentes (Elvik *et al.*, 2009; Zou e Tarko, 2018). Entretanto, a redução da severidade é bem mais significativa que a redução da acidentalidade, pois a implementação de barreiras previne a ocorrência de alguns dos tipos mais fatais de acidentes, como colisões frontais e transversais (Tarko *et al.*, 2008; Cafiso e D'Agostino, 2017; Lanzaro e Andrade, 2018). Por outro lado, nesses cenários, observa-se o aumento da possibilidade de colisões com objeto fixo que, no caso, são as barreiras rígidas. Porém, em função desse objeto fixo ser um dispositivo de proteção, muitas das “colisões” decorrentes da perda de controle do veículo resultam em redirecionamento dos veículos ao tráfego (Zou e Tarko, 2016).

No Brasil, o DNER (1999), destaca situações nas quais o emprego da barreira central (ou defesa rígida) é obrigatório, sendo função do volume de tráfego e da largura do canteiro central. Tais especificações são apresentadas na Figura 1.

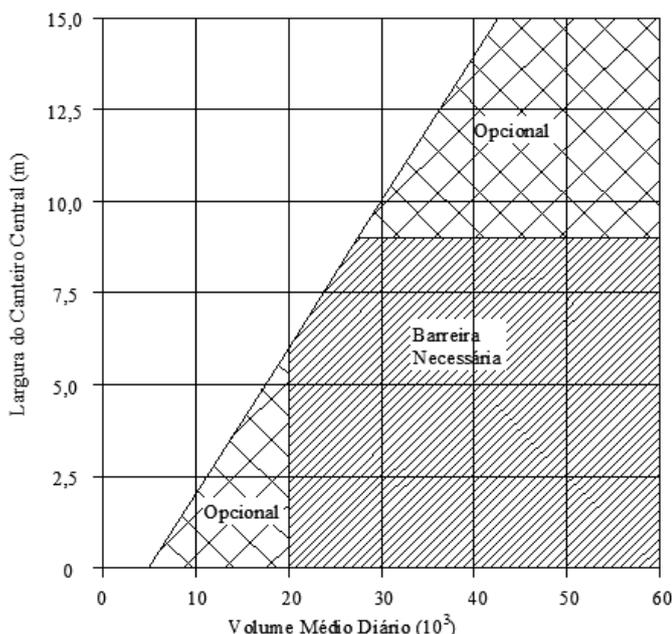


Figura 1: Necessidade de defesa ou barreira rígida em canteiros centrais (DNER, 1999)

Quando barreiras de concreto são comparadas a defensas a fim de segregar fluxos opostos, Martin *et al.* (2013) observaram que as barreiras são muito mais efetivas no que se refere ao impedimento de que veículos cruzem o canteiro, sendo isto uma questão de relevância principalmente para veículos de grande porte, como caminhões.

A utilização de barreiras tem sido difundida devido aos resultados satisfatórios no que se refere à segurança viária. O Programa Visão Zero, na Suécia, por exemplo, objetiva acabar com o

número de fatalidades ou lesões graves decorrentes de acidentes de trânsito e diversos tratamentos em rodovias têm sido realizados no país desde 1997, quando o programa foi iniciado. Dentre as medidas implantadas, destacam-se as barreiras em canteiros centrais, as quais são bastante eficientes em locais suscetíveis a muitas colisões, pois os custos de manutenção são consideravelmente mais baixos que para defensas (Kim *et al.*, 2017).

Por estes motivos, nota-se, sobretudo, a importância de avaliar a efetividade da implementação de barreiras de concreto em rodovias brasileiras.

3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTUDOS DE INTERVENÇÃO

A avaliação da mudança da acidentalidade após uma intervenção constitui uma etapa importante do processo de gestão da segurança viária, pois, como se trata do último elemento do ciclo da Figura 1, subsidia a tomada de decisão para aplicar investimentos adicionais em segurança (AASHTO, 2010).

Quando da execução de estudos desta natureza, cabe ressaltar a necessidade de um ponto de controle e um ponto de tratamento para que não ocorra o fenômeno da regressão à média enviesada, isto é, tendenciosa (FHWA, 2016). Apesar de existirem diversos fatores que impactam a ocorrência de acidentes, eles essencialmente possuem natureza aleatória (AASHTO, 2010) e, por este motivo, podem estar sujeitos a períodos com alta ou baixa incidência.

Assim, destaca-se a necessidade de uma comparação entre dois locais, de características operacionais e de ocupação similares, para que não exista a possibilidade de a regressão à média intervir na análise e proporcionar conclusões precipitadas. Além disso, outros elementos, como mudanças no volume de tráfego e no comportamento dos motoristas, bem como subnotificações de acidentes, poderiam impactar os resultados (FHWA, 2016).

O *Highway Safety Manual* (AASHTO, 2010) lista três métodos geralmente utilizados para auferir a efetividade de intervenções:

- Estudos experimentais antes-depois;
- Estudos observacionais em seções transversais;
- Estudos observacionais antes-depois.

Estudos experimentais e observacionais se diferem quanto à razão de implantação da medida, pois, enquanto os experimentais estão associados à seleção aleatória de pontos de intervenção, os observacionais levam em consideração o processo usual de gestão da segurança viária. Dessa forma, pode-se afirmar que estudos experimentais ocorrem com frequência menor, pois as agências dificilmente interviriam em um local específico sem que haja uma razão clara para justificar o investimento (AASHTO, 2010).

Em se tratando dos estudos observacionais, deve-se considerar a disponibilidade de dados antes e depois da intervenção para realizar a análise mais adequada. Apesar de estudos antes-depois serem as técnicas empregadas mais disseminadas, há casos em que as datas de instalação dos tratamentos não são disponíveis, por exemplo, sendo necessário recorrer a técnicas de modelagem estatística para a estimativa de acidentes.

Nestes casos, segundo o HSM (AASHTO, 2010), é necessário o emprego de CMFs (*Crash Modification Factors*) e SPFs (*Safety Performance Functions*), fatores de modificação de acidentes e funções de desempenho de segurança, respectivamente, que consideram elementos da seção transversal para prever o número de acidentes. Contudo, não há elementos que possibilitem compensar o efeito da regressão à média enviesada e as equações do modelo podem não englobar elementos de interesse, como a ocupação lindeira.

Para avaliar a efetividade da implantação de barreiras em rodovias de pista dupla, foram utilizadas três abordagens distintas. A seleção destas abordagens se deu com base em estudos anteriores que analisaram o impacto de intervenções em segurança viária, recomendações de manuais e estatísticas apropriadas para este tipo de análise. Tais tópicos são descritos nas subseções a seguir.

3.1. IPR Publicação 703 (DNER, 1998)

No Brasil, o Guia de Redução de Acidentes com base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo, publicação 703 (DNER, 1998), apresenta um procedimento para avaliação da efetividade da implantação de intervenções de segurança viária. Dentre as principais características do método, destaca-se a utilização de uma soma ponderada dos acidentes, em que os pesos são proporcionais à gravidade deles. Tais pesos são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Pesos para a Consideração da Gravidade dos Acidentes

| Gravidade do Acidente | Peso |
|-----------------------|------|
| Sem Vítimas e Feridos | 1,0 |
| Com Feridos | 3,0 |
| Com Mortes | 9,0 |

O método emprega pontos tratados e de controle em momentos distintos (antes e depois da intervenção) e, por este motivo, o efeito do tratamento é dado pela razão a seguir:

$$r = \frac{d \times A}{a \times D} \quad (1)$$

Em que, r = estimativa do efeito do tratamento;

a = soma dos acidentes ponderados, no ponto tratado, antes da intervenção;

A = soma dos acidentes ponderados, no ponto de controle, antes da intervenção;

d = soma dos acidentes ponderados, no ponto tratado, depois da intervenção;

D = soma dos acidentes ponderados, no ponto de controle, depois da intervenção.

Assim, se r for igual à 1, não haverá efetividade no tratamento. Entretanto, à medida que a razão se aproxima de 0, torna-se mais claro que a intervenção é efetiva.

De forma a utilizar o modelo normal e pelo fato de a distribuição dos acidentes de trânsito ser assimétrica, o DNER (1998) recomenda a aplicação do logaritmo de r , sendo utilizado o fator λ . Como r e, conseqüentemente, λ são variáveis aleatórias, deve-se estimar seu desvio padrão. As equações a seguir descrevem a obtenção destes parâmetros:

$$\lambda = \ln \frac{d \times A}{a \times D} \quad \forall a, A, d, D \neq 0 \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{a+1} + \frac{1}{A+1} + \frac{1}{d+1} + \frac{1}{D+1}} \quad (3)$$

Em que, λ = logaritmo da estimativa do efeito do tratamento;
 s = desvio padrão, limitado a $\sqrt{2}$.

A efetividade da intervenção pode ser constatada a partir do teste de hipótese:

$$\begin{aligned} H_0: \lambda &= 0 \\ H_1: \lambda &< 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Neste contexto, a hipótese nula (H_0) corresponde ao caso em que $r = 1$ e, portanto, não seria observada alteração do número de acidentes em termos da gravidade. Para estabelecer a efetividade da intervenção, deve ser utilizado o fator $z = \lambda/s$ a fim de realizar uma comparação com as tabelas da distribuição normal, em que são apresentados valores de z_α a diversos níveis de significância α . Caso $z < z_\alpha$, a hipótese nula será rejeitada. Além disso, os intervalos de confiança de $(1-\alpha)\%$ para λ podem ser obtidos por $\lambda \pm z_{\alpha/2} \cdot s$

Comprovada a efetividade, a estimativa da magnitude é dada por $1 - e^\lambda$. Por consequência, a redução no número/gravidade dos acidentes deve estar situada na faixa compreendida pelos limites do intervalo $[1 - e^{\lambda_{inf}}, 1 - e^{\lambda_{sup}}]$.

3.2. Vadeby e Forsman (2018)

Para avaliar os efeitos na segurança viária da redução de limites de velocidade em rodovias da Suécia, Vadeby e Forsman (2018) realizaram um estudo baseado em dados antes e depois da implantação da medida, considerando elementos como volume de tráfego e extensão dos segmentos.

Assim, a diferença em termos de acidentalidade entre os períodos anterior e posterior à redução dos limites foi dada por:

$$\hat{\theta} = c \cdot k \times \frac{\sum Y}{\sum X} \quad (5)$$

Em que, $\hat{\theta}$ = estimativa da diferença entre os períodos considerados;

c = razão entre veículos \times km depois e antes da intervenção, no ponto tratado;

k = razão entre acidentes no grupo de controle depois e antes da intervenção;

Y = número de acidentes, no ponto tratado, após a intervenção;

D = número de acidentes, no ponto tratado, antes da intervenção.

A variância e os intervalos de confiança de 95%, por sua vez, foram expressos por:

$$s = \left(ck \times \frac{\sum Y}{\sum X} \right)^2 \left(\frac{1}{\sum X} + \frac{1}{\sum Y} \right) \quad (6)$$

$$IC = \hat{\theta} \pm 1,96 \times \sqrt{s} \quad (7)$$

Em que, s = desvio padrão;

IC = intervalo de confiança.

Destaca-se que a distribuição dos acidentes de trânsito, neste modelo, é assumida como normal, mas há diferenças notáveis em relação ao método empregado pelo DNER (1998). Primeiramente, existe a correção do volume de tráfego, por meio do fator c e não é feita uma alteração da distribuição (aplicando o logaritmo) para minimizar o problema da assimetria da distribuição dos acidentes de trânsito. Apesar disso, o efeito na segurança, isto é, a magnitude do tratamento, é estimada por $1 - \hat{\theta}$, semelhantemente ao método anterior.

3.3. Teste de McNemar

De forma a verificar se existem diferenças significativas entre amostras pareadas, isto é, amostras em que cada dado possui uma resposta antes e depois de um certo tratamento, resultando em dependência, Nayak e Hazra (2011) recomendam a utilização do teste de McNemar. Esta estatística testa a hipótese nula da homogeneidade entre duas amostras, isto é, antes e depois da intervenção. Para a aplicação do teste, é necessária uma tabela de contingência 2x2, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Modelo de Tabela para Aplicação do Teste de McNemar

| Situação | Depois | Antes |
|------------|----------|----------|
| Tratamento | n_{11} | n_{12} |
| Controle | n_{21} | n_{22} |

Em posse destas variáveis, a estatística do Teste de McNemar é dada por:

$$Q_M = \frac{(n_{12} - n_{21})^2}{n_{12} + n_{21}} \quad (8)$$

O valor de Q_M avalia a hipótese nula de homogeneidade marginal e possui uma distribuição assintótica qui-quadrada com um grau de liberdade (SAS, 2009). Destaca-se também que o valor- p pode ser computado para a obtenção do nível de significância a partir do qual a hipótese nula é rejeitada, verificando-se a diferença entre as amostras.

Este teste já foi empregado em estudos desta natureza na área de transportes, como por Zhao *et al.* (2018) e Gómez-Talegón e Alvarez (2006), quando da investigação dos efeitos da redução de acidentes como decorrência da implantação de linhas de estímulo da redução de velocidade e tratamento em dependentes alcóolicos, respectivamente.

4. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram selecionados quatro quilômetros da BR-381, rodovia duplicada no estado de Minas Gerais. Destes quatro quilômetros, dois deles representaram o trecho de controle (em que não foi feita intervenção com o objetivo de reduzir o número de acidentes) e os outros dois constituíram o trecho de tratamento (em que foi implantada barreira de concreto no canteiro central).

Procurou-se que os dois trechos apresentassem características geométricas e operacionais similares. Por este motivo, foram escolhidos trechos que contivessem volumes de tráfego equivalentes e com poucas diferenças quanto à largura do canteiro central, por exemplo, além de mínima ocupação lindeira para caracterizar os segmentos como rurais. Ainda, outro fator relevante para a seleção dos trechos foi a disponibilidade de dados – volume de tráfego e número de acidentes – antes e depois da intervenção.

Como as intervenções foram realizadas durante o primeiro semestre de 2014, foi obtido um intervalo de tempo de 1 ano e 6 meses para as estatísticas de acidentes de trânsito antes e depois da implantação de barreiras de concreto.

A Tabela 3 a seguir sumariza os parâmetros da amostra utilizada.

Tabela 3: Segmentos da BR-381 Selecionados para o Estudo

| Situação | Km Inicial | Km Final | VMDA antes | VMDA depois |
|------------|------------|----------|------------|-------------|
| Controle | 684,0 | 686,0 | 15.505,87 | 18.301,25 |
| Tratamento | 792,5 | 794,5 | 15.173,42 | 17.960,49 |

Foram utilizadas as três metodologias descritas na seção anterior para avaliar se as barreiras realmente impactaram a redução dos acidentes e a severidade destes. Cabe destacar que foi empregada a soma ponderada sugerida pelo DNER (1998) também para a aplicação do teste de McNemar e para o modelo utilizado originalmente por Vadeby e Forsman (2018) apesar de, originalmente, serem utilizados somente números absolutos.

A utilização da soma ponderada nas três abordagens se deu com o objetivo de efetuar a comparação entre os intervalos de confiança e os testes estatísticos obtidos em cada uma delas.

5. RESULTADOS

Nos segmentos considerados, a soma ponderada resultou nos dados da Tabela 4. Nota-se que de fato há uma redução no trecho de controle e a não consideração deste na análise poderia conduzir a constatações equivocadas.

Tabela 4: Soma Ponderada dos Acidentes

| Situação | Trecho | Soma Ponderada | |
|------------|---------------|----------------|--------|
| | | Antes | Depois |
| Controle | 684,0 - 686,0 | 64 | 51 |
| Tratamento | 792,5 - 794,5 | 39 | 13 |

Com estes dados, foram utilizadas as metodologias do DNER (1998) e de Vadeby e Forsman (2018) para a obtenção de uma estimativa da efetividade e de seus respectivos intervalos de confiança de 95%. Estes resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Medidas da Efetividade para Implantação de Barreiras

| Metodologia | Efetividade | Intervalos de Confiança (95%) |
|-------------------------|-------------|-------------------------------|
| DNER (1998) | 0,582 | 0,150-0,794 |
| Vadeby e Forsman (2018) | 0,686 | 0,488-0,883 |

Constata-se que, para ambas as metodologias, o valor foi inferior a 1 (englobando os intervalos de confiança) e, por este motivo, pode-se afirmar que a implantação das barreiras de concreto influenciou efetivamente na redução da severidade no trecho analisado. Cabe destacar que, apesar de conduzirem à mesma conclusão, a magnitude dos coeficientes foi ligeiramente diferente e isto está associado ao modelo utilizado para a consideração da distribuição dos acidentes.

A utilização do logaritmo no método proposto pelo DNER (1998) ocasionou em intervalo de confiança mais amplo e tal assertiva é coerente com a adaptação da distribuição dos acidentes de trânsito à normal. Destaca-se ainda que o parâmetro de efetividade de Vadeby e Forsman (2018) é aproximadamente 18% superior, sendo essa diferença coerente, pois o modelo das autoras considera o volume de tráfego, que teve um incremento de também 18% no período. Assim, apesar de as metodologias utilizarem técnicas diferentes com o emprego da distribuição normal, os resultados convergiram de forma adequada.

Em se tratando dos testes estatísticos, a hipótese nula $H_0 (\lambda = 0)$ foi rejeitada, pois $\lambda/s = -2,40$ e $\lambda/s < z_{0,05} = -1,96$, comprovando que barreiras de concreto são efetivas para a redução da severidade dos acidentes a um nível de significância de 95%.

Entretanto, o teste de McNemar resultou em $Q_M = 1,60$, com um valor- p associado de 0,2059. Pode-se afirmar, portanto, que para este teste, a hipótese nula foi rejeitada a um nível de significância de aproximadamente 80%.

É possível que a diferença entre a significância dos resultados tenha se dado pelo número de observações limitado e, como o teste de McNemar é especificamente aplicado para amostras pareadas com variáveis categóricas nominais, este tenha resultado em um nível de significância menor. Entretanto, tal valor ainda é relevante, pois demonstra que o emprego das barreiras de fato intervém na segurança viária.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das metodologias empregadas, observou-se que as barreiras de concreto exercem um papel importante para a redução da severidade dos acidentes de trânsito em rodovias de pista dupla. Assim, apesar de recomendações do DNER sugerirem a necessidade de um canteiro central tão largo quanto possível (DNER, 1999), demonstrou-se que a implantação de barreiras traz resultados satisfatórios.

O volume de tráfego mostrou-se como uma variável consideravelmente importante, pois a sua desconsideração no modelo do DNER (1998) fez com que a medida aparentasse ser 18% mais efetiva do que realmente era, ao passo que esta diferença se deu justamente devido ao aumento do volume no período considerado.

Foram utilizadas técnicas para estudos antes-depois para se chegar a estas conclusões, mas pesquisas futuras com outras metodologias, podem ser realizadas para a confirmação dos resultados obtidos. A exemplo, cita-se o uso do método empírico de Bayes, como proposto pelo HSM (AASHTO, 2010), para estimar o número de acidentes caso não houvesse nenhum tratamento. Entretanto, a dificuldade para aplicação deste método se deve à ausência de fatores de calibração para previsão de acidentes na localidade, sendo necessários estudos adicionais nesta rodovia com este fim.

Vale destacar que Cafiso e D'Agostino (2017) observaram que, na ausência de dados para a aplicação do supracitado método, estudos antes-depois com grupo de controle (como os realizados neste trabalho) são alternativas simples para a abordagem empírica de Bayes, sendo possível a obtenção de conclusões similares.

A consideração de características geométricas adicionais, como raios de curvatura e greides, podem convergir a resultados ainda mais consistentes, no intuito de eliminar variáveis adicionais que possam vir a influenciar a ocorrência de acidentes. Além disso, um elemento a ser considerado em estudos futuros se refere à velocidade, pois se supõe que barreiras proporcionem uma maior sensação de confinamento nos usuários que, por consequência, reduzem a velocidade, a qual é um dos fatores mais importantes quando da ocorrência de acidentes devido à relação exponencial entre eles (Elvik *et al.*, 2009).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à companhia Arteris S.A., responsável pela concessão da BR-381 (Autopista Fernão Dias), que disponibilizou os dados para este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2010) *Highway Safety Manual*. American Association of State and Highway Transportation Officials. 1st edition. Washington, DC, Estados Unidos.
- Cafiso, S.; D'Agostino C. (2017) Evaluating the safety benefit of retrofitting motorways section with barirers meeting a new EU standard: Comparison of observational before – after methodologies. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* 4(6), 555-563.
- DNER (1998) *Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Publicação 703, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Ministério dos Transportes, Brasília, 140p.
- DNER (1999) *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Publicação 706, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Ministério dos Transportes, Brasília, 195p.
- Elvik, R.; Høye, A.; Vaa, T.; Sørensen, M. (2009) *The Handbook of Safety Measures*. Emerald, Bingley, Reino Unido.
- FHWA (2016) *Reliability of Safety Management Methods*. Federal Highway Administration. Report N° FHWA-SA-16-040. Washington, DC, Estados Unidos.
- Gómez-Talegón, M. e Alvarez, F. (2006) Road traffic accidents among alcohol-dependent patients: The effect of treatment. *Accident Analysis and Prevention* 38, 201-207.
- Haddon, W. (1968) The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. *American Journal of Public Health* 58(8), 1431-1438.
- Kim, E.; Muennig P.; Rosen, Z. (2017) Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era. *Injury Epidemiology* 4:1, 1-9.
- Lanzaro, G. A.; Andrade, M. (2018) Influence of traffic flow separation devices on road safety in Brazil's multilane highways. *Proceedings from the RS5C conference on Jeju Island, South Korea*.
- Lee, S. H. (2013) *Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias*. Editora UFSC. 4ª edição revista e ampliada. Florianópolis, Brasil.
- Martin, J.; Mints-Eya, C., Goubel, C. (2013) Long-term analysis of the impact of longitudinal barriers on motorway safety. *Accident Analysis and Prevention* 59, 443-451.
- Nayak, B. K. e Hazra, A. (2011) How to choose the right statistical test? *Indian Journal of Ophthalmology* 59, 85-86.
- Novoa, A. M.; Pérez, K., Borrell, C. (2009) Efectividad de las intervenciones de seguridad vial basadas em la evidencia: una revisión de la literatura. *Gaceta Sanitaria* 23(6), 553.e1-553.e14.
- SAS 9.2 User's Guide (2009). SAS Support Site. 2nd edition. Disponível em: https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_freq_a0000000665.htm. Acesso em: 07 jul 2018.
- Tarko, A. P.; Villwock, N. M.; Blond, N. (2008) Effect of Median Design on Rural Freeway Safety: Flush Medians with Concrete Barriers and Depressed Medians. *Journal of the Transportation Research Board* 2060, 29-37.
- Vadeby, A. e Forsman, A. (2018) Traffic safety effects of new speed limits in Sweden. *Accident Analysis and Prevention* 114, 34-39.
- Zhao, X.; Ding, H.; Lin, Z. e Rong, J. (2018) Effects of longitudinal speed reduction markings on left-turn direct connectors. *Accident Analysis and Prevention* 115, 41-52.
- Zou, Y.; Tarko, A. P. (2016) An insight into the performance of road barriers – redistribution of barrier-relevant crashes. *Accident Analysis and Prevention* 96, 152-161.

Zou, Y.; Tarko, A. P. (2018) Barrier-relevant crash modification factors and average costs of crashes on arterial roads in Indiana. *Accident Analysis and Prevention* 111, 71-85.

Gabriel Andrade Lanzaro (gabriellanzaro@gmail.com)

Michelle Andrade (michelleandrade@unb.br)

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Brasília, DF, Brasil