

# PROPOSTA DE FERRAMENTA DE INSPEÇÃO QUALITATIVA MULTICRITÉRIO PARA SINALIZAÇÃO VIÁRIA EM RODOVIAS

**Raquel Cristina Ferreira Silva**

**Samuel Augusto Mota**

**Samuel Baesso Müller**

**Tânia Batistela Torres**

**Lucas Delongui**

Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul - Laboratório de Mobilidade e Logística

## RESUMO

A evolução da frota veicular, aliada à falta de investimentos em infraestrutura rodoviária, torna a sinalização viária um fator de extrema importância para a garantia do conforto e da segurança dos usuários. A sinalização concilia as funções de regulamentação, advertência, orientação, indicação, serviços auxiliares e educação de forma clara ao usuário. Com esses preceitos, este estudo propõe uma ferramenta de inspeção para sinalização viária a partir da adaptação da Matriz de Leopold, objetivando determinar os locais prioritários em melhorias de sinalização, assim como indicar quais são os aspectos e elementos mais deficientes. A ferramenta foi aplicada à avaliação da sinalização de três interseções rodoviárias da BR-153 em Cachoeira do Sul-RS, permitindo atribuir os valores médios gerais de 7,72 ao Acesso Norte; 7,42 ao Acesso Central e 8,55 ao Acesso Sul. A experiência permitiu identificar que o Acesso Central, ainda que disponha de mais sinalização vertical, é prioritário em melhorias.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de trânsito tem papel fundamental tanto social quanto econômico no mundo atual, principalmente nas grandes cidades e nos grandes eixos viários, onde é realizada a movimentação de passageiros e mercadorias a fim de satisfazer as necessidades do ser humano (Wang *et al.*, 2013). Portanto, a interação dos usuários do transporte rodoviário com a infraestrutura é constante, assim como entre os outros elementos que formam o tráfego.

Nesse sentido, os problemas de segurança viária implicam custos monetários e sociais. Acidentes de trânsito são a 9ª maior causa de óbitos no mundo e no Brasil também representam uma das principais causas de morte (De Campos *et al.*, 2013), situação agravada pelo constante crescimento da frota brasileira, aumento que foi ainda mais expressivo nos últimos anos (CNI, 2017). Além disso, a expansão da malha rodoviária pavimentada brasileira não tem acompanhado o ritmo de crescimento da frota de veículos que circulam pelo país. Nos últimos 10 anos, a frota de veículos no Brasil cresceu 110,4%, enquanto que a extensão das rodovias federais pavimentadas cresceu somente 11,7% (CNT, 2016).

A partir de 2013, o cenário econômico nacional sofreu uma mudança brusca, de forma que, desde então, a economia brasileira encontra-se formalmente em recessão (Barbosa, 2017). Nesse contexto, os investimentos em infraestruturas, tanto a construção de novas vias e facilidades como a manutenção das existentes, ficaram comprometidos em relação com outras necessidades elencadas como prioritárias pelas autoridades públicas. A falta de conservação das infraestruturas de transportes, sobretudo depois do grande esforço de construção dos últimos anos, prejudica o cumprimento dos objetivos pretendidos com os fundos públicos investidos em novas vias, situação que fica agravada pelo aumento de volume de veículos trafegando por elas (CNT, 2016).

As iniciativas que em potencial melhoram os índices de segurança nas rodovias são procedentes e, entre elas, destaca-se o aprimoramento da infraestrutura, visando a correta e

contínua manutenção das rodovias (Madeira e Borges, 2016). Nessa situação macroeconômica, é especialmente interessante considerar a aplicação de medidas de engenharia de baixo custo, de modo a resolver ou mitigar os problemas mais urgentes relacionados à manutenção das infraestruturas de transporte. O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) afirma que as medidas de baixo custo são caracterizadas pela implantação de projetos simples nos segmentos considerados como pontos críticos (DNER, 1998a), cuja identificação é fundamental para melhorar o desempenho de uma rede viária (Cheng e Washington, 2008). Teoricamente, pontos críticos são definidos como locais nos quais são esperados um maior número de acidentes, em comparação com locais semelhantes, devido à presença de fatores de risco (Elvik, 2007).

Até agora, as soluções de baixo custo não têm recebido a merecida atenção devido ao fato de serem vistas, erroneamente, como um paliativo. No entanto, essas medidas podem representar uma excelente resposta, principalmente para os países em desenvolvimento ou na situação de restrições orçamentárias atual (DNER, 1998a). Entre essas medidas de baixo custo está a melhoria da sinalização, considerada como um dos principais elementos que influenciam na segurança viária e que podem contribuir para o melhor desempenho dos usuários das rodovias (Holgado-Barco *et al.*, 2014; CNT, 2016).

As informações fornecidas pela sinalização regulamentam o trânsito, advertem os usuários das vias, indicam serviços, sentidos e distâncias, sendo classificadas em sinalização vertical, sinalização horizontal, dispositivos de sinalização auxiliar, sinalização semafórica, sinais sonoros e gestos (CONTRAN, 2014). Dessa forma, com uma sinalização de trânsito bem implantada, espera-se que as suas informações contribuam para a melhoria na qualidade de vida da sociedade, já que respeitá-la contribui com um trânsito organizado, confortável e seguro para os condutores e pedestres (Lima *et al.*, 2015).

Sendo assim, a sinalização viária deve transmitir aos usuários, através do conjunto dos seus elementos, uma imagem correta e facilmente compreensível da sua natureza, do seu tipo de utilização, dos movimentos prováveis dos outros utilizadores e do comportamento mais apropriado a adotar quando se circula nas vias (Dominguez *et al.*, 2016). Para a sinalização ser efetiva, devem ser considerados os seguintes fatores: posicionamento dentro do campo visual do usuário; legibilidade das informações; mensagens simples e claras; precisão e confiabilidade; e padronização, além da necessária manutenção (DNER, 1998b).

Por apresentarem elevado grau de interação entre usuário, veículo e via, são as interseções as que concentram a maior parte dos acidentes (Braga, 2017; Cunto *et al.*, 2012), sendo que 23% desses resultam em fatalidades, ainda que representem uma pequena parcela da extensão da malha rodoviária (Preston e Coackley, 2008). Dessa forma, as interseções são consideradas locais interessantes de serem analisados e caracterizados em função do volume de tráfego da via principal, do tamanho, da categoria da via, da localização geográfica e do seu entorno.

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB) determina que a sinalização de trânsito é responsabilidade do órgão ou entidade com circunscrição sobre a via, e este responde pela falta, insuficiência ou incorreta colocação dos sinais (Brasil, 2001). Nesse sentido, atualmente destacam-se no Brasil programas de atuações focados na manutenção e melhoria da sinalização viária (como o Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária do DNIT - Programa BR Legal), que permite aos gestores de redes rodoviárias a identificação de necessidades de ação em relação com estes aspectos (DNIT, 2015). Porém, esses

procedimentos não definem as prioridades ou critérios de escolha dessas atuações, e em situações de restrição orçamentária, como a atual, essas decisões tornam-se, especialmente difíceis. Dessa forma, considera-se extremamente útil para o órgão responsável pela via dispor de dados atualizados completos da situação da infraestrutura, mas também metodologia de análise que permita estabelecer prioridades de atuação perante as crescentes necessidades da rede e como justificativa ante aos cidadãos em relação com o uso dado aos investimentos públicos (Fredriksson, 2017).

Baseado nos preceitos apresentados, este trabalho tem o objetivo de elaborar um método de inspeção da sinalização viária como ferramenta prática de identificação das interseções, como locais prioritários de ação, bem como conjugar esses resultados com uma metodologia de análise multicritério qualitativa, de modo a ajudar na tomada de decisões e a priorizar as ações necessárias.

## **2. METODOLOGIA**

O desenvolvimento da ferramenta proposta dividido em três principais etapas. Inicialmente, foi necessário obter-se uma fundamentação técnico-teórica a partir da revisão da literatura dedicada ao tema, incluindo manuais dos gestores da rede no Brasil, como o DNIT. A partir dessa fundamentação, elencaram-se os aspectos a serem verificados e os parâmetros de análise dos elementos de sinalização. A terceira etapa foi a construção da ferramenta propriamente dita.

Tratando-se, portanto, de vários aspectos que influenciam de forma simultânea e com graus de importância diferentes, faz-se indispensável a utilização de metodologias de análise multicritérios que considerem essas circunstâncias (Filippo *et al.*, 2007). Tendo-se que alguns dos aspectos avaliados são de natureza qualitativa, o uso de métodos de análise deste tipo torna-se especialmente interessante. Entre elas, encontra-se o método da Matriz de Leopold (Leopold *et al.*, 1971), uma das metodologias baseadas na utilização de matrizes de interação mais difundidas nacional e internacionalmente, criada com o objetivo de avaliar os impactos associados à implantação de projetos de engenharia (Oliveira e Moura, 2009). Ao longo dos anos, a matriz original sofreu alterações que variam de acordo com a necessidade de cada avaliação de impactos (Amaral, 2015).

O método organiza as informações em uma tabela (Figura 1), na qual as atividades do projeto se apresentam em um eixo e as características ambientais em outro eixo (Silva e Moraes, 2012; Sobczyk *et al.*, 2017). O princípio básico do modelo consiste em, primeiramente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para em seguida estabelecer em uma escala que varia de 1 a 10, da magnitude (ou quantificação) e a importância (ou peso) de cada impacto, que são colocadas em cada célula (Leopold *et al.* 1971; Oliveira e Moura, 2009). A seguir, o método realiza a soma dos produtos dos valores de cada célula, dando assim uma avaliação ponderada de cada aspecto para cada ação. Finalmente, é possível realizar uma análise das somas por linhas, que oferecerão os resultados de cada ação (considerando todos seus impactos), e por colunas, que mostrarão as avaliações de cada impacto (considerando todas as ações conjuntamente), assim como um valor total da tabela (somando todas as linhas ou todas as colunas), que caracterizará o impacto completo do projeto.

Na adaptação proposta para a ferramenta, as características e fatores avaliados (dispostos em colunas) foram assimilados aos diferentes aspectos regulamentados no desenho, fabricação e

implantação dos elementos de sinalização viária, definidos no Manual Brasileiro de Sinalização Rodoviária (DNER, 1998b). Por exemplo, no caso das placas de sinalização de indicação, essas são compostas por legendas, setas, pictogramas, símbolos, diagramas, orlas e tarjas. Em relação às atividades, nas linhas da matriz, essas foram assimiladas aos diferentes elementos de sinalização existentes nas interseções (placas de regulamentação, advertência ou de indicação, marcas horizontais no pavimento, elementos auxiliares como tachões, balizadores, delimitadores e de proteção, etc.).

Atividades	Aspectos Ambientais							MÉDIAS	ÍNDICE FINAL
	Aspecto Ambiental "1"	.....	.....	.....	.....	.....	Aspecto Ambiental "n"		
Atividade "1"									
....									
....									
....									
Atividade "n"									

**Figura 1:** Matriz de Leopold original. Adaptada de Silva e Moraes (2012)

Porém, a principal crítica a essas técnicas qualitativas é o elevado grau de subjetividade dado às avaliações e ponderações dos critérios. Dessa forma, a ferramenta apresentada propõe a adaptação do método da Matriz de Leopold com dados baseados em opiniões de especialistas na matéria reunidos em um painel de avaliação, técnica comumente utilizada também no âmbito de análise de impactos procedentes de infraestruturas de transporte (Egilmez *et al.*, 2015; Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

### 3. RESULTADOS

Após o estudo bibliográfico, o conjunto de atributos identificados para cada elemento de sinalização foi apresentado aos 12 especialistas selecionados (vinculados à pesquisas na área de transportes e segurança viária no âmbito do Rio Grande do Sul) e obteve-se a média aritmética das suas avaliações (na escala de 1 a 10) para determinar o grau de importância de cada aspecto na função exigida para estes elementos. Estes valores foram incorporados nos campos correspondentes aos pesos ou importâncias na matriz.

Para determinar a magnitude foi utilizada uma escala pré-definida de cinco níveis segundo a condição dos aspectos, sendo 1 *ruim*, 2 *razoável*, 3 *bom*, 4 *muito bom* e 5 *excelente*. Para os aspectos que não são avaliados para determinado tipo de elemento é assinalada na ferramenta a condição de *Não se aplica* (“NA”), de forma que este atributo não seja contabilizado no cálculo final da condição da interseção.

Na avaliação das interseções não devem ser considerados apenas os elementos de sinalização existentes, pois percebeu-se que avaliar apenas esses poderia oferecer um resultado irreal, como uma interseção com número insuficiente de placas alcançar uma avaliação melhor que

uma interseção com maior número de placas, porém mais deterioradas. Avaliando o tipo de interseção, foi estabelecida de acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização (CONTRAN, 2014) como seria a sinalização ideal, diagnosticando, dessa forma, quais elementos estão ausentes, além daqueles inadequados ou contraditórios. Quando aplicadas na ferramenta elaborada, esses elementos inexistentes recebem como magnitude em todos seus aspectos o valor 0, influenciando diretamente no valor da avaliação da interseção. Na Figura 2 é mostrado um recorte de um modelo da Matriz de Leopold adaptada para a presente ferramenta, especificamente para placas de sinalização vertical.

INTERSEÇÃO NORTE		TIPO	FORMA DA PLACA										
			FORMA DA PLACA	COR FUNDO	COR LETRAS	COR TÁBUA	COR SÍMBOLOS	COR SETAS	COR ORLA EXTERNA	COR ORLA INTERNA			
Placa N13			6	4,49	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38
			3	4	4	4	NA	NA	4	4			
Placa N14			11	4,4	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	
			3	4	4	4	NA	NA	4	4			
Placa N15			1	4,49	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	
			4	4	4	4	NA	NA	4	4			
Placa N16			9	5,58	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	
			4	4	4	NA	NA	NA	4	4			

**Figura 2:** Recorte de modelo da Matriz de Leopold adaptada proposta na ferramenta

Em relação à determinação das magnitudes para a Matriz, a ferramenta conta adicionalmente com uma planilha de inspeção de campo onde encontram-se todos os tipos de elementos de sinalização possíveis com seus respectivos parâmetros de análise. A planilha possui campos para informações adicionais para que seja possível, ao analisar os parâmetros, avaliar o aspecto da maneira mais correta possível, além de permitir a inserção de uma imagem que ajude na identificação posterior de forma mais simples e ágil. Essa planilha foi desenvolvida para poder ser preenchida diretamente em meio digital ou também de forma manual, a modo de *checklist* cujos dados deverão ser trasladados à planilha digital. Na Figura 3 pode observar-se um exemplo da planilha de inspeção desenvolvida, nesse caso para placas de indicação, que foi o tipo testado posteriormente no caso de estudo.

Além da caracterização objetiva de cada elemento e de alguns de seus aspectos específicos, os inspetores de campo devem preencher campos denominados *Condição do Aspecto Avaliado*, os quais dispõem dos cinco níveis de adequação pré-definidos. Com o objetivo de evitar dúvidas na obtenção dos valores dessas avaliações qualitativas, foi definida uma padronização a partir dos dados considerados corretos pelos manuais de sinalização de trânsito. O procedimento adotado é similar a uma infração de trânsito, onde verifica-se, de acordo com o impacto no quesito avaliado, uma penalização aplicada sobre uma condição

excelente (entre 1 e 4, sendo 1 leve e 4 muito grave). Esses valores são incorporados, a seguir, nos campos de quantificação da Matriz de Leopold adaptada.

PLACAS DE INDICAÇÃO				
				PLACA ANALISADA N°=
CILASSE DA RODOVIA	CLASSE DA RODOVIA			
VELOCIDADE DA VIA	VELOCIDADE DA VIA			
SENTIDO DE CIRCULAÇÃO	SENTIDO DE CIRCULAÇÃO	ANEXAR IMAGEM DA PLACA		
LOCALIZAÇÃO	RSI ERSI BR-153 KM-153			
POSSUI ACOSTAMENTO	CONFERE?			
PERÍMETRO	PERÍMETRO			
TIPO DE PLACA: TIPO ▼				
ASPECTOS ANALISADOS				
FORMA E COR:			CONDIÇÃO DO ASPECTO AVALIAD	OBSERVAÇÕES
1	FORMA DA PLACA	FORMATO	CONDIÇÃO ▼	
2	COR FUNDO	COR	CONDIÇÃO ▼	
3	COR LEGENDA	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
4	COR TÁRJA	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
5	COR SÍMBOLOS	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
6	COR DIAGRAMAS	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
7	COR SETAS	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
8	COR ORLA EXTERNA	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
9	COR ORLA INTERNA	POSSUI ? ▼ DR	CONDIÇÃO ▼	
10	TÁRJA ENVOLVE TODA A PLACA	CONFERE? ▼	CONDIÇÃO ▼	
11	NÚMERO DE SENTIDOS INDICADOS	QUANTIDADE ▼		
LOCALIZAÇÃO:			CONDIÇÃO DO ASPECTO AVALIAD	OBSERVAÇÕES
12	DISPOSIÇÃO DA PLACA	DISPOSIÇÃO	CONDIÇÃO ▼	
TIPO TRANSVERS:	13 LOCALIZA-SE NO/ NA	LOCALIZAÇÃO ▼	CONDIÇÃO ▼	
TIPO TRANSVERS:	14 DISTÂNCIA LATERAL AO BORDO DA PISTA	DISTÂNCIA	CONDIÇÃO ▼	
TIPO TRANSVERS:	15 ALTURA BORDA INFERIOR ATÉ NÍVEL DA PISTA	ALTURA	CONDIÇÃO ▼	
TIPO SUSPENSA	16 DISTÂNCIA BORDA INFERIOR DA PLACA ATÉ NÍVEL DA PISTA	DISTÂNCIA	CONDIÇÃO ▼	
17	TIPO DE SUPORTE	SUPORTE	CONDIÇÃO ▼	
DIST. LONGITUDI:	18 DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	DISTÂNCIA (m)	CONDIÇÃO ▼	
19	LOCALIZADA NO INÍCIO DA REGIÃO SINALIZADA		CONDIÇÃO ▼	
DIMENSÃO :			CONDIÇÃO DO ASPECTO AVALIAD	OBSERVAÇÕES
20	TAMANHO DAS LETRAS	ALTURA LETRAS (mm)	CONDIÇÃO ▼	

Figura 3: Modelo de planilha de inspeção de campo

A análise dos resultados da Matriz permite apresentar uma avaliação ponderada, completa e pormenorizada, da situação da sinalização viária e estabelecer prioridades de atuação, por elemento e por aspecto, assim como a comparação entre várias interseções (a partir do valor médio final).

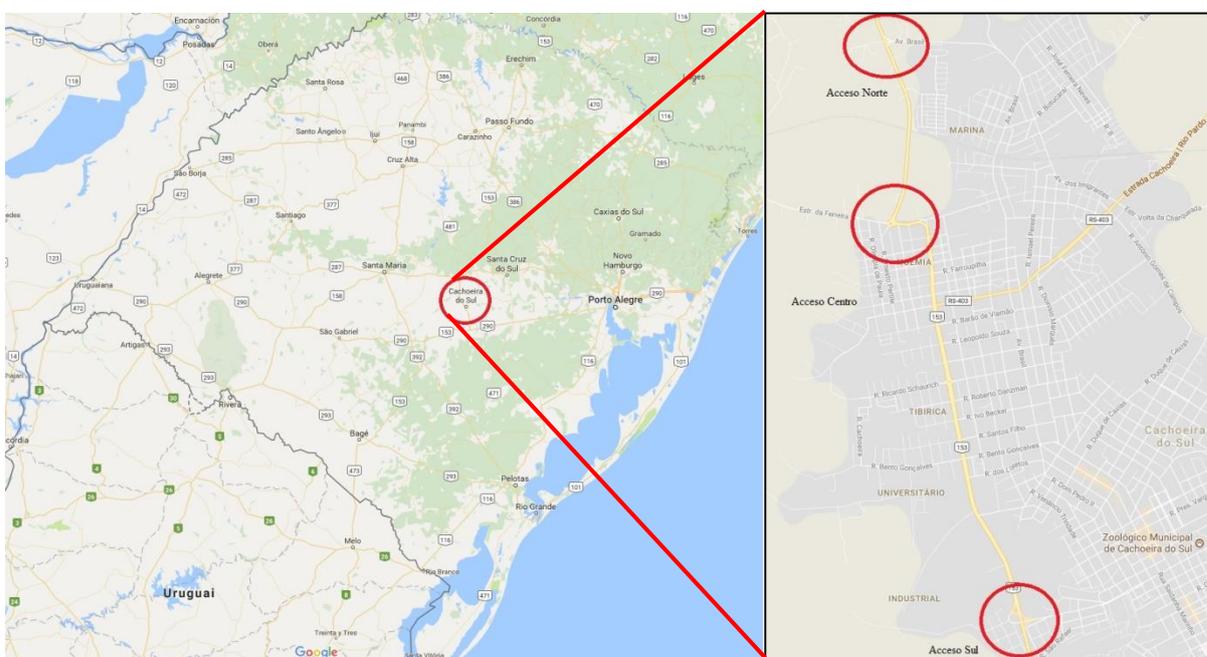
#### 4. ESTUDO DE CASO

A aplicabilidade da ferramenta proposta foi testada na avaliação da sinalização de indicação de três interseções da rodovia BR-153 no trecho que transpassa a cidade de Cachoeira do Sul - RS, distante 196 km da capital do estado – Porto Alegre. A escolha da sinalização de indicação foi proposital, visto que estas placas abrangem um grande número de aspectos e são de vários tipos diferentes. Por outro lado, com o objetivo de permitir uma comparação entre os pontos estudados, buscou-se um mínimo de semelhança entre eles, descartando os acessos secundários no trecho urbano da rodovia, que são de tipo semaforizado. Dessa forma, o estudo de caso avaliou as três interseções principais de acesso à cidade desde a citada BR-153, que apresentam disposições construtivas diferentes: o Acesso Norte, com configuração de interseção em “T”; o Acesso Centro, que é de tipo rotatória; e o Acesso Sul, configurado como uma interconexão de tipo trevo parcial. Na Figura 4 é possível observar a localização das interseções do estudo de caso.

Para cada uma das interseções foi feita uma análise prévia onde foi realizada uma estimativa do número de placas em cada interseção e as particularidades de cada uma delas. Após uma

análise prévia de cada uma das interseções, foram preparadas as planilhas necessárias e então foi feita a visitação a campo para o preenchimento das planilhas de inspeção. Depois, foi realizado o processamento dos dados, correspondentes a 18 placas no Acesso Norte, 20 no Acesso Centro e 40 no Acesso Sul.

A avaliação final da sinalização vertical de indicação de cada uma das interseções mediante a ferramenta proposta ofereceu os seguintes valores médios gerais: Acesso Norte: 7,72; Acesso Central: 7,42; e Acesso Sul: 8,55. Percebe-se que, de acordo com a ferramenta, o Acesso Sul está em melhores condições que os demais, mesmo com maior número de placas, sendo o Acesso Central a intersecção que necessita de maior atenção com relação à sinalização viária. Porém, o estado geral de todas elas é bastante precário, levando em conta que uma intersecção *ideal* segundo a Matriz de Leopold adaptada para a sinalização de indicação poderia alcançar um valor total de 30 pontos (uma vez que a importância total dos elementos avaliados é de 6). Além disso, destacam as condições deficientes das placas em relação a muitos dos aspectos, assim como a ausência de muitas das placas definidas segundo o Manual de Sinalização Viária como necessárias para o tipo de intersecção.



**Figura 4:** Localização das interseções avaliadas no estudo de caso

## 5. CONCLUSÃO

A inspeção de sinalização viária é um procedimento utilizado para identificar, através do auxílio de listas de verificação (tipo *checklist*), as deficiências de sinalização de uma via que possam vir a causar acidentes. Existem diversos procedimentos de inspeção relatados na literatura, como o utilizado no Programa BR-LEGAL do DNIT, que permitem obter um estado geral dos elementos de sinalização avaliados e, desse modo, projetar atuações sobre eles. Porém, a maioria destes métodos não fornece ao decisor ou responsável técnico da infraestrutura argumentos objetivos na priorização dessas ações, nem consideram as importâncias relativas dos diferentes aspectos avaliados.

Nesse contexto, o presente trabalho propôs uma ferramenta de inspeção e avaliação da sinalização viária aplicada a interseções de rodovias mediante uma adaptação do método da

Matriz de Leopold. Constatou-se, pelos resultados apresentados, que a ferramenta proposta é funcional e, portanto, pode ser empregada para auxiliar no diagnóstico de locais prioritários e orientar a alocação de recursos necessários para executar as correções necessárias tanto na manutenção preventiva quanto manutenção corretiva, bem como no acréscimo de sinalização ausente.

A ferramenta foi testada para a avaliação da sinalização vertical de indicação de três interseções de acesso à cidade de Cachoeira do Sul – RS desde a rodovia BR-153, verificando sua aplicabilidade e potencial de contribuir com uma melhoria significativa para todo o desempenho das interseções e da rodovia em geral, reduzindo os riscos de acidentes e agregando segurança e conforto na utilização por parte dos usuários.

#### **Agradecimentos**

Raquel Cristina Ferreira Silva, Samuel Augusto Mota e Samuel Baesso Müller agradecem às bolsas FIEIX e PIVEX da UFSM.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Amaral, I. B. C.; H. de A. N. Lucena e A. B. dos Reis (2015) Procedimentos para utilização da matriz de análise de sistemas tecnológicos de drenagem pluvial baseada na Matriz de Leopold: poços de infiltração, trincheiras e reservatórios. *Educação e Tecnologia*, v. 20, n. 2, p. 22-34.
- Barbosa, F. de H. F. (2017) A crise econômica de 2014/2017. *Estudos Avançados*, v. 31 n.89, p. 51-60.
- Braga, M. G. de C. (2017) Percepção de Motoristas e Engenheiros de Tráfego Sobre a Segurança em Cruzamentos Urbanos. *Revista Transportes*, v. 25, n.1, p. 38-49.
- BRASIL (2001). *Código de Trânsito Brasileiro: instituído pela Lei nº 9.503, de 23-9-97. Com as alterações na Lei nº 9.792, de 22-01-1998 e 9.792, de 14-04-1999*. DENATRAN Brasília.
- Cheng, W. e S. Washington (2008) New Criteria for Evaluating Methods of Identifying Hot Spots. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2083, p. 76-85.
- CNI (2017) *O financiamento do investimento em infraestrutura no Brasil: uma agenda para sua expansão sustentada*. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, DF.
- CNT (2016) *Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial (20ª ed.)*. Confederação Nacional dos Transportes: SEST/SENAT, Brasília, DF.
- CONTRAN (2014) *Manual Brasileiro de Sinalização volume III, Sinalização Vertical de Indicação*. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- Cunto, F. J. C.; M. M. De C. Neto e D. S. Barreira (2012) Modelos de previsão de acidentes de trânsito em interseções semaforizadas de Fortaleza. *Revista Transportes*. v. 20, n. 2, p. 55–62.
- De Campos, C. I.; T. F. Feltrin; N. G. Da Silva e A. A. Raia (2013) O panorama do Brasil anterior à Década de Ação pela Segurança Viária 2011-2020. *XIX Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, Brasília, DF.
- DNER (1998a) *Guia de Redução de Acidentes Com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER (1998b) *Manual de Sinalização Rodoviária (2ª ed.)*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, RJ.
- DNIT (2015) *Guia Prático Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária - BR-LEGAL. Versão 1.0*. Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília.
- Dominguez, F. S.; J. A. García e N. Balula (2016) Inspeção Dinâmica da Sinalização Horizontal e Vertical. *Anais do VII Congresso Rodoviário Português*. Lisboa, Portugal.
- Egilmez, G.; S. Gumus e M. Kucukvar (2015) Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach. *Cities*, v. 42, p. 31–41.
- Elvik, R. (2007) *State-of-the-Art Approaches to Road Accident Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks*. Report 883. Institute of Transport Economics, Oslo, Norway.
- Fredriksson, A. (2017) Location-allocation of public services - Citizen access, transparency and measurement. A method and evidence from Brazil and Sweden. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 59, p. 1-12.
- Holgado-Barco, A.; González-Aguilera, D.; Arias-Sánchez, P. e J. Martínez-Sánchez (2014) An automated approach to vertical road characterization using mobile LiDAR systems: Longitudinal profiles and cross-sections. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 96, p. 28–37.

- Leopold B. L.; F. E. Clarke; B. B. Hanshaw e J. R. Balsky (1971) A procedure for evaluating environmental impact. *Geological Survey* n. 345, Washington, DC.
- Lima, S. C. R. de; M. A. A. Santos e E. V. Alves (2015) A relação entre a sinalização viária e os acidentes de trânsito em um trecho da BR-251. *Anais do XX Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*. Santos, SP.
- Madeira, J. S. e L. F. Borges (2016) Gestão da Sinalização na Segurança Rodoviária Sistema de Gestão e Inventário de Sinalização Rodoviária. *Anais do VIII Congresso Rodoviário Português*, Lisboa, Portugal.
- Oliveira, F. C. de e H. J. T. de Moura (2009) Uso das Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. *Pretexto*, v.10, n. 4, p. 79-98.
- Preston H. D. e R. C Coakley (2008) Emerging Trends in Intersection Safety. *ITE Journal*, v. 78, n. 12. p. 24-28.
- Ruiz-Padillo, A.; D. P. Ruiz; A. Torija e A. Ramos-Ridao (2016) Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 61, p. 8-18.
- Silva, A. L. E e J. A. R. Moraes (2012) Proposta de uma Matriz para Avaliação de Impactos Ambientais em uma Indústria Plástica. *Anais do XXXII Encontro nacional de Engenharia de Produção*. Bento Gonçalves-RS
- Sobczyk, E. J.; J. Kicki; W. Sobczyk e M. Szuwarzyński (2017) Support of mining investment choice decisions with the use of multi-criteria method. *Resources Policy*, v. 51, p. 94-99.
- Wang, C.; Quddus, M. A. e Ison, S. G. (2013) The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction. *Safety Science*, 57, 264-275.

---

Raquel Cristina Ferreira Silva (r.crisfer1991@gmail.com)

Samuel Augusto Mota (saugusto.mota@gmail.com)

Samuel Baesso Müller (samuel.muller.baesso@gmail.com)

Tânia Batistela Torres (tania.torres@ufsm.br)

Lucas Delongui (lucas.delongui@ufsm.br)

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul

Rua Ernesto Barros, 1345 – Cachoeira do Sul, RS, Brasil