

3.10.99 - Engenharia de Transportes

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

Raquel Cristina Ferreira¹, Samuel Augusto Mota Silva^{1*}, Samuel Baesso Müller¹, Lucas Delongui², Alejandro Ruiz-Padillo³

¹ Estudante do Curso de Engenharia de Transportes e Logística da UFSM Campus Cachoeira do Sul - Laboratório de Mobilidade e Logística

² Pesquisador do Laboratório de Mobilidade e Logística - UFSM Campus Cachoeira do Sul

³ Pesquisador do Laboratório de Mobilidade e Logística - UFSM Campus Cachoeira do Sul / Orientador

Resumo:

Devido à mudança do cenário econômico nacional, medidas de engenharia de baixo custo se tornam necessárias para a manutenção do sistema rodoviário. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta para avaliação da sinalização viária em pontos críticos através da junção de várias técnicas e métodos reportados na literatura, como a matriz de Leopold e painel de especialistas. Essas técnicas foram adaptadas ao propósito da ferramenta e assim obter uma metodologia acessível e prática para aplicação em interseções, cujo resultado permite ordenar por prioridade de atuação estes pontos críticos ou os aspectos da sinalização viária que devem ser abordados. A ferramenta foi testada em um estudo de caso sobre a sinalização de indicação das interseções de acesso à cidade de Cachoeira do Sul – RS desde a rodovia BR-153.

Palavras-chave: Interseções; Matriz de Leopold; Sistema rodoviário.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFSM

Introdução:

A evolução da frota de veículos, aliada à falta de investimentos em infraestrutura rodoviária torna as medidas de engenharia de baixo custo um fator de extrema importância para a garantia do conforto e segurança do usuário das rodovias. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2009) anualmente 1,25 milhão de pessoas vem a óbito devido aos acidentes de trânsito no mundo. Por outro lado, no Brasil, de acordo com o Relatório de Pesquisa do IPEA (2015), 45 mil mortes são registradas por ano e 300 mil pessoas ficam com algum tipo de seqüela devido a este tipo de acidentes, gerando um custo de R\$50 bilhões/ano aos cofres públicos.

A partir de 2013 ocorreu uma mudança brusca no cenário econômico nacional, desde então, a economia brasileira encontra-se formalmente em recessão (BARBOSA, 2017). Devido a este cenário, a construção e manutenção de vias encontram-se prejudicadas, pois em relação a outras necessidades, esta não é tida como uma prioridade pelo poder público.

Dada esta falta de investimentos na área de infraestrutura, deve-se procurar e aplicar soluções de baixo custo que considerem diretamente os pontos de maior risco de acidentes. Conforme Goldner e Peña (2011), as interseções são indispensáveis para a rede viária, porém, dado seu alto número de manobras conflitantes, ocorre o aumento a probabilidade de acidentes nesses pontos que faz que sejam considerados pontos críticos da rede. Um dos itens que contribuem para maior conforto e segurança dos usuários da via é a sinalização, que se comparada com os demais itens da infraestrutura viária, tem um valor de implantação e manutenção muito menor, constituindo, portanto, a sinalização viária uma medida de baixo custo (DNER, 1998a).

Mesmo assim, estas medidas precisam também ser priorizadas para otimizar a eficiência dos seus investimentos. Portanto, o objetivo deste trabalho é elaborar um método de inspeção da sinalização viária como ferramenta prática de identificação das interseções, como pontos críticos, assim 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.

Metodologia:

Para o desenvolvimento da ferramenta foi necessária uma fundamentação técnico-teórica, baseada em manuais e artigos relacionados com a sinalização viária e métodos de análise que pudessem se adequar à ferramenta proposta. Para a sinalização viária as principais referências utilizadas foram o Manual de Sinalização Viária (DNER, 1998b) e o Manual Brasileiro de Sinalização (CONTRAN, 2014).

De acordo com a pesquisa feita a partir dos manuais sobre sinalização viária, foram elencados os principais aspectos que influenciariam os usuários da via ao trafegá-la, conforme Tabela 1.

Já que alguns dos aspectos avaliados são de natureza qualitativa, o uso de métodos de análise deste tipo torna-se especialmente interessante. Dentre as técnicas existentes na bibliografia, escolheu-se o método da Matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971), tradicionalmente utilizado na avaliação de impactos, mediante sua magnitude e importância em relação com as atividades dos projetos.

Tabela 1 – Aspectos avaliados pela ferramenta. Fonte: os autores.

Aspectos	Subgrupo	
Forma	Forma da placa	Cor símbolos
	Cor fundo	Cor setas
	Cor letras	Cor orla externa
	Cor tarjas	Cor orla interna
Localização	Disposição da placa	Altura borda inferior ao nível da pista
	Localizada sob canteiro	Tipo de suporte
	Distância lateral ao bordo da pista	Distância de visibilidade
Dimensão	Tamanho das letras	Largura da placa
	Altura da placa	Espaçamento entre caracteres
Estrutura	Material de suporte	Inflexão em relação à via
	Retrorefletidas	
Legendas	Quantidade de legendas	Separação das partes por tarja
	Legendas com abrangências diferentes	Abreviaturas de unidades de medida
	Parte superior: Bairro - Via	Parte inferior: Zona - Região
	Distância indicada por números inteiros	Legenda suficientemente explicativa

O princípio básico proposto por Leopold 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, a magnitude (ou quantificação) e a importância (ou peso) de cada impacto, que são colocadas em cada célula de uma tabela, como pode ser observada na Figura 1 (LEOPOLD *et al.* 1971; SILVA e MORAES, 2012). Após, o método realiza a soma dos produtos dos valores de cada célula, dando assim uma avaliação ponderada de cada aspecto para cada ação.

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

Figura 1 – Matriz de Leopold original. Fonte: adaptada de Silva e Moraes (2012).

Por outro lado, a técnica do painel de especialistas consiste na participação de vários conhecedores do tema de estudo, de forma que a média de suas opiniões substitua a avaliação dos autores do trabalho com o objetivo de aumentar a objetividade e correção dos resultados (EGILMEZ *et al.*, 2015; RUIZ-PADILLO *et al.*, 2016).

Resultados e Discussão:

Foram feitas adaptações na Matriz de Leopold para se adequar as avaliações que seriam necessárias. Assim, para definir o grau de importância de cada atributo avaliado nos elementos de sinalização viária, os subgrupos da Tabela 1 foram apresentados a um painel de especialistas vinculados à pesquisa na área de transportes e segurança viária, em âmbito estadual. Dessa forma, cada especialista pontuou de 0 a 10 a importância de cada aspecto à relevância da placa para percepção do usuário. Para determinar a magnitude foi definida uma escala de cinco níveis segundo a condição dos aspectos, como segue: 0 - Não existente; 1- Ruim; 2- Razoável; 3 – Bom; 4 . Muito bom; 5 – Excelente.

Para os aspectos que não são avaliados para determinado tipo de elemento é assinalada a condição de “Não se aplica”. Elementos inexistentes, mas que deveriam estar na interseção de acordo com o manual, são avaliados com magnitude zero (0) em todos os aspectos.

Foi elaborada uma tabela onde todos os aspectos poderiam ser avaliados de acordo com sua

magnitude. Esta tabela foi desenvolvida como um *checklist*, dessa forma, a avaliação de magnitude é realizada em campo pelo avaliador (Figura 2). Essa avaliação segue o padrão de infrações de trânsito, na qual a sinalização recebe penalizações para cada ponto em que difere do padrão estabelecido pelos manuais.



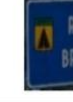

INTERSEÇÃO NORTE	TIPO	FORMA DA PLACA									
		FORMA DA PLACA	COR FUNDO	COR LETRAS	COR TÁBUA	COR SÍMBOLOS	COR SETAS	COR ORLA EXTERNA	COR ORLA INTERNA		
Placa N13											
	6	4,49	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38
		3	4	4	4	NA	NA	4	4		
Placa N14											
	11	4,4	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31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

Figura 2 – Recorte de modelo da Matriz de Leopold adaptada proposta na ferramenta. Fonte: os autores.

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 3 é possível observar a localização das interseções do estudo de caso.

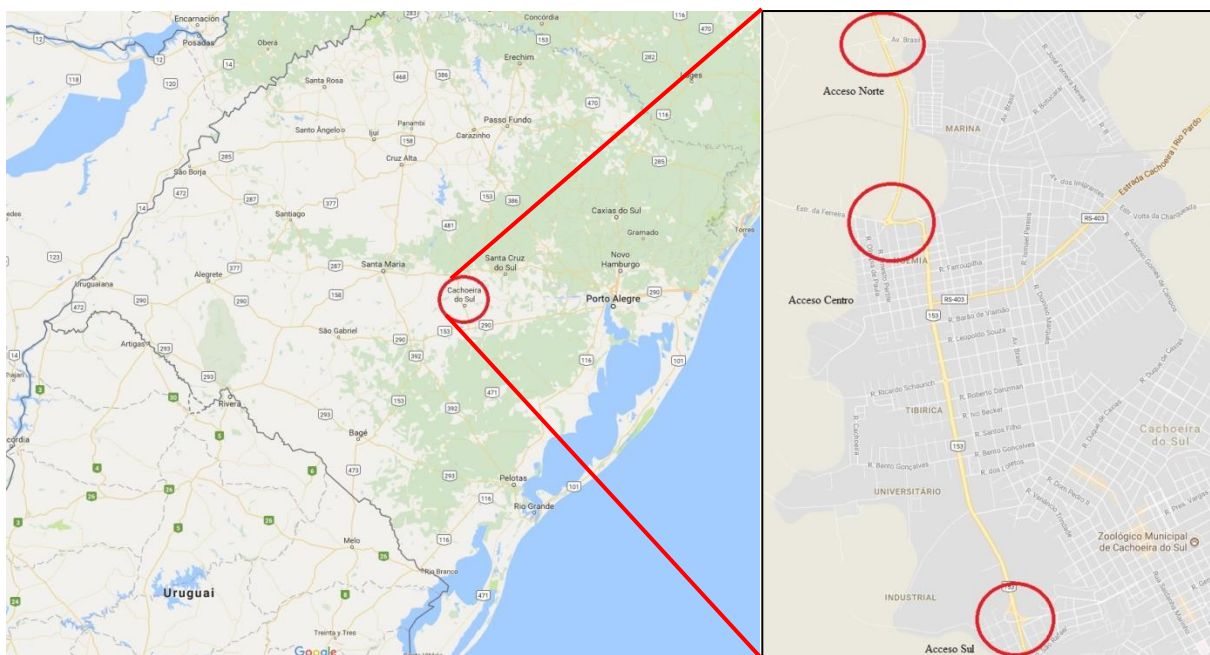


Figura 3 – Localização das interseções avaliadas no estudo de caso

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 interseção 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 interseção 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 interseção.

Conclusões:

A partir do referencial teórico e da atribuição dos pesos de cada aspecto mediante a técnica do painel de especialistas e seu grau de importância e magnitude para utilização na matriz de Leopold, foi consolidada a ferramenta de apoio à decisão para melhoria da sinalização viária.

Constatou-se pelos resultados apresentados e a aplicação a este estudo de caso real que a ferramenta proposta é funcional e, portanto, pode ser empregada para auxiliar no diagnóstico de pontos críticos e priorizar a alocação de recursos necessários para executar as correções necessárias tanto na manutenção preventiva quanto manutenção corretiva, bem como no acréscimo de sinalização ausente.

Essa ferramenta pode ser aplicada tanto em formato digital, por meio de *notebooks* que gerariam os resultados de forma simultânea, como em formato físico, com a impressão das planilhas para preenchimento manual, constituindo desta forma uma ferramenta de auxílio na avaliação de pontos críticos e de baixo valor de implementação.

Referências bibliográficas

BARBOSA, F. de H. F. A crise econômica de 2014/2017. Estudos Avançados, São Paulo, v. 31 nº.89, p. 51-60, 2017

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização. Volume iii. Vertical de Indicação. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Transito, Brasília – DF: CONTRAN, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). 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, 1998a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). Manual de Sinalização Rodoviária (2ª ed.). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro – RJ: DNER, 1998b.

EGILMEZ, G.; GUMUS, S.; KUCUKVAR, M. 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, 2015.

GOLDNER, L. G.; PEÑA, C. C. Caracterização e análise dos acidentes em interseções: Estudo de caso em rodovias de Santa Catarina, no Brasil, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA (IPEA). Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea. Secretária de Assuntos Estratégicos da Presidência da República Ministro. Brasília, DF: IPEA, 2015.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F.E.; HAHSHAW, B. B.; BALSLEY, R. J. A procedure for Evaluating Environmental Impact. USGS.Washington, 13p. 1971. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Global status report on road safety: time for action. Geneva, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Global status report on road safety: time for action. Geneva, 2009.

RUIZ-PADILLO, A.; RUIZ, D. P.; TORIJA, A.; RAMOS-RIDAO, A. 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, 2016.

SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R. 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, 2012.