

Avaliação do uso de Guias Sonoras nas rodovias gaúchas

ENTRE AS SOLUÇÕES DE ENGENHARIA CAPAZES DE CONTRIBUIR DE FORMA EFETIVA PARA A SEGURANÇA VIÁRIA, ESTÃO AS GUIAS SONORAS. GUIAS SONORAS SÃO RANHURAS OU SALIÊNCIAS QUE MARCAM O PAVIMENTO DAS RODOVIAS ALERTANDO OS MOTORISTAS DESATENTOS. ESTE TRABALHO ABORDA OS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, OS ASPECTOS CONSTRUTIVOS, E O POTENCIAL DO DISPOSITIVO NA REDUÇÃO DE ACIDENTES. O ESTUDO DE CASO MOSTROU QUE ACIDENTES DO TIPO SAÍDA DE PISTA, PRINCIPAL OCORRÊNCIA EVITADA PELAS GUIAS SONORAS, REPRESENTAM APROXIMADAMENTE 30% DO TOTAL DE ACIDENTES DE UMA RODOVIA TÍPICA. A ANÁLISE DOS SEGMENTOS ONDE ESSE TIPO DE ACIDENTE ERA MAIS FREQUENTE, REVELOU UMA TENDÊNCIA À QUE O MESMO SE DÊ EM ACLIVES/DECLIVES E/OU CURVAS. A ANÁLISE BENEFÍCIO-CUSTO INDICOU QUE UM ACIDENTE COM UMA VÍTIMA FATAL EQUIVALE À EXECUÇÃO DE 31 QUILOMETROS DE GUIAS SONORAS. ADICIONALMENTE, CONSTATOU-SE QUE O INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A IMPLANTAÇÃO DO DISPOSITIVO NOS ACOSTAMENTOS DO TRECHO ANALISADO SERIA MENOR DO QUE OS CUSTOS DE ACIDENTES DE SAÍDA DE PISTA OCORRIDOS NO TRECHO NO PERÍODO DE 3 ANOS.

Nos últimos anos, os profissionais que atuam na área da engenharia rodoviária, têm se dedicado à busca de tratamentos e soluções que conduzam a melhores condições de segurança na malha viária. Entre as soluções de engenharia capazes de contribuir para esta melhoria estão as Guias Sonoras, ou *Rumble Strips*, que são ranhuras ou saliências realizadas sobre o pavimento, com o objetivo de alertar motoristas desatentos.

Este trabalho aborda o uso das Guias Sonoras no controle ou prevenção dos acidentes do tipo saída de pista. A utilização de Guias Sonoras tem se mostrado uma medida de engenharia com bom potencial na prevenção deste tipo de acidente. Nos Estados Unidos, aproximadamente 1/3 de todos os acidentes fatais e com danos graves são do tipo saída de pista (NCHRP, 2000). Segundo o Federal Highway Administration (FHWA, 2001), os acidentes envolvendo saída de pista têm um custo elevado, sendo a estimativa anual deste custo da ordem de 80 bilhões de dólares.

As Guias Sonoras são chamadas internacionalmente de *Rumble Strips*. O termo "Guias Sonoras" é uma boa tradução para o português, sendo utilizada com frequên-

cia em Portugal. No Brasil este dispositivo também é chamado de "faixas sonorizadoras antiacidentes" ou "faixas vibratórias antiacidentes".

GUIAS SONORAS

As Guias Sonoras são saliências ou ranhuras padronizadas, construídas no pavimento, no eixo ou no acostamento da rodovia. Por terem uma textura diferente do restante da superfície da rodovia, as Guias Sonoras produzem um repentino ruído e vibração quando os veículos passam sobre elas (FHWA, 2001). O Departamento de Transportes do Estado de Washington (WSDOT, 2002) define as Guias Sonoras como ranhuras ou saliências que marcam o pavimento perpendicularmente ao eixo das rodovias, na linha de bordo ou central, e servem para alertar motoristas desatentos e dar a direção para os mesmos.

Segundo NCHRP (2000), Guias Sonoras são faixas salientes ou entalhes localizados na superfície do pavimento da rodovia com a intenção de fornecer ao motorista uma advertência audível e palpável para que ele reposicione o veículo longitudinalmente. Esse dispositivo tem sido utilizado nos Estados Unidos, há décadas, para advertir sobre



Tatiana Gomes Tedesco

Engenheira - INCORP Consultoria e Assessoria Ltda

Christine Tessele Nodari

Professora - LASTRAN PPGE/UFGRS

Luis Antonio Lindau

Professor - LASTRAN PPGE/UFGRS

Para o trecho rodoviário analisado no Estudo de Caso, o custo total de aplicação de Guias Sonoras com Ranhuras Salientes nos acostamentos seria de R\$ 349.524,00, considerando-se a colocação do dispositivo em ambos os lados da rodovia, nos 38 quilômetros estudados. Já os custos resultantes dos acidentes do tipo saída de pista, ocorridos no trecho ao longo dos três anos estudados, são da ordem de R\$ 1.928.767,00. Porém, não se espera que a implementação das Guias Sonoras no trecho avaliado seja capaz de evitar a totalidade dos acidentes do tipo saída de pista. Sendo assim, foram criados cenários hipotéticos para os quais foram calculados os custos de diferentes quantidades de acidentes potencialmente evitáveis pelo uso das Guias Sonoras. Nos cenários hipotéticos apresentados, os percentuais de acidentes por saída de pista foram considerados como sendo de 25, 50, 75 e 100% dos acidentes ocorridos no trecho. Com base nessa análise, mesmo que apenas 25% dos acidentes potencialmente evitáveis sejam realmente evitados, o investimento realizado na implantação do dispositivo mostra-se recuperável em menos de 3 anos (ver Tabela 5).

Porém, é importante ressaltar que, enquanto o custo de implementação do dispositivo recai inteiramente sobre o responsável pela rodovia, os custos dos acidentes são distribuídos por diferentes agentes. Os custos de um acidente rodoviário são divididos entre o acidentado (e seus familiares), o Estado e o operador da rodovia. Já os custos de implantação do dispositivo do tipo Guias Sonoras, recaem diretamente sobre o operador, seja ele o Estado ou a concessionária.

CONCLUSÕES

A revisão da literatura indicou que as Guias Sonoras são recomendadas principalmente ao longo do acostamento das rodovias, podendo ser usadas também nas linhas de eixo e transversalmente sobre a pista. O dispositivo é especialmente indicado na prevenção de acidentes do tipo saída de pista. Portanto, segmentos com altas taxas de acidentes desse tipo devem ter prioridade na adoção das Guias Sonoras.

No estudo de caso realizado, esperava-se identificar segmentos com características geométricas específicas como, por exemplo, a presença de curvas, de aclives ou de interseções onde existisse uma

maior tendência à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista. Uma vez identificada a existência de padrões de geometria com maior tendência à ocorrência desse tipo de acidentes, esses padrões serviriam de critério para priorização do uso das Guias Sonoras em iniciativas pró-ativas para a melhoria da segurança viária. Dessa forma, a instalação das Guias Sonoras poderia ser priorizada mesmo sem a existência de dados sobre a ocorrência de acidentes, ou mesmo antes que os acidentes viessem a ocorrer.

A pesquisa mostrou a existência de uma distribuição praticamente homogênea da ocorrência de acidentes do tipo saída de pista ao longo do trecho estudado. Os acidentes desse tipo representam aproximadamente 30% do total de acidentes ocorridos. Esse percentual é compatível com o verificado na revisão bibliográfica. De acordo com a revisão, nos EUA, anualmente, aproximadamente 1/3 de todos os acidentes fatais e com danos graves são causados por acidentes do tipo saída de pista.

Porém, na análise dos 10 segmentos não consecutivos de um quilômetro onde os acidentes por saída de pista foram mais frequentes, observou-se uma maior tendência à ocorrência desse tipo de acidente em aclives/declives e/ou curvas. Desses segmentos, 8 situavam-se em aclive/declive e 7 em curvas. Esses números revelam uma tendência à ocorrência de acidentes por saída de pista em trechos localizados em aclives/declives e/ou em curvas, porém, pelo tamanho da amostra pesquisada

Tabela 5 Cenários do custo médio dos acidentes na RS-122

CENÁRIO	Nº DE ENVOLVIDOS NOS ACIDENTES POR SP REALMENTE EVITADOS (%)	Nº DE ACIDENTES SÓ COM DANOS MATERIAIS	Nº DE ACIDENTES COM FERIDOS	Nº DE ACIDENTES COM ÓBITOS	CUSTO MÉDIO DOS ACIDENTES DE ACORDO COM O Nº DE ENVOLVIDOS (R\$)
1	25	61	15	0,25	496.917,75
2	50	121	29	0,50	973.113,50
3	75	182	43	0,75	1.452.571,25
4	100	242	57	01	1.928.767,00

de acidentes ocorridos mostrou-se praticamente uniforme. A Tabela 3 apresenta uma síntese dessas análises.

Com base nos mesmos dados, partiu-se para uma nova análise restrita aos pontos de maior ocorrência de acidentes do tipo saída de pista. Assim, verificou-se que existem 10 segmentos não contínuos de um quilômetro cada, onde acidentes por saída de pista são superiores a 75% do total de acidentes. Em uma análise restrita a esses locais, verificou-se que 8 deles estão em aclive/declive e 7 estão em curva. Esses números revelam uma tendência à ocorrência de acidentes por saída de pista em trechos localizados em aclives/declives e/ou em curvas. Pelo tamanho da amostra pesquisada, não é possível realizar testes estatísticos que comprovem a tendência observada. Porém, esses valores podem ser vistos como uma orientação para a utilização de Guias Sonoras em segmentos rodoviários que se enquadrem nesses padrões geométricos (aclives/declives e/ou curvas).

COMPARATIVO ENTRE CUSTOS DOS ACIDENTES E DAS GUIAS SONORAS

Os custos de acidentes considerados nesse estudo são os propostos pelo IPEA no estudo desenvolvido sobre os impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas (IPEA, 2003). Sabe-se que os acidentes ocorridos em rodovias tendem a ter uma gravidade ainda maior, o que resultaria em custos econômicos e sociais ainda mais ele-

Tabela 3 Comparativo entre Geométrico e Acidentes

CRITÉRIO	GEOMÉTRICO	Nº DE AMOSTRAS	TOTAL DE OUTROS ACIDENTES	TOTAL DE ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA (SP)	TOTAL DE ACIDENTES	% DE SP EM RELAÇÃO AO TOTAL DE ACIDENTES
PLANIMETRIA	CURVA	23	388	213	601	35,44
	RETA	15	197	87	284	30,63
PRESENÇA DE INTERSEÇÃO	COM INTERSEÇÃO OU OUTROS	9	181	90	271	33,21
	SEM INTERSEÇÃO OU OUTROS	29	404	210	614	34,20
ALTIMETRIA	ACLIVE/DECLIVE	27	407	224	631	35,50
	PLANO	11	178	76	254	29,92
CURVAS						
INTENSIDADE DA CURVA	CURVA ACENTUADA	10	177	101	278	36,33
	CURVA SUAVE	13	211	112	323	34,67
ALTIMETRIA	CURVA EM ACLIVE/DECLIVE	19	301	175	476	36,76
	CURVA NO PLANO	4	87	38	125	30,40
PRESENÇA DE INTERSEÇÃO	COM INTERSEÇÃO OU OUTROS	4	60	39	99	39,39
	SEM INTERSEÇÃO OU OUTROS	19	328	174	502	34,66
RETAS						
ALTIMETRIA	RETA EM ACLIVE/DECLIVE	8	106	49	155	31,61
	RETA NO PLANO	7	91	38	129	29,45
PRESENÇA DE INTERSEÇÃO	COM INTERSEÇÃO OU OUTROS	5	121	51	172	29,65
	SEM INTERSEÇÃO OU OUTROS	10	76	36	112	32,14

vados. Verifica-se, também, que o custo dos acidentes do IPEA não considera, na sua composição, o componente “disponibilidade a pagar” para a redução dos riscos de mortes em acidentes, muito empregado para avaliar relações do tipo benefício/custo em investimentos rodoviários. Portanto, adotando o custo do acidente proposto pelo IPEA, está se assumindo uma postura conservadora, uma vez que o custo real do acidente rodoviário deve ser ainda maior do que o aqui adotado.

Para os custos de implantação do dispositivo de Guias Sonoras, foi adotado o valor praticado por uma empresa brasileira que executa Guias Sonoras com Ranhuras Salientes. De acordo com a empresa, o custo de execução das Guias Sonoras é de R\$ 4.599,00/km.

Em uma análise teórica expedi-

ta, observa-se que, se a instalação de Guias Sonoras em um quilômetro de rodovia evitasse um acidente rodoviário, já se teria o retorno do capital investido, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4 Comparativo entre o custo de 1km de Guias Sonoras e 1 Acidente Rodoviário

GUIAS SONORAS EM 1km DE RODOVIA	CUSTO MÉDIO DE ACID. DE TRÂNSITO
R\$ 9.198,00 (ACOST. LADOS D/E)	R\$ 8.782,00

(FONTE: EMPRESA HOT LINE, 2003)

(FONTE: IPEA, 2003)

De acordo com a revisão bibliográfica, o custo de um acidente apenas com feridos equivale à execução de 3,8 quilômetros de Guias Sonoras. Já o custo de um acidente com uma vítima fatal equivaleria à execução de 31 quilômetros de Guias Sonoras.

Tabela 2 Dados de acidentes e características geométricas da rodovia RS/122

km	PLANIMETRIA					ALTI-METRIA	Nº DE ACIDENTES						TOTAL DE OUTROS ACIDENTES	TOTAL DE ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA	TOTAL DE ACIDENTES	
	PREDOMINA		REPS	INTERSEÇÃO/ACESSO	OUTROS		PREDOM. PLANO	NOV/2000 - OUT/2001		NOV/2001 - OUT/2002		NOV/2002 - SET/2003				
	CURVAS ACIDENT.	CURVAS SUAVES						OUTROS TIPOS DE ACIDENTES	ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA	OUTROS TIPOS DE ACIDENTES	ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA	OUTROS TIPOS DE ACIDENTES				ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA
90	X				X		09	04	08	03	09	03	26	10	36	
91		X			X		10	08	07	04	05	04	22	16	38	
92			X	X		X	15	07	13	04	14	08	42	19	61	
93			X		1*	X	05	00	02	00	05	02	12	02	14	
94		X			X		02	02	01	00	03	02	06	04	10	
95			X	X	X		12	09	10	05	04	03	26	17	43	
96			X	X	X		06	03	13	04	10	02	29	19	38	
97			X			X	12	04	03	02	02	00	17	06	23	
98			X		X		09	04	03	00	03	00	15	04	19	
99		X		X		X	01	00	02	01	01	00	04	01	05	
100			X		X		01	01	03	00	02	00	06	01	07	
101			X		2*	X	03	03	02	00	07	01	12	04	16	
102	X			X	X		08	07	01	06	04	06	13	19	32	
103	X				X		08	08	10	04	08	07	26	19	45	
104	X				X		14	04	06	04	09	03	29	11	40	
105	X				X		08	08	09	02	06	04	23	14	37	
106	X				X		11	01	03	02	08	00	22	03	25	
107	X				X		04	07	03	00	02	00	09	07	16	
108	X				X		10	03	01	05	03	02	14	10	24	
109		X			3*	X	08	02	07	00	06	03	21	05	26	
110			X		X		03	01	01	03	03	05	07	09	16	
111	X				X		03	00	04	03	06	02	13	05	18	
112		X			X		01	03	06	04	02	02	09	09	18	
113		X			X		07	05	07	04	03	05	17	14	31	
114		X			4*	X	08	04	06	03	08	07	22	14	36	
115		X			X		08	04	08	03	09	00	25	07	32	
116		X				X	06	07	05	10	02	13	13	30	43	
117		X				X	14	00	16	01	19	01	49	02	51	
118			X			X	01	02	01	01	01	01	03	04	07	
119			X		X		03	01	02	00	01	00	06	01	07	
120			X			X	02	00	01	01	00	00	03	01	04	
121			X			X	00	00	01	00	01	02	02	02	04	
122		X			X		00	06	01	02	03	00	04	08	12	
123		X			X		07	00	03	01	00	00	10	01	11	
124	X				X		00	02	01	01	01	00	02	03	05	
125		X			X		02	00	05	00	02	01	09	01	10	
126			X		X		01	03	00	02	01	03	02	08	10	
127			X		X		05	00	06	00	04	00	15	00	15	
TOTAL GERAL							227	123	181	85	177	92	585	300	885	

1*: PERÍMETRO URBANO
 2*: PRAÇA DE PEDÁGIO
 3*: PONTE SOBRE O RIO DAS ANTAS
 4*: BELVEDERE

sa a saída de pista, representando 34% do total de acidentes. De acordo com a prática reportada internacionalmente, a média de acidentes por saída de pista nas rodovias resulta em torno dos 30% (TFHRC, 2002; NCHRP, 2000).

Na seqüência, buscou-se identificar padrões específicos de geometria onde os acidentes do tipo saída de pista fossem mais freqüentes. Uma vez identificados os padrões, seria possível orientar os investimentos na instalação de Guias Sonoras nestes locais, para atuar preventivamente na melhoria da segurança viária.

Em um primeiro momento, os 38 quilômetros do trecho estudado foram agrupados segundo 3 critérios: planimetria (curva ou reta), altimetria (active/declive ou plano) e presença de interseções ou outros pontos notáveis (com ou sem interseção). Para cada um desses padrões geométricos foi totalizado o número de acidentes por saída de pista e o número de outros acidentes. Em um segundo momento, foi feita uma análise restrita aos 23 quilômetros em curva do trecho estudado. Esses 23 quilômetros em curva foram agrupados segundo os mesmos critérios avaliados anteriormente. Por fim, foi realizada uma análise restrita aos 15 quilômetros de reta do trecho estudado. Esses 15 quilômetros em reta foram agrupados segundo 2 critérios: altimetria da reta (active/declive ou plano) e presença de interseções ou pontos notáveis na reta (com ou sem interseções).

Nas três análises realizadas, o percentual de acidentes do tipo saída de pista em relação ao total

EXPERIÊNCIA NACIONAL

A experiência brasileira no uso de Guias Sonoras ainda é bastante limitada. Algumas empresas brasileiras possuem a tecnologia e o conhecimento suficientes para fornecer o serviço, mas têm encontrado dificuldades comerciais. Provavelmente por desconhecerem as potencialidades do dispositivo, os órgãos públicos e operadoras privadas não demonstram interesse em implantar Guias Sonoras em suas rodovias.

Entre as experiências nacionais, destacam-se o uso de um tipo de tinta para sinalização que forma saliência sobre o pavimento (Guias Sonoras com Ranhuras Salientes) e a execução de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local sobre pavimento de concreto asfáltico. Ambos os produtos estão descritos a seguir.

A tinta para sinalização que forma saliência sobre o pavimento (Guias Sonoras com Ranhuras Salientes) é chamada "Megaline", que é um plástico executado a frio à base de metilmetacrilato. Essa tinta é utilizada em sinalização horizontal, possuindo, segundo os fabricantes, uma vida útil de aproximadamente 10 anos, com aderência em pavimentos de asfalto e de concreto. Segundo Degussa (2002) o Megaline do tipo *Profile*, é capaz de produzir Guia Sonora com Ranhuras Salientes. A Figura 7 mostra a Rodovia Nova Via Dutra, onde há quatro anos foi executada uma demonstração piloto de 500 metros, na linha divisória de faixa (tipo Guia Sonora de Eixo) com Megaline.

Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local também



Figura 7 Detalhe do Megaline Profile aplicado na Nova Via Dutra - SP

foram executadas como demonstrações piloto em São Paulo. Como exemplo, o caso da rodovia SP/310, trecho Washington Luis – Santa Gerturdes, onde foram executados 500 metros de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local. Esse trecho foi selecionado para auxiliar no controle de saída de pista decorrente de neblina intensa, muito frequentes no local. Uma imagem das Guias Sonoras executadas nessa rodovia é apresentada na Figura 8.

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido teve duas finalidades básicas: (i) verificar a existência de locais com maior propensão à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista, principal tipo de acidente evitável pelo uso das Guias Sonoras e (ii) avaliar a viabilidade da implantação do dispositivo nas rodovias do Rio Grande do Sul.

A rodovia selecionada para o estudo foi a RS/122. O trecho avaliado, de 38 quilômetros de extensão, situa-se entre Flores da Cunha e Antonio Prado. Para avaliar a viabilidade da implantação do dispositivo, foram comparados os custos estimados para os acidentes e os



Figura 8 Guias Sonoras na Rodovia SP/310

custos de implantação de Guias Sonoras nesse trecho rodoviário.

AVALIAÇÃO DA GEOMETRIA x ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA

Os dados apresentados na Tabela 2 estão organizados em acidentes do tipo saída de pista e todos os outros tipos de acidentes ocorridos. A tabela também contém uma síntese da planimetria e altimetria predominante em cada quilômetro do trecho estudado. A planimetria foi subdividida entre curvas acentuadas, curvas suaves e retas. Foram apontadas, também, as interseções ou outros pontos notáveis. A altimetria, por sua vez, foi identificada segundo a predominância de aclives, declives e trechos no plano. Dessa forma, cada segmento (1 quilômetro de rodovia) foi classificado em uma ou mais das seguintes categorias: predominantemente reta; predominantemente curva; com ou sem interseção; predominantemente aclive/declive; predominantemente plano.

Identificou-se que, nos 38 quilômetros da rodovia estudada, ocorreu um total de 885 acidentes, em três anos de monitoramento. Deste total, 300 tiveram como cau-

MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Os métodos construtivos utilizados na execução de Guias Sonoras são: *Milled* (Ranhuras Conformadas no Local); *Rolled* (Ranhuras Cilíndricas); *Formed* (Ranhuras Moldadas) e *Raised* (Ranhuras Salientes) (FHWA, 2002).

As Ranhuras Conformadas no Local (Figura 4), compõem o método construtivo mais utilizado de Guias Sonoras em vários estados norte americanos por ser o de mais fácil implementação. Esse tipo de ranhura pode ser executado em pavimentos novos ou existentes, de concreto asfáltico ou de cimento. Elas têm pouco ou nenhum efeito na integridade da estrutura do pavimento, e produzem mais barulho e vibração que os métodos *Rolled* e *Formed*. A execução das Ranhuras Conformadas no Local é feita a partir de uma máquina com cabeças cortantes rotatórias que geram uma rugosidade uniforme ao longo do acostamento da rodovia.

As Ranhuras Cilíndricas (Figura 5) são menos utilizadas que as Ranhuras Conformadas no Local, pois a sua implementação exige condições construtivas específicas. Por serem impressas no revestimento asfáltico ainda quente, não podem

ser utilizadas em rodovias já pavimentadas.

As Ranhuras Cilíndricas são moldadas com canos de aço soldados em tambores que fazem as marcas no asfalto ainda quente. A temperatura do asfalto é importante, pois, estando muito quente, as depressões resultam muito profundas e o material se despedaça depois de frio. Caso o asfalto esteja muito frio, as depressões não ficam suficientemente profundas e não produzem um ruído alto e vibrações fortes, reduzindo sua eficácia no alerta aos motoristas.

As Ranhuras Moldadas são similares às Guias Sonoras com Ranhuras Cilíndricas. A diferença entre elas está no tipo de pavimento onde são construídas. O método de ranhuras moldadas é aplicado sobre o pavimento de concreto de cimento. São, também, mais profundas e mais largas que as Guias Sonoras Cilíndricas, produzindo maior ruído e vibração, e são aplicadas com o concreto de cimento ainda fresco.

As Ranhuras Salientes são elevações sobre o pavimento que podem ser executadas por uma grande variedade de produtos, tais como: tachões; calotas; tintas termo-

plásticas (que formam rugosidades); tiras aderentes no pavimento novo ou existente, entre outros. As dimensões das Guias Sonoras com Ranhuras Salientes dependem do material utilizado. Frequentemente as ranhuras deste tipo de Guia Sonora são refletivas, para definir as linhas de tráfego à noite e sob condições do tempo adversas. A Figura 6 mostra um tipo de ranhuras executadas com material plástico ao longo do acostamento.

EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

A bibliografia revelou que as principais experiências no uso do dispositivo "Guias Sonoras" encontram-se nos Estados Unidos. Adicionalmente, países como Espanha, Canadá, Portugal e Austrália também possuem experiências no uso de Guias Sonoras.

Segundo o FHWA (2002), a maioria dos 50 departamentos de transportes americanos pesquisados identificaram uma relação benefício/custo da ordem de 50:1 na adoção de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local. O Estado de Nevada obteve um resultado que varia entre 30:1 e 60:1 com a aplicação do dispositivo.



Figura 4 Guias Sonoras conformadas no local (Fonte: www.hf.faa.gov/.../n14a_Redundancy2.htm)



Figura 5 Guias Sonoras com ranhuras cilíndricas (Fonte: www.eng.ucalgary.ca/CSCE-Students/transportation_safety.htm)



Figura 6 Guias Sonoras com saliências (Fonte: www.davidsonplastics.net/whatsnew_arch2.htm)

Tabela 1 Exemplos de especificações de projeto em diferentes estados dos EUA

ESTADO	ESPAÇAM.	PROFUN- DIDADE	LARGURA	LARGURA ACOST.	DIST. DO BORDO EXTERNO
ARIZONA	200 mm	22 mm	0,6 m	3,0 m	0,3 m
CALIFÓRNIA	200 mm	20 mm	1,0 m	3,0 m	0,3 m
NEVADA	230 mm	22 mm	1,0 m	3,0 m	0,3 m

prioridades, localizar zonas perigosas, ajudar na sinalização de trânsito ao longo dos acostamentos e ao longo do eixo da pista.

TIPOS DE GUIAS SONORAS MAIS UTILIZADOS

O Departamento de Transportes do Estado de Washington (WSDOT, 2002) atualmente usa os seguintes tipos de Guias Sonoras: *Roadway Rumble Strips* (Guia Sonora de Pista); *Shoulder Rumble Strips* (Guia Sonora de Acostamento); *Centerline Rumble Strips* (Guia Sonora de Eixo).

As Guias Sonoras de Pista (GSP) apresentadas na figura 1, são executadas transversalmente sobre o pavimento da rodovia, ocupando toda a largura da pista. As GSP são usadas para alertar os motoristas que estão se aproximando de um cruzamento ou em uma condição de perigo que requer uma redução substancial de velocidade ou de atenção especial.

A Guia Sonora de Acostamento (GSA) (figura 2) consiste de ranhuras ou saliências instaladas ao longo do acostamento pavimentado, próximo ao bordo da rodovia ou em cima dele. Seu uso deve ser

adotado em lugares onde a rodovia apresenta monotonia, como por exemplo em trechos prolongados de retas. Segundo WSDOT (2002), esse tipo de Guia Sonora é o mais usado atualmente. A GSA é o objeto principal deste trabalho.

As GSA não são indicadas para evitar os acidentes por saída de pista causados por excesso de velocidade, por giros repentinos resultantes da tentativa de evitar colisões sobre a pista, ou por saídas de pista com ângulos muito grandes. Nesses casos, alertar o motorista sobre sua saída de pista não é eficaz, visto não ser possível retomar o controle do veículo com segurança. As GSA são eficazes quando colocadas o mais próximo possível da linha de bordo, pois esse local proporciona aos motoristas a chance de retomar o rumo com um ângulo pequeno, em um espaço curto de tempo e com segurança.

As GSA podem ser implementadas em rodovias recentemente construídas, restauradas ou em acosta-

mentos existentes (concreto asfáltico ou cimento). As normas e especificações internacionais existentes para projetos de Guias Sonoras indicam detalhes construtivos tais como: espaçamento, profundidade, largura e distâncias entre as rugosidades, como se pode ver na Tabela 1.

As Guias Sonoras de Eixo (GSE) são utilizadas em rodovias onde não existe outro dispositivo de divisão de pistas, como, por exemplo, barreiras de contenção (Figura 3). A GSE alerta os motoristas que estão saindo da sua faixa de tráfego e invadindo a faixa de sentido oposto. Este tipo de Guia Sonora ainda está em fase de testes, não sendo utilizado em larga escala, segundo WSDOT (2002). O uso de GSE é indicado em rodovias com alto volume de tráfego, evitando potenciais colisões frontais entre veículos, e para pistas com faixas de rolamento muito estreitas, onde qualquer desatenção pode gerar a invasão da pista de sentido contrário.



Figura 1 Guias Sonoras de Pista
(Fonte: www.dublin.oh.us/city/deptdev/engineer/rumblestrips.html)



Figura 2 Guias Sonoras no acostamento em rodovia em Nova Iorque
(Fonte: www.tfhr.gov/focus/sept99/rumble.htm)



Figura 3 Guia Sonora de eixo
(Fonte: www.tfhr.gov/pubds/02mar/03.htm)

não foi possível realizar testes estatísticos que comprovem a tendência observada.

O estudo de caso ainda indicou que o investimento necessário para a implantação do dispositivo nos acostamentos do trecho analisado

é menor do que os custos estimados como decorrentes de acidentes do tipo saída de pista. Sendo assim, entende-se que o uso das Guias Sonoras deveria ser mais difundido como um dispositivo de redução de acidentes do tipo saída de pista.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Univas, pela cedência dos dados de acidentes, e ao DAER, pelo fornecimento dos dados de projeto referentes ao trecho avaliado.

REFERÊNCIAS

- AASHTO** (1997) *Highway safety design and operations guide*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C.
- BUNZL EXTRUSION** (2003) *Safety Evaluation of Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways. Raised Rumble Strips Model 3708*. <http://www.davidsonplastics.net/whatsnew_arch2.htm>. Acesso em: 23/09/2003.
- DAVIS, D.** (2003) *Small investment, dramatic dividends – saving lives in “blood Alley”*. Public Roads. <<http://www.tfhr.gov/pubrds/02mar/03.htm>>. Acesso em: 20/05/2003.
- DEGUSSA** (2002) *Referência de Norma Técnica de Aplicação de metil-metacrilato*. Washington: Standard Specifications, p. 9-195.
- DUBLIN** (2003) *Dublin's Neighborhood Traffic-Calming Program*. <<http://www.dublin.oh.us/city/deptdev/engineer/rumblestrips.html>>. Acesso em: 23/09/2003.
- FAA** (2005) *Human Factors*. Federal Aviation Administration. <http://www.hf.faa.gov/.../n14a_Redundancy2.htm>. Acesso em: março de 2005.
- FHWA** (2001) *Technical Advisory of Roadway Shoulder Rumble Strips*. Federal Highway Administration. <<http://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/techadvst504035.htm>> Acesso em: abril de 2003.
- FHWA** (2002) *Safety FHWA*. Federal Highway Administration. <<http://www.safety.fhwa.dot.gov>> Acesso em: julho de 2002.
- IPEA** (2003) *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Síntese da Pesquisa, Brasília, 21p.
- NCHRP** (2000) *Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways*. NCHRP Report 44, National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board, National Research Council.
- TFHRC** (2002) *Boosting Roadway Safety with Rumble Strips*. <<http://www.tfhr.gov/focus/sept99/rumble.htm>>. Acesso em: maio de 2003.
- TFHRC** (1999) <<http://www.tfhr.gov/focus/sept99/rumble.htm>>. Acesso em: 22/05/2003
- UNIVERSITY OF CALGARY** (2003) *Transportation Safety*. <http://www.eng.ucalgary.ca/CSCE-Students/transportation_safety.htm>. Acesso em: 23/09/2003.
- WSDOT** (2002) *What are Rumble Strip*. Washington State Department of Transportation. <<http://www.wsdot.wa.gov/EESC/Design/RumbleStripWeb>> Acesso em: julho de 2002.
-