

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE COMO REDUTORES DE ACIDENTES DE TRÂNSITO



ELISANGELA PEREIRA LOPES

Economista
Universidade de Brasília
Brasília/Brasil



PAULO CÉSAR MARQUES DA SILVA

DSc
Universidade de Brasília
Brasília/Brasil

RESUMO

Sabe-se que uma das causas principais dos acidentes de trânsito, especialmente os mais graves, é o excesso de velocidade praticado pelos condutores de veículos automotores. Com a finalidade de minimizar a gravidade dos acidentes que ocorrem nas redes viárias, faz-se necessário o controle de velocidade.

A fiscalização eletrônica de velocidade é um meio de controlar o cumprimento das normas sobre velocidade de veículos estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Na prática, ela abrange um conjunto de atividades: medição da velocidade dos veículos em circulação, detecção de veículos trafegando com velocidade acima dos limites estabelecidos pelas autoridades de trânsito, bem como a identificação desses veículos para aplicação de medidas punitivas.

Diversos são os tipos de equipamentos para a fiscalização eletrônica de velocidade, com objetivos diferentes e com características técnicas e operacionais distintas. A escolha do melhor equipamento e a melhor maneira de utilizá-lo dependem das necessidades de controle e das características dos locais a serem controlados. Essa pesquisa tem como objetivo analisar, entre outros aspectos, a eficiência dos Controladores Eletrônicos de Velocidade (CVEs), baseada em estudos e/ou experiências nacionais e internacionais, que registraram mudanças expressivas na ocorrência de acidentes, após a implantação desses equipamentos.

Este trabalho está estruturado como segue: na seção 2 são apresentados os principais fatores que contribuem para os acidentes de trânsito, o efeito da velocidade sobre a gravidade dos acidentes e algumas medidas para o tratamento de trechos críticos. Na seção seguinte discorre-se acerca das características e tipologia dos equipamentos disponíveis para o controle da velocidade. A quarta seção apresenta algumas variáveis significativas na questão da engenharia e segurança viária, com a finalidade de definir e hierarquizar trechos para instalação de CEVs. Na quinta e sexta seções, mencionam-se algumas experiências em âmbito nacional e internacional pós-implantação dos CEVs e considerações finais a respeito dos resultados, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Controladores Eletrônicos de Velocidade (CEVs), acidentes e trânsito.

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

ABSTRACT

Speeding is known as one of the main causes of traffic accidents, especially the most serious ones. In order to minimize the severity of accidents occur in road networks, the control of speed limits is necessary.

The electronic speed control is a way to enforce vehicles speed rules, established by the Brazilian Traffic Code (BTC). In practice, it comprehends some activities such as: measuring the speed of circulating vehicles, detecting vehicles exceeding the speed limit as established by the traffic authorities, and identifying these vehicles for punitive purposes.

There are several types of equipments for electronic speed inspection, with different goals, and with distinct technical and operational characteristics. Choosing the best equipment, and the best way of using, it depend on the control needs and the characteristics of the locations to be controlled. This research aims at analyzing, among other aspects, the efficiency of Speed Cameras, based on studies and/or on national and international experiences, that reported expressive changes in the accidents occurrence after the implantation of these equipments.

The work is structured as follows: In the second section the main factors that contribute for the traffic accidents, the speed effect on the accidents gravity and some measures for the treatment of critical road sections are presented. It is followed by an overview of the characteristics and typology of the available equipment for the speed control. In the fourth section, some significant variables of road safety engineering are introduced in order to select and hierarchically define segments where speed cameras can be installed. On the fifth and sixth sections, some important national and international experiences about that theme are summarily reported, and final considerations concerning about the results are made, respectively.

KEY WORDS: *Speed Cameras, Accidents and Traffic.*

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO

Brandão (2006) salienta que vários são os fatores que contribuem para os acidentes de trânsito, destacando-se quatro grupos básicos: (i) *fator humano* – educação e preparo do cidadão para o trânsito, suas condições físicas e psicológicas e sua capacidade de julgamento; (ii) *fator veículo* – condições de manutenção, conservação e desempenho do veículo e equipamentos integrantes (de segurança, potência, aerodinâmica, estabilidade etc); (iii) *fator via* – características físicas da via, incluindo aspectos da geometria, sinalização, regulamentação e uso da via, bem como da pavimentação e condição de tráfego em operação; e (iv) *fator ambiente* – condicionantes do tempo, visibilidade e aspectos como o uso da ocupação do solo e interferência.

Velocidade

A *velocidade veicular excessiva*, unida aos fatores veículo, via, ambiente e comportamento humano, torna-se um fator de risco que influencia nos acidentes de trânsito. Por outro lado, a peculiaridade de um desses fatores poderá desempenhar uma forte influência na escolha da velocidade (Brandão, 2006). Tem-se como exemplo, o caso do desenho do sistema viário que possui uma configuração usada com maior frequência, o sistema ortogonal quadricular, o qual é formado por vias retas, com extensas tangentes intercaladas por curvas suaves (curvas com grandes raios). Essa geometria normalmente induz o motorista a desenvolver velocidades elevadas, o que pode comprometer a segurança do tráfego.

O excesso de velocidade, por si, na maioria das vezes também é responsável pelo aumento da frequência de acidentes. Ele reduz o tempo disponível para decidir a manobra correta a uma dada distância e aumenta o tempo ou a distância necessária para executar a manobra evasiva (parar ou simplesmente reduzir a velocidade do veículo, desviar de obstáculos ou de conflitos com pedestre, ciclistas etc).

Conforme a velocidade empreendida, a probabilidade de perda de controle do veículo aumenta. Seja em uma situação como descrita acima, isto é, que exija uma manobra evasiva de emergência; ou diante de um evento inesperado que produza um curso de colisão ou que retire o veículo do seu curso normal da via. É sabido que situações complexas ou inesperadas podem ser bem mais difíceis de discernir e exigem tempo de reação maior que as situações mais simples (como parar diante de um semáforo).

No mesmo sentido, Vieira (1999) afirma que o maior problema relacionado à velocidade, envolvendo a segurança viária, não está no tempo que os freios gastam para imobilizar um veículo, e sim no tempo mínimo que um condutor necessita para perceber um risco e reagir a esse. Ainda, conforme Gold (2003), o ser humano, mesmo com treinamento, tem habilidades limitadas em lidar com situações e informações enquanto em movimento, e dificuldade em realizar tarefas, como conduzir veículos, que exige o uso e a coordenação da mente e do corpo.

Logo, quando o condutor capta um obstáculo, a reação não é instantânea. Segundo Andrade (2001), desde o momento em que um objeto é percebido e até o instante em que é reconhecido pelo cérebro, decorre um espaço de tempo de $\frac{3}{4}$ a um segundo, para que o condutor gire o volante, acione os freios, ou tome qualquer outra medida, que lhe pareça adequada para o momento.

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

Assim dito, depreende-se que a redução da velocidade poderá estar associada à probabilidade de evitar acidentes ou de frear o veículo. E que, nesses casos, é de suma importância ponderar a possibilidade de perda de controle do veículo, baseando-se no contexto específico do local em análise. A **Tabela 1**, a seguir, mostra alguns valores típicos envolvidos em situações simples e inesperadas, em terreno nivelado, tomando como exemplo a relação entre a visibilidade disponível e a frenagem veicular ou desvio lateral.

Tabela 1: Velocidade e Distância Necessárias para Evitar Acidentes

Velocidade (km/h)	Distância percorrida durante a reação (m)				Distância adicional ao efetuar a manobra (m)			
	t=1,0 seg-	t=2,5 seg	t=9 seg	t=15 seg	p/ parar b=5 m	p/ parar b=10 m	p/ desviar d=1 m	p/ desviar d=3 m
20	5,56	13,89	50,00	83,33	11,11	5,56	10,44	18,08
30	8,33	20,83	75,00	125,00	25,00	12,50	16,18	28,03
40	11,11	27,78	100,00	166,67	44,44	22,22	22,36	38,72
50	13,89	34,72	125,00	208,33	69,44	34,72	29,03	50,29
60	16,67	41,67	150,00	250,00	100,00	50,00	36,31	62,89
70	19,44	48,61	175,00	291,67	136,11	68,06	44,31	76,76
80	22,22	55,56	200,00	333,33	177,78	68,89	53,22	92,18
90	25,00	62,50	225,00	375,00	225,00	112,50	63,25	109,56
100	27,78	69,44	250,00	416,67	277,78	138,09	74,76	129,50
110	30,56	76,39	275,00	458,33	336,1	168,06	88,25	152,86
120	33,33	83,33	300,00	500,00	400,00	200,00	104,52	181,03

Fonte: Brandão (2006).

As distâncias calculadas acima foram estimadas com velocidade constante. O tempo adicional de manobra foi estimado para frenagem e desvio. A frenagem (b) considerada foi de 5 km/h/seg ou 10 km/h/seg e o desvio (d) de 1 metro e 3 metros. Já o tempo de reação (t) é função da complexidade da situação e depende do fato de ser um evento esperado ou inesperado no local ou trecho considerado.

Em uma situação simples e inesperada, em que a distância de visibilidade é limitada por obstruções físicas a 100 metros, a *manobra de parada severa* (b=10 km/h/seg) a partir de 80 km/h consumiria 89 metros. Os 11 metros restantes deixariam menos de 1 segundo como tempo de reação, quando o valor recomendado é de 2,5 segundos. Com a velocidade limitada a 60 km/h, a manobra consumiria 50 metros, enquanto os 50 metros restantes corresponderiam a um tempo de reação maior que os 2,5 segundos necessários.

Conforme Brandão (2006), outros aspectos poderão ser analisados, a partir da tabela anterior, como: (i) as *manobra de desvios*, em que o tempo de reação requerido normalmente é maior; (ii) a *frenagem parcial*, na qual a distância para reduzir a velocidade entre dois valores equivale à diferença entre as distâncias de parada correspondente, adotando-se em geral uma desaceleração menor, dado que a situação é normalmente percebida como menos severa; e (iii) a *frenagem de emergência*, que poderia reduzir a velocidade de impacto se não superasse o limite de aderência do pavimento (pista seca), e ao mesmo tempo poderia acarretar perda de controle de veículo e trazer outros desdobramentos de risco.

Pelo exposto, fica clara a correlação positiva entre velocidade e maior risco de acidentes de trânsito. Cabe agora apresentar alguns estudos empíricos que comprovam amplamente tal assertiva. Boa

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

parte dos estudos tem mostrado que, em caso de acidentes, a velocidade de impacto é responsável pelo nível de danos e gravidade de ferimentos.

Por exemplo, a relação entre a velocidade de impacto e a gravidade de lesões foi analisada pelo *UK Department of Transport* (apud Brandão, 2006). Esse estudo demonstrou que quando um pedestre é atingido por um veículo, ele corre risco de morte, de acordo com a estatística apresentada na **Tabela 2**. Para uma velocidade de 40 mph (64 km/h) o risco é de 85%, para 30 mph (48 km/h) o risco é de 45% e para 20 mph (32 km/h) o risco é de 15%.

Tabela 2: Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões

Velocidade de Impacto (km/h)	Vítimas Fatais (%)	Feridos (%)	Ilesos (%)
32	5	65	30
48	45	50	5
64	85	15	-

Fonte: Brandão (2006).

Nos Estados Unidos, estudos realizados pelo *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), avaliaram a possibilidade de acidentes por severidade do ferimento do pedestre, em função da velocidade regulamentada e praticada na via. O resultado não deixou dúvida quanto maior a velocidade adotada pelos motoristas, maior é a severidade dos acidentes. As **Tabelas 3 e 4**, apud Brandão (2006) apresentam os dados da pesquisa.

Tabela 3: Possibilidade de Acidentes por Severidade do Ferimento do Pedestre em Função da Velocidade Regulamentada para a Via

Severidade dos Ferimentos do Pedestre	Velocidade Regulamentada (km/h)						Total
	<=32	40	48	56	64-72	80+	
Fatal	1,2%	1,8%	5,4%	4,1%	8,6%	22,2%	5,7%
Incapacidade	14,6%	18,2%	23,4%	23,4%	30,8%	26,0%	22,8%
Não Incapacitante	39,9%	34,5%	32,4%	33,7%	26,5%	19,9%	31,7%
Leve ou Nenhum	44,3%	45,5%	38,7%	38,8%	34,1%	31,9%	39,7%
Total de Ocorrência	11.564	84.948	45.672	40.521	24.013	45.672	279.528

Fonte: Brandão (2006).

Tabela 4: Possibilidade de Acidentes por Severidade do Ferimento do Pedestre em Função da Velocidade Praticada para a Via

Severidade dos Ferimentos do Pedestre	Velocidade Praticada (km/h)						Total
	1-32	33-40	41-48	49-56	57-72	73+	
Fatal	1,1%	3,7%	6,1%	12,5%	22,4%	36,1%	6,5%
Incapacidade	19,4%	32,0%	35,9%	39,3%	40,2%	33,7%	27,0%
Não Incapacitante	43,8%	41,2%	36,8%	31,6%	24,7%	20,5%	38,8%
Leve ou Nenhum	35,6%	23,0%	21,2%	16,6%	12,7%	9,7%	27,7%
Total de Ocorrência	13.368	1.925	2.873	2.188	2.493	906	23.753

Fonte: Brandão (2006).

Constata-se das tabelas acima que o efeito velocidade sobre a gravidade dos acidentes é bastante claro e consistente. Nota-se que a relação com a velocidade praticada é maior, dado que o limite de velocidade pode ser controlado com maior ou menor rigor. Nesse caso, a possibilidade de ferimentos aumentou de 60,3% para 72,3%.

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

Excesso de Velocidade: medidas corretivas

O Manual de Procedimentos para Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito do Ministério dos Transportes (2002), elaborado de modo a constituir um guia para o tratamento de locais críticos, versa, entre outros tópicos, sobre investigação dos fatores que contribuem para a ocorrência dos acidentes de trânsito e considera as soluções da Engenharia de Tráfego para o problema.

Dentre as medidas corretivas para as diversas causas de acidentes de trânsito, no caso do excesso de velocidade, o manual sugere a implantação de dispositivos de controle de velocidade, tais como lombadas eletrônicas, ondulações transversais e sonorizadores, devidamente sinalizados nos locais e trechos de grandes declividades e de altas velocidades.

Propõe, ainda, outras soluções, como a adequação do *layout* da interseção ou trecho dentro dos padrões técnicos da geometria horizontal, por redimensionamento de curvas horizontais; alteração de traçado nas aproximações de interseção, forçando a redução da velocidade; e implantação de passeios reduzindo o excesso de área de circulação. Por último, a inserção ou reforço da sinalização vertical de regulamentação da velocidade máxima permitida e minimização das situações de perigo por intermédio da implantação de defensas, além de remanejamento de locais perigosos.

Dessa forma, o artigo ora em apreço pretende focar a primeira medida sugerida, a saber, a implantação de dispositivos de controle de velocidade. Para tanto, o item seguinte propõe uma abordagem, dentre outros aspectos, das principais características e tipologias dos equipamentos utilizados atualmente.

TIPOS DE CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE (CEVS)

Os Controladores Eletrônicos de Velocidade (CEVs) são equipamentos projetados para detectar e comprovar a infração cometida por condutor de veículo automotor que ultrapasse o limite de velocidade estabelecido para o local, com tolerância de 7 km/h (Portaria Inmetro nº 115 de 1998).

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), órgão normativo e consultivo máximo, responsável pela regulamentação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e pela atualização permanente das leis de trânsito, dispõe sobre os requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semi-reboques.

Determina, também, que a medição de velocidade deverá ser efetuada por meio de instrumento ou equipamento que registre ou indique a velocidade medida, com ou sem dispositivo registrador de imagem, dos tipos: (i) *fixo*, instalado em local definido e em caráter permanente; (ii) *estático*, instalado em veículo parado ou em suporte apropriado; (iii) *móvel*, instalado em veículo em movimento, procedendo à medição ao longo da via; e (iv) *portátil*, direcionado manualmente para o veículo. Os quatro tipos podem ser agrupados em dois distintos conjuntos de controladores: (i) ostensivo e (ii) discreto.

O *controlador ostensivo* é um dispositivo de medição de velocidade fixo. Informa ao condutor qual a velocidade do veículo ao passar pelo equipamento. Desenvolvido para controlar a velocidade em determinado trecho viário, de forma análoga à ondulação transversal, porém com a vantagem de

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

causar distúrbios de menor intensidade na corrente de tráfego. Propõe uma redução pontual na velocidade para patamar abaixo da regulamentada. Devido à sua fácil visualização, o CEV ostensivo alerta o condutor para a ocorrência da proximidade de um evento, tal como travessia de pedestres e movimentos de entrada e saída de grandes pólos geradores (Bertazzo *et al.*, 2002).

Já o *controlador discreto* é um dispositivo de medição de velocidade fixo, estático, móvel ou portátil. Objetiva a fiscalização do cumprimento da velocidade regulamentar do trecho e visa à diminuição do risco de acidentes, principalmente aqueles relacionados ao excesso de velocidade. Bertazzo *et al.* (2002) salientam que a instalação de CEV discreto é mais adequada em trechos homogêneos de vias onde se pretende, mesmo que de forma coercitiva, manter o respeito à velocidade de segurança, sendo que o condutor que estiver trafegando a uma velocidade permitida, não necessita reduzi-la. Tais trechos devem ser sinalizados adequadamente, conforme Deliberação nº 038/2003 do CONTRAN, de forma a manter os motoristas bem informados sobre a velocidade a ser respeitada em todo o trecho, e não somente no local do equipamento.

A **Tabela 5** apresenta as características dos equipamentos disponíveis no mercado, e utilizados pelos órgãos e entidades que compõem o Sistema Nacional de Trânsito (SNT), Seção II, Artigo 7º, do CTB. Importa ressaltar que, no Brasil, os CEVs em uso atual são os radares (estático ou móvel) e as barreiras eletrônicas (lombada ou bandeira).

Tabela 5: Características Básicas dos Equipamentos de Controle Eletrônico de Velocidade

Características	Lombada Eletrônica	Bandeira	“Pardal”	Radar Estático	Radar Móvel	Radar Portátil
Visibilidade	Ostensiva	Ostensiva	Discreta	Discreta	Discreta	Discreta
Tipo de instalação	Fixo	Fixo	Fixo	Estático	Móvel	Portátil
Funcionamento	Automático	Automático	Automático	Manual	Manual	Manual
Detecção de veículos	Sensores no solo	Sensores no solo	Sensores no solo	Reflexão de ondas	Reflexão de ondas	Reflexão de ondas
Registro da infração	Com imagem	Sem imagem	Com imagem	Com e sem imagem	Com e sem imagem	Com e sem imagem

As *Barreiras Eletrônicas* são utilizadas para limitar a velocidade máxima de veículos em pontos críticos de vias ou rodovias, de forma permanente, sem necessidade da presença da Autoridade de Trânsito. Verifica-se na **Tabela 5** que essas possuem como característica a visibilidade ostensiva, com sinalização própria acionada pelo veículo no fluxo; o funcionamento automático; e a capacidade de monitoramento geral, com o registro (lombada) ou não (bandeira) de imagens. Já os “*Pardais*” (termo não técnico utilizado para denominar fiscalizador eletrônico), possuem a mesma finalidade e características das barreiras eletrônicas, porém são discretos quanto à sua visibilidade e a forma de registro de infração é sempre por imagens.

Os *Radares Estáticos* são utilizados em sistema de rodízio nos pontos críticos das cidades, e utilizam o sistema de raios *laser* para leitura da velocidade instantânea do veículo e também registram a imagem daqueles veículos que excedam a velocidade permitida. É recomendado que sempre sejam operados na presença do agente da Autoridade de Trânsito. São discretos, instalados em tripés, com funcionamento automático, capacidade de monitoramento geral e com ou sem registro de imagens. Os *Radares Móveis*, bem similares aos estáticos, diferem-se apenas por apresentarem visibilidade discreta e serem instalados em veículos em movimento.

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

Finalmente, apresentaram-se os *Radares Portáteis*. Esses auxiliam na fiscalização da velocidade de veículos em operações especiais em rodovias, de forma eventual, devendo sempre ser operado pela Autoridade de Trânsito ou seu agente. Permitem a abordagem imediata do infrator, independente de ter ou não registro de imagens. São discretos quanto a visibilidade, com detecção por reflexão de ondas, funcionamento manual, capacidade de monitoramento seletivo, com ou sem registro de imagens.

Referente às tecnologias de detecção, Brandão (2006) afirma que essas podem variar entre um e outro tipo de equipamento. Os detectores intrusivos (espirais em *loop* instalados sob o pavimento) são usuais nas instalações fixas, mas outros métodos também podem ser utilizados. Nas instalações estáticas, móveis e portáteis são mais comuns os equipamentos de radar que detectam e medem velocidades com base na reflexão de ondas eletromagnéticas e no chamado efeito Doppler.

Na próxima seção, serão abordadas algumas variáveis significativas na questão da engenharia e segurança viária, para definir e hierarquizar trechos para instalação do controle eletrônico de velocidade.

METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE CEVS

Existem diversas metodologias já testadas e aplicadas por órgãos da Administração Pública responsáveis pelo gerenciamento do trânsito. Elas são baseadas em normas técnicas e desenvolvidas especificamente para a finalidade de instalação de equipamentos controladores de velocidade. De modo a comprovar tal assertiva, apresenta-se a seguir a metodologia utilizada pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), órgão gestor do trânsito e transporte da cidade de Porto Alegre/RS.

A metodologia é baseada nas orientações da Deliberação nº 038/2003 do CONTRAN, atualizada pela Resolução nº 146/2003, que exige um relatório descritivo, por locais onde são implantados CEVs, desde que haja uma redução na velocidade regulamentar neste local, em relação ao restante da via. Ela estabelece um índice (H) que, comparado ao índice mínimo (H_{\min}), justifica ou não a instalação do dispositivo. Além disso, possibilita hierarquizar os trechos analisados, conforme índices obtidos. Antes de 2002 a metodologia empregada pela EPTC tomava por base, de forma objetiva, apenas a Unidade Padrão de Severidade (UPS) dos acidentes, em trechos viários críticos, analisando os demais critérios de forma subjetiva e qualitativa. As etapas para a avaliação e hierarquização de trechos críticos, por meio da determinação do índice H, são descritas resumidamente na **Tabela 6**.

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

Tabela 6: Etapas para a Avaliação e Hierarquização de Trechos Críticos

Método	Descrição
Escolha dos trechos críticos para análise	A demanda pela implantação de alguma medida para redução da velocidade pode surgir a partir de constatações estatísticas sobre acidentes de trânsito, verificações <i>in loco</i> de situações de risco potencial, constante desrespeito aos limites de velocidade, observado pela fiscalização de trânsito ou outros meios relevantes. A escolha dos trechos críticos pode ser feita por meio de geoprocessamento dos acidentes, utilizando um <i>software</i> SIG. O período mínimo indicado para observação é de um ano (sazonalidade).
Cálculo da Unidade Padrão de Severidade (UPS)	A UPS é a média ponderada das diferentes categorias de acidentes (DM – Acidente com Danos Materiais, F – Acidente com Feridos, VF – Acidente com Vítima Fatal), com atribuições de pesos para cada uma delas, conforme a gravidade desses.
Determinação do Volume Diário Médio (VDM)	Após selecionados os trechos críticos, deverão ser realizadas contagens classificadas do fluxo, visando determinar: (i) a composição do tráfego para cálculo da amostra mínima para pesquisa de velocidade, e (ii) o volume diário médio (VDM). Para especificar o período em que deverão ser realizadas as pesquisas de fluxo e velocidade de tráfego, utiliza-se a UPS por faixa horária, indicando o período crítico de acidentes.
Determinação do Fator de Risco Velocidade (FRV)	Adotando-se a premissa que quanto maior o excesso de velocidade empregado pelos veículos, maior o risco imposto aos demais usuários da via, deve ser estabelecida uma relação que pondera as faixas de velocidade que estão acima da velocidade regulamentar no trecho viário em análise, utilizando o conceito de Distância de Parada Segura (DP), empregado em projetos viários.
Determinação do índice de correção para o Fator de Localidade (FL)	Na análise técnica para a implantação do equipamento, a pontuação poderá ser incrementada conforme critérios que considerem uma análise qualitativa da localidade estudada. As características de localidade consideradas para determinação do FL são aquelas que, quando existentes, contribuem para o aumento da velocidade dos veículos no trecho em estudo (visibilidade, condições do pavimento, iluminação, geometria viária; obstáculos laterais, outras condições).

Fonte: Adaptado de Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC).

Procedida a abordagem dos aspectos operacionais para a implantação de CEVs, na seqüência serão apresentados alguns resultados baseados em experiências nacionais e internacionais, em especial, a contribuição desses equipamentos para a redução dos acidentes de trânsito relacionados com o excesso de velocidade.

RESULTADOS OBSERVADOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DE CEVS

Experiência Nacional

A fiscalização dos limites máximos de velocidade, efetuados por dispositivos eletrônicos de velocidade instalados nas vias, tem sido utilizada por um número cada vez maior de estados e municípios do Brasil. A primeira cidade a implantar a barreira eletrônica como informador de velocidade foi Curitiba/PR, de forma experimental em 1992. Atualmente, o equipamento encontra-se difundido no país, estando em operação, como dispositivo de controle de velocidade, em cidades

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

como Curitiba/PR, Campo Grande/MS, Cuiabá/MT, Brasília/DF, Natal/RN, São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Porto Alegre/RS e Rio de Janeiro/RJ.

Distrito Federal

Estudo realizado pela Universidade de Brasília (UnB), nas vias urbanas do Distrito Federal e barreiras eletrônicas implantadas pelo DETRAN/DF, avaliou os efeitos da velocidade veicular em trechos viários que antecedem e sucedem a localização das barreiras eletrônicas (Stumpf e Jacques, 1998). O resultado demonstrou que a barreira eletrônica tem alcançado seu objetivo, ou seja, propiciar a redução da velocidade veicular em um determinado ponto da via. As velocidades média mínimas, praticadas nas proximidades da barreira, variaram no intervalo de 61% a 93% da velocidade imposta pela barreira, o que correspondeu ao intervalo de 49% a 88% da velocidade limite.

Pôde-se comprovar também, que o dispositivo atua propagando esse efeito redutor para trechos de via localizados a montante e a jusante de seu eixo, interferindo nos processos de aceleração e desaceleração nas proximidades da barreira. Em cinco dos nove pontos de controle, os veículos aproximaram-se da barreira excedendo o limite de velocidade da via até 150 metros antes da presença do dispositivo. Em apenas um ponto de controle verificou-se excesso de velocidade no trecho de via posterior à barreira ao longo dos 210 metros de observação.

Paraná

Em abril de 1999 foram colocadas lombadas eletrônicas, nas quatro aproximações dos semáforos, nos quilômetros 89,9 e 92,2 da BR-116, travessia de Curitiba. No local estão situados dois dispositivos de retorno dotados de sinalização semaforizada. A velocidade limite da rodovia é de 60 km/h e, de acordo com o DNER, houve uma redução de 57% na média mensal de acidentes ao longo desse trecho de 8 km, de forma praticamente uniforme (Cannell, *apud* Yamada, 2005).

Porto Alegre

Framarim *et al* (2001) analisaram a eficiência na redução dos acidentes de cinco CEVs, implantados em vias arteriais de Porto Alegre e a possível migração dos acidentes dentro de uma zona de monitoramento com 500 metros de raio no entorno do CEV. Os resultados revelaram que os CEVs contribuíram para uma redução de no mínimo 23% nas ocorrências de acidentes (**Tabela 7**). Quando analisados de forma conjunta, o efeito dos cinco CEVs proporcionou uma redução de 30% nas ocorrências de acidentes.

Tabela 7: Desempenho dos CEVs em Porto Alegre (1997)

Local com CEV Implementado	Acidentes “Antes”	Taxa de Acidente Esperada	Acidentes “Depois”	% Redução
Bento Gonçalves, 9535	168	173,05	82	23
Nilo Peçanha, 350	660	654,50	372	29
Nilo Peçanha, 2134	234	235,94	131	48
Protásio Alves, 3300	787	778,93	400	32
Ipiranga, 8185	81	86,07	82	36
Entidade Composta	-	-	-	30

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

Rio Grande do Sul

Em 1998, o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER) implantou um Programa de Fiscalização Eletrônica. Duas experiências foram realizadas em dois trechos distintos de duas rodovias: BR-290, trecho Travessia Urbana de Butiá e BR-122, trecho Nova Milano, São Vendelino. O início da operação ocorreu em 15/4/1998 e em 03/9/1999, respectivamente.

Ambas as rodovias apresentaram bons resultados na redução de acidentes. Para melhor visualização, os dados são apresentados na **Tabela 8**, a seguir.

Tabela 8: Desempenho dos CEVs no Rio Grande do Sul (1997-1999)

Especificação	BR-290				BR-122				
	1997	1998	1999	Redução 1999/1997	1997	1998	1999	2000 (maio)	Redução 1999/1997
Acidentes	8	7	6	25%	64	53	47	9	27%
Mortos	1	5	1	-	1	7	3	1	-300%
Feridos	10	7	0	100%	33	22	18	2	45%
Veíc. envolvidos	19	14	11	42%	98	75	78	13	20%

Fonte: Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem (DAER).

Santa Catarina

Mediante processo de dispensa de licitação considerado “Contrato de Experiência”, o Departamento de Estradas e Rodagens de Santa Catarina (DER/SC), em 1994, contratou a operação de radares. Ela teve início em janeiro de 1995, com seis equipamentos distribuídos em segmentos considerados críticos pelo DER/SC.

Os dados da **Tabela 9** mostram em números absolutos os acidentes registrados durante o período de seis meses (janeiro a julho), em que os radares estiveram ativos em 1995. Apresentar ainda, uma comparação com os dados registrados em igual período e trechos rodoviários, no ano de 1994. Para os meses de agosto e setembro, em que os equipamentos permaneceram desativados em 1995, estabeleceu-se um comparativo nos mesmos moldes, como também apresentados abaixo.

Tabela 9: Desempenho dos CEVs no Rio Grande do Sul (1994-1995)

Especificação	Período de Implantação de CEVs (janeiro a julho)			Período de Desativação dos CEVs (agosto e setembro)		
	1994	1995	Redução	1994	1995	Aumento
	(sem)	(com)	1995/1994	(sem)	(sem)	1995/1994
Acidentes c/ vítimas	295	259	12%	128	153	20%
Acidentes s/ vítimas	515	520	-1%	256	310	21%
Total de Acidentes	810	779	4%	384	463	21%
Feridos	413	390	6%	189	208	10%
Mortos	55	32	42%	13	20	54%

Fonte: Polícia Rodoviária Estadual de Santa Catarina (PRE/SC).

Os resultados mostraram que o principal efeito da implantação foi a diminuição dos acidentes de maior severidade, especialmente do número de mortos (42%). Em contraste, com a desativação dos equipamentos esse quadro inverteu-se. Nos dois meses que os radares eletrônicos permaneceram

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

desativados em 1995, comparados aos dados registrados no mesmo período para o ano anterior, houve um aumento de 21% no total de acidentes e de 54% no número de mortos.

Apenas para confirmar a eficiência dos CEVs, especialmente na redução dos acidentes de maior severidade, em 1996, efetuou-se o segundo contrato para instalação e operação de radares eletrônicos. A partir de julho desse ano, 20 novos equipamentos foram instalados em 12 trechos críticos ao longo de 278 km. Nos quatro meses em que os radares eletrônicos permaneceram ativados, comparados com o mesmo período e idênticos trechos rodoviários do ano anterior, houve uma redução de 31% no número de mortos, conforme indicado na **Tabela 10**.

Tabela 10: Desempenho dos CEVs o Rio Grande do Sul (1995-1996)

Especificação	Período de Implantação de CEVs (julho a outubro)		
	1995 (sem)	1996 (com)	Redução 1996/1995
Acidentes c/ vítimas	239	219	8%
Acidentes s/ vítimas	327	348	6%
Total de Acidentes	566	567	-
Feridos	341	336	1%
Mortos	29	20	31%

Fonte: Polícia Rodoviária Estadual de Santa Catarina (PRE/SC).

Experiência Internacional

Austrália

Em primeiro de maio de 1997 foi introduzido em *Queensland* um programa de controle de velocidade por meio de radares móveis. Em setembro de 2003 um relatório subsidiado por contrato de pesquisa da *Queensland Transport* investigou os impactos do programa desde a sua implantação até julho de 2001.

Os resultados apontaram uma redução dos acidentes fatais em 45%, no limite de até 2 km antes e após a localização dos equipamentos. Reduções correspondentes de 31%, 39%, 19% e 21% foram estimadas para gastos com hospitalizações, tratamentos médicos e outros acidentes com ou sem feridos, respectivamente. Em termos do total de acidentes com vítimas na área de pesquisa, tal medida representou uma redução de 32% nos acidentes com vítimas fatais, 26% nos acidentes com vítimas fatais que necessitaram de atendimento médico e 21% no total de acidentes registrados.

Estados Unidos

Segundo Cupolillo (2006), a primeira cidade a utilizar controladores eletrônicos de velocidade, em 1976, foi *Arlington*, no Texas. Atualmente diversas comunidades do país estão utilizando essa tecnologia.

Para exemplificar, *Paradise Valley*, Arizona, registrou em 1986, um ano após a implantação de CEVs, o total de 460 acidentes de trânsito. Em 1992 esse número reduziu cerca de 51,30%, totalizando 224. Em *Scottsdale*, Arizona, o gerenciamento teve início em 1996. O *American Traffic System* informou que os acidentes caíram de 181 para 120 (33,7%), numa comparação feita durante um período de dez semanas antes e após a instalação do equipamento. Na Califórnia, o *The Police*

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

of *National City* informou que durante os dez primeiros meses de monitoramento houve um decréscimo de 26% dos acidentes. Já em *West Valley, Utah*, depois de dois anos da instalação dos equipamentos o total de acidentes que era de 2.130, caiu para 1.710, ou seja, 19,72%.

Londres

A *Highways Agency's London* reportou uma experiência de seis anos do uso de CEVs em estradas do oeste de Londres, com início em 15 de outubro de 1992. O projeto consistia na comparação dos acidentes com danos e vítimas nos trinta e seis meses precedentes e posteriores à instalação dos equipamentos. Registra-se que para determinar até que ponto os CEVs contribuíram para a queda nos níveis de acidentes da área de estudo, os dados foram comparados também com estradas dos municípios de Londres que não utilizam CEVs. Os resultados podem ser observados nas **Tabelas 11 e 12**.

Tabela 11: Acidentes por Severidade Antes e Após a Implantação de CEVs

Severidade do Acidente	3 anos (antes)	Danos por Ano (*)	3 anos (depois)	Danos por Ano (*)	% Redução (geral)	% Redução (CEVs)	Acidentes Redução
Fatal	62	21	19	6	69,4%	55,7%	43
Sério	666	222	483	161	27,5%	8,2%	183
Leve	3.074	1.025	2.832	944	7,9%	8,1%	242
Total	3.802	1.267	3.334	1.111	12,3%	8,9%	468

Fonte: *Highways Agency's London*. (*) números arredondados.

Tabela 12: Vítimas por Severidade Antes e Após a Implantação de CEVs

Severidade das Vítimas	3 anos (antes)	Danos por Ano (*)	3 anos (depois)	Danos por Ano (*)	% Redução	Vítimas Redução
Fatal	68	23	20	7	70,6%	48
Sério	813	271	596	199	26,7%	217
Leve	4.102	1.367	3.759	1.253	8,4%	343
Total	4.983	1.661	4.375	1.458	12,2%	608

Fonte: *Highways Agency's London*. (*) números arredondados.

Os dados mostram claramente que houve uma redução significativa no total de acidentes de trânsito e uma redução proporcional no total de vítimas, no mesmo período. Como efeito, observa-se a diminuição dos acidentes em 12,3% (**Tabela 11**) e de vítimas em 12,2% (**Tabela 12**). Uma vez que o projeto almejava a redução dos acidentes com severidade maior, isto é, sérios e fatais, nota-se que a combinação global desses dois tipos apresentou um resultado positivo, um decréscimo de 31% desses, 12,1% podem ser atribuídos diretamente ao uso de CEVs.

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora se reconheça que a velocidade excessiva nem sempre é o único fator responsável pela ocorrência de acidentes graves ou fatais, os estudos mencionados demonstraram que trafegar com velocidade elevada aumenta significativamente a gravidade dos acidentes. Em outras palavras, com a diminuição da velocidade, a gravidade dos acidentes seria drástica e essencialmente reduzida ou eliminada.

Pelo exposto, notou-se que, como medida mitigadora, as tecnologias de monitoramento de velocidade exerceram um papel fundamental na redução dos acidentes ocasionados por excesso de velocidade. Porém, um número limitado de estudos foi realizado para estimar a efetividade dos Controladores Eletrônicos de Velocidade (CEVs) em segurança de tráfego, em termos de velocidade, colisão de veículos, ou ambos.

Mesmo assim, experiências no Brasil e no mundo mostraram que os CEVs são instrumentos eficazes na redução dos acidentes de trânsito. Em 1999, no Paraná houve uma redução de 57% na média mensal. No Rio Grande do Sul esse percentual para os anos de 1997 a 1999 foi de no mínimo 20%. Destaca-se também o caso de Santa Catarina, onde os equipamentos mostraram-se eficientes na diminuição dos acidentes de maior severidade, especialmente do número de mortos: 42% e 31% para os anos de 1995 e 1996, respectivamente.

Outros estudos apontaram que a diminuição da velocidade fica limitada a um pequeno segmento localizado, na maior parte imediatamente antes ou após os radares fixos. No Distrito Federal, estudo comprovou que o dispositivo atua propagando esse efeito de redução de velocidade em até 210 metros antes e depois da instalação do equipamento. Em Porto Alegre a análise foi realizada em um raio de 500 metros no entorno dos CEVs e constatou-se um decréscimo de no mínimo 23% nas ocorrências de acidentes. Já em *Queensland*, Austrália, os resultados apontaram uma redução dos acidentes fatais em 45%, no limite de até 2 km antes e após a localização dos equipamentos.

Portanto, de acordo com os estudos e exemplificações apresentados é possível afirmar que a implantação de dispositivos de controle de velocidade é eficaz para a redução da velocidade, e consequentemente para a redução de acidentes. Contudo, a fim de se obter dados mais exatos acerca da eficiência dos CVES, recomendam-se estudos que comprovem o desempenho desses dispositivos considerando a extensão total do trecho da via analisado, e não apenas os pontos onde tais equipamentos encontram-se instalados, como observado na maioria dos estudos mencionados.

01-76R

CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo – Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, J. M. F. A. **Uma análise Interdisciplinar da Barreira Eletrônica Ostensiva**, 2001, 58p.
- Bertazzo, A.; Cardoso, G. e Saueressig. **Controladores Eletrônicos de Velocidade: metodologia para sua implantação e hierarquização dos trechos críticos**. Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). Porto Alegre, RS, 2002, 8p.
- Brandão, L. M. **Medidores Eletrônicos de Velocidade: uma visão da engenharia para implantação**. Manual Teórico-prático. Perkons, Paraná, PR, 2006, 148p.
- Cupolillo, M. T. A. **Estudo das Medidas Moderadoras do Tráfego para Controle da Velocidade e dos Conflitos em Travessias Urbanas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2006, 277p.
- Framarim, C. S.; Cardoso, G. e Lindau, L. A. **O Impacto dos Controladores Eletrônicos e Velocidade na Redução dos Acidentes**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2001, 12p.
- Gold, P. A. **Fiscalização de Velocidade**. Documento Técnico da Gold Projects Planejamento e Representações Ltda. São Paulo/SP, 2003, 33p.
- HIGHWAYS AGENCY. **West London Speed Camera Demonstration Project**. London: London Accident Analysis Unit. 1997, 47p.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito**. Programa Pare. Brasília, DF, 2002, 74p.
- Stuart V. N. e Cameron M. H. **Evaluation of the Crash Effects of the Queensland Speed Camera Program**. Queensland Transport. Monash University Accident Research Centre. Report nº 204, 2003, 35p.
- Stumpf, M. T. e Jacques, M. A. P. (1998). **Estudo da Velocidade Veicular nas Proximidades das Barreiras Eletrônicas Implantadas em Vias Urbanas**. In: XII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 1998, Fortaleza. Anais do XII ANPET – Artigos Científicos. V.1., 1998, p.142-151.
- Vieira, H. **Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: uma abordagem multidisciplinar**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Santa Catarina, SC, 1999, 332p.
- Yamada, M. G. **Impacto dos Radares Fixos na Velocidade e na Acidentalidade em Trecho da Rodovia Washigton Luis**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2005, 138p.