

CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE: METODOLOGIA PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS

Ângela Bertazzo

Gilmar Cardoso

Márcio Saueressig

Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC

RESUMO

Mesmo com o advento do CTB os acidentes de trânsito continuam a causar sérios danos à sociedade, boa parte deles relacionados ao excesso de velocidade. A partir disto, houve uma intensificação do controle da mesma, através de meios eletrônicos. Entretanto, ainda se carece de metodologias objetivas quanto à determinação de locais críticos, onde os controladores devem ser implantados. Desta forma, este trabalho apresenta uma metodologia para definir e hierarquizar trechos para instalação do controle eletrônico de velocidade.

ABSTRACT

Even after CTB, traffic accidents still cause serious damages to society, part of it is related to exceeding limit speed. From this, the speed limit control has been intensified using special speed trap equipment. However, there is a lack of objectives methodologies to determine critical places, where such equipment should be set. In such a way, this paper presents a methodology to define a minimum index to ranking places and implement the speed trap equipment.

1. INTRODUÇÃO

A segurança viária é um tema muito questionado atualmente, principalmente nas grandes e médias cidades brasileiras, devido ao conflito entre fluidez e moderação de tráfego demandados por todos os usuários das vias. Com o crescimento da frota automotora nacional, a partir da década de 90, esforços de engenharia em medidas de moderação de tráfego e esforços legais, através da criação do Código Brasileiro de Trânsito (CTB) (DENATRAN, 1997), procuraram minimizar o problema.

Entre as principais ações de engenharia, visando a segurança viária, destacam-se os dispositivos eletrônicos para controle da velocidade, que vêm sendo empregados no país desde 1992. Após a introdução do novo CTB, o uso destes equipamentos disseminou-se em várias cidades brasileiras, com redução de até 60 % do número de acidentes onde foram instalados (Gold, 1998).

Embora já se tenha regulamentado o uso destes equipamentos (CONTRAN, 1998), ainda não foi elaborada nenhuma metodologia que estabeleça critérios objetivos para indicar ou não a implementação de Controladores Eletrônicos de Velocidade (CEV) em trechos viários críticos. Através da determinação de um índice mínimo para instalação desses controladores, será possível, além de considerar a necessidade de instalação dos mesmos, hierarquizar os trechos mais críticos, a partir dos índices calculados.

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

O Art. 3º da Resolução N.º 23/98 do CONTRAN de 21 de maio de 1998, estabelece que cabe à autoridade de trânsito competente com circunscrição sobre a via, ou a seus agentes, determinarem a localização, a instalação e a operação dos instrumentos ou equipamentos medidores de velocidade.

A metodologia até então empregada pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) da cidade de Porto Alegre, tomava por base, de forma objetiva, apenas a Unidade Padrão de

Severidade dos acidentes (UPS) (Gold, 1998), em trechos viários críticos onde o limite de velocidade era rotineiramente desrespeitado. Os demais critérios, como fluxo e condições da localidade eram considerados de forma subjetiva e qualitativa por cada técnico. Com a nova forma de abordagem proposta, essas variáveis passaram a ser consideradas de forma objetiva e quantitativa.

Portanto, este trabalho visa desenvolver uma metodologia que apresente critérios objetivos para implementação de CEV, através da determinação de um índice, e em seguida, da hierarquização de trechos viários críticos, identificados por ele.

3. TIPOS DE CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE (CEV)

3.1. Controladores Eletrônicos Discretos (CED) – Pardais

São dispositivos fixos de medição de velocidade fiscalizando o cumprimento da velocidade regulamentar para o trecho viário que, a princípio, seria o limite seguro para tal. Os CED visam diminuir o risco de acidentes, medido neste método através da UPS e sua relação com o excesso de velocidade. Tais equipamentos autuam condutores que não respeitam o limite de velocidade da via, com tolerância de 7Km/h (CONTRAN, 2001).

A instalação do CED é mais adequada em trechos homogêneos de vias onde se pretende, mesmo que de forma coercitiva, manter o respeito à velocidade de segurança, sem que para isso o motorista necessite reduzir a velocidade, pois, a princípio, já estaria respeitando-a. Além disso, tais trechos devem ser sinalizados adequadamente, conforme legislação em vigor (CONTRAN, 1998), de forma a manter os motoristas bem informados sobre a velocidade a ser respeitada em todo o trecho, não somente no local do equipamento. Com isso, pretende-se criar uma cultura de respeito às normas de trânsito, que permita uma redução efetiva dos acidentes na cidade.

3.2. Controladores Eletrônicos Ostensivos (CEO) – Lombadas Eletrônicas

O CEO é um dispositivo fixo de medição de velocidade que informa ao condutor a velocidade do veículo ao passar pelo equipamento. Ele foi desenvolvido para controlar a velocidade em determinado trecho viário, de forma análoga à ondulação transversal, com a vantagem de não interromper o fluxo. O CEO propõe uma redução pontual de velocidade abaixo da regulamentada, alertando o condutor, devido à sua fácil visualização, para um determinado evento nas suas proximidades, tais como, travessia de pedestres, saídas e entradas de grandes pólos geradores, etc. Os trechos onde o limite de velocidade é diferenciado são definidos por Stumpf (1999) como zonas de velocidade, ou seja, não apresentam níveis de segurança razoáveis para operação dentro do limite de velocidade permitido para a via.

A utilização desse tipo de controlador para auxiliar a travessia de pedestres deve observar as seguintes características: formação de *gaps* para travessia, travessia dispersa ao longo de um trecho não superior a 300m e não ocorrência de índice para instalação de semáforo para pedestres (DENATRAN, 1984).

4. ABORDAGEM PREVENTIVA E CORRETIVA

Um projeto de segurança viária pode estabelecer uma abordagem corretiva ou preventiva, e, em ambos os casos, devem ser esgotadas todas as medidas possíveis de engenharia de tráfego na análise do problema. Só em último caso, parte-se para o uso dos CEV na correção e

prevenção do problema. Em alguns casos, o excesso de velocidade pode ser solucionado através do aumento do limite de velocidade (TRB, 1998), quando a técnica e a prudência permitirem.

- A. AÇÕES CORRETIVAS – A eleição de um local como candidato a receber o tratamento de segurança viária através da implantação de um CEV, como ação corretiva, deverá indicar neste local a ocorrência de acidentes relacionados ao excesso de velocidade.
- B. AÇÕES PREVENTIVAS – A utilização de CEV respeitando as características anteriormente descritas tem por objetivo solucionar problemas de segurança viária de vias em operação. Em relação a um projeto para uma nova via, que a princípio viria revestido de todas as medidas de segurança viária, a análise das características da localidade estudada poderá indicar a colocação de um CEV.

5. METODOLOGIA

A metodologia propõe a determinação de um índice (H) composto pelas seguintes variáveis explicativas: UPS (Unidade Padrão de Severidade de Acidentes), FRVT (Fator Risco Velocidade Total), FL (Fator de Localidade), VDM (Volume Diário Médio), P (Período de Análise) e L (Comprimento do Trecho Analisado), a serem detalhadas em seguida. Para cada trecho em análise, o índice H servirá para hierarquização dos mesmos quanto à possibilidade de implantação de CEV. Cada H calculado deverá ser comparado com um índice mínimo (Hmín.), que determina o limite inferior de instalação. Os sub-capítulos a seguir apresentam a ordem desenvolvida na determinação do índice H, bem como os valores mínimos para cada variável explicativa formadora de Hmín. A determinação de H é dada pela fórmula 1, abaixo:

$$H = \frac{UPS \times 10^6 \times FRVT \times FL}{VDM \times P \times L} \quad (1)$$

5.1 Escolha dos trechos críticos para análise

A demanda pela implantação de alguma medida para redução da velocidade, pode surgir a partir de verificações “*in loco*” de situações potenciais para projetos desse tipo, da fiscalização ou através de outras demandas.

Os técnicos responsáveis devem fazer a escolha dos trechos críticos através do geoprocessamento dos acidentes, utilizando um software SIG. Geralmente, desconsideram-se os acidentes ocorridos em interseções, que são ocasionados pelo conflito de tráfego nestas, e podem ser melhor tratados através de outras técnicas de engenharia. Para implementação de CED, os acidentes preponderantes são os indicativos de excesso de velocidade (e.g. capotagem e choque); e para instalação de CEO, os acidentes preponderantes são os atropelamentos. O trecho recomendado para análise dos acidentes de um ou de outro tipo de controlador é 300m(0,3km), coincidente com a sinalização regulamentar obrigatória (CONTRAN, 1998). O período mínimo recomendado para a análise de acidentes é de um ano, pois eliminam-se as sazonalidades. Deverá ser avaliado ainda, se no trecho selecionado aconteceram intervenções que alteraram as características dos acidentes no local, a fim de não incluir períodos atípicos. Cabe ressaltar que o comprimento utilizado para determinação do Hmín. foi 300m(0,30km), e o período equivalente a um ano(365 dias).

5.2 Cálculo da UPS e da UPS por Comprimento do trecho analisado (R₁)

Deverá ser calculado para cada trecho crítico a taxa de acidentes que utiliza a Unidade Padrão de Severidade (UPS). A UPS é a média ponderada das diferentes categorias de acidentes(DM

– Acidente c/ Danos Materiais, F- Acidente c/ Feridos, VF – Acidente c/ Vítima Fatal) , com atribuições de pesos para cada uma delas, conforme a gravidade dos mesmos (2). R1 é dado pela fórmula (3) abaixo.

$$UPS = DM + 5 \times F + 13 \times VF \quad (2)$$

$$R_1 = \frac{UPS}{L} \quad (3)$$

5.2.2 Critério mínimo de UPS a ser observado para a instalação de CEV

A partir de uma análise realizada em 50 vias arteriais e coletoras da cidade de Porto Alegre, obteve-se um valor médio para UPS igual a 30/ano. Portanto, esse foi o valor de UPS adotado no cálculo de Hmín.

5.3 Determinação da Taxa Ponderada da UPS por comprimento do trecho e volume de tráfego (R₂)

Após selecionados os trechos críticos, deverão ser realizadas contagens classificadas do fluxo, visando: (a) determinar a composição do tráfego para cálculo da amostra mínima para pesquisa de velocidade, (b) determinar o volume diário médio (VDM). Para determinar 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.

Segundo Zhou e Sisiopiku (1997), as taxas de acidentes são altas quando v/c é baixo decrescendo rapidamente com o acréscimo dessa relação, e aumentando gradualmente se a relação v/c continua crescendo.

5.3.1 Cálculo de R₂

Neste momento, deseja-se relacionar a taxa de ocorrência de acidentes com o volume de veículos do trecho analisado, considerando-se também a variável P (Período de análise dos acidentes no trecho crítico).

$$R_2 = \frac{R_1 \times 10^6}{VDM \times P} \quad (4)$$

Onde:

VDM – Volume diário médio passando pelo trecho analisado;

P – Período de estudo dos acidentes (em dias);

5.3.2 Critério mínimo de fluxo a ser observado para a instalação de CEV

O fluxo máximo de veículos nos trechos candidatos a instalação de CED deve ser inferior a 920 uvp/h/faixa, que é o limite de fluxo em via de Classe I e Nível de Serviço C (TRB, 2000); esse valor é equivalente a um VDM igual a 12.433 uvp/dia/faixa. Para a instalação de CEO, além das contagens classificadas do fluxo de veículos devem ser realizadas contagens de pedestres. O trecho máximo recomendado para contagem de pedestres também é 300,00m. O fluxo de veículos e pedestres observado, bem como a taxa de acidentes deve ser comparada às condições mínimas para instalação de semáforos.

5.4 Determinação da Taxa Ponderada da UPS por comprimento, volume de tráfego e velocidade no trecho analisado (R₃)

A velocidade é outro fator que entra no cálculo do índice para instalação de CEV. Para Vieira (1999), o maior problema relacionado a 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 ao mesmo. Por isto, a velocidade é um elemento de importância vital na segurança das vias, podendo ser controlada, tanto nas fases de planejamento e projeto, como na fase de operação.

5.4.1 Determinação da amostra de pesquisa de velocidade

Para estabelecer-se a amostra mínima para pesquisa de velocidade considerou-se a fórmula amostral (4) para um nível de significância de 95% e erro aceitável da amostra de 4%.

$$n = \frac{3,86 \times \sigma^2}{\varepsilon} \quad (5)$$

em que n é o tamanho da amostra;
 σ é o desvio padrão (aqui determinado através de uma pesquisa piloto realizada em seis vias arteriais da cidade de Porto Alegre, no mês de maio de 2002); e
 ε é o erro aceitável da amostra.

A partir do desvio padrão obtido na pesquisa piloto (9,54Km/h), concluiu-se que, para o caso de Porto Alegre, deverão ser observados, no mínimo, 53 veículos. O erro aceitável foi fixado em 4%, compatível com o erro do equipamento de medição utilizado (5%). Além disso, a pesquisa de velocidade deverá ser realizada no período crítico de acidentes, considerando a composição de tráfego observada na pesquisa de fluxo.

5.4.2 Cálculo do Fator de Risco da Velocidade Total (FRVT)

Sabendo-se que quanto maior o excesso de velocidade empregado pelos veículos, maior o risco imposto aos demais usuários da via, foi estabelecida uma relação que pondera as faixas de velocidade que estão acima da velocidade regulamentar no trecho viário em análise, utilizando o conceito de Parada Segura (DP), empregada em projetos viários (Fontes, 1993). Os pesos para cada velocidade, foram obtidos através do quociente entre a DP de uma determinada velocidade pela DP obtida para a velocidade regulamentar da via. Para as velocidades abaixo da velocidade regulamentar, considera-se um peso unitário, não indicando risco (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela auxiliar para cálculo do fator de risco da velocidade (FRV)

Velocidade Diretriz Km/h	Velocidade Diretriz m/s	Coeficiente f	Distância de Parada Dp (m)	Peso	
				60 Km/h	40 Km/h
30	8,33	0,40	29,69	1,00	1,00
40	11,11	0,37	44,80	1,00	1,00
48	13,33	0,36	58,53	1,00	1,31
50	13,89	0,35	62,84	1,00	1,40
54	15,00	0,34	71,26	1,00	1,59
60	16,67	0,33	84,61	1,00	1,89
66	18,33	0,32	99,42	1,18	2,22
70	19,44	0,31	110,84	1,31	2,47
72	20,00	0,31	115,83	1,37	2,59
78	21,67	0,30	134,00	1,58	2,99
80	22,22	0,30	139,54	1,65	3,11
84	23,33	0,30	150,93	1,78	3,37
90	25,00	0,29	172,46	2,04	3,85
96	26,67	0,29	191,77	2,27	4,28
100	27,78	0,28	210,04	2,48	4,69
>100	28,33	0,27	222,49	2,63	4,97

Os valores obtidos na pesquisa de velocidade deverão ser agrupados por faixas, previamente determinadas, conforme exemplo da Tabela 2. São calculados, então, as proporções de veículos observados em cada faixa de velocidade (n) pelo total de veículos observados (N), e ponderados pelos pesos médios obtidos segundo o método referido acima, para as velocidades regulamentares da via (60 e/ou 40Km/h).

Tabela 2: Cálculo do fator de risco velocidade total (FRVT), com exemplo para obtenção do FRVT para determinação do Hmín. para via com velocidade regulamentar de 60Km/h

Faixa Km/h	n	n/N	Pesos		FRV (60)	FRV (40)
			60 Km/h	40 Km/h		
<30			1,00	1,00	0,00	
31-40			1,00	1,00	0,00	
41-48			1,00	1,31	0,00	
49-54			1,00	1,40	0,00	
55-60	24	0,45	1,00	1,59	0,45	
61-66	29	0,55	1,18	2,22	0,64	
67-72			1,31	2,47	0,00	
73-78			1,58	2,99	0,00	
79-84			1,78	3,37	0,00	
85-90			2,04	3,85	0,00	
91-96			2,27	4,28	0,00	
97-100			2,48	4,69	0,00	
>100			2,63	4,97	0,00	
N	53	1,00	CFRVT		1,10	

5.4.3 Determinação do índice R3

A classificação de locais candidatos à instalação de CEV ainda sofre a combinação do índice R2 com o FRVT, relacionando a velocidade com a UPS, o comprimento do trecho analisado e o volume de tráfego, gerando o índice R₃ (6):

$$R_3 = R_2 \times FRVT \quad (6)$$

5.4.4 Critério mínimo de FRVT a ser observado para instalação de CEV

Para a instalação de um CEV, é imprescindível que o excesso de velocidade seja significativo, pois gerará obrigatoriamente um ônus pecuniário ao motorista infrator. A significância de FRVT mínimo foi definida pelo valor que elevaria Hmín. em 10%(FRVT=1,10) Este valor é obtido, por exemplo, quando 55% dos veículos observados na pesquisa de velocidade estiverem trafegando acima da velocidade permitida; e quando não for indicado tecnicamente alterar o limite de velocidade do trecho. Este valor é bastante semelhante ao parâmetro de avaliação de velocidade tradicionalmente usado pelos técnicos da Empresa como sendo de 50% dos veículos trafegando acima da velocidade regulamentar. Além disso, foram realizadas pesquisas de campo em cinco trechos viários candidatos a instalação de CEV, e sobre os quais obteve-se um valor de UPS maior ou igual a 30. Nesse caso, observou-se que, em média 55% dos veículos trafegavam acima da velocidade regulamentar, confirmando o parâmetro estabelecido.

5.5 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 (Tabela 3). As características de localidade consideradas para determinação do FL são aquelas que,

quando observadas, contribuem para o aumento da velocidade dos veículos no trecho em estudo. Estas características são as seguintes:

- a) **Visibilidade:** Boas Condições de visibilidade.
- b) **Pavimento:** Boas condições de rolagem.
- c) **Iluminação:** Boas condições de iluminação que proporciona maior segurança ao usuário.
- d) **Geometria Viária:** Trechos de tangentes ou curvas de raios longos e declives acentuados.
- e) **Obstáculos Laterais:** Afastamento de obstáculos laterais
- f) **Outras condições:** Determinadas pela análise técnica para cada trecho em particular.

Tabela 3: Cálculo do Fator da Localidade (FL)

Condições de Localidade		Pesos	
N	Características	Sim	Não
1	Boas Condições de Visibilidade	1	0
2	Boas Condições de pavimento	1	0
3	Boas Condições de iluminação	1	0
4	Presença de tangente prolongada ou curva de raio longo	1	0
5	Presença de declive acentuado	1	0
6	Ausência de obstáculos laterais	1	0
7	Outras condições a descrever	1	0
	Fator de Localidade	2	

O FL pontua com a unidade aquelas características que contribuem para o aumento do Fator de Risco Velocidade (FRV). O quociente entre a soma do total de pontos para as características observadas e a soma total possível (todas características presentes) resulta no FL, que será multiplicado pelo R_3 . Denomina-se variável “dummy”, pontuação 1 e 0, respectivamente, às características observadas ou não pelo técnico responsável pela análise. O cálculo de FL é dado por (7).

$$FL = 1 + \sum \left[\frac{Pesos}{N} \right] \quad (7)$$

em que N: número de condições analisadas; e
 $1 \leq FL \leq 2$

5.6 Critério mínimo de FL a ser observado para instalação de CEV

Na análise técnica qualitativa da localidade, pelo menos duas das características enumeradas como contribuintes ao incremento de velocidade deverão ser observadas, indicando um FL mínimo aproximadamente de 1,3.

5.7 Classificação final dos trechos prováveis de instalação de CEV

O índice final (H) que classifica os trechos de via analisados é dado por (8):

$$H = R_3 \times FL \quad (8)$$

Considerando que outras medidas de Engenharia de Tráfego foram previamente analisadas e descartadas, compara-se o valor calculado de H com o $H_{mín.}$. Se o valor obtido para H for igual ou superior a $H_{mín.}$, recomenda-se a instalação de CEV. O $H_{mín.}$ calculado foi obtido através do parâmetro mínimo das variáveis já mencionadas, e pode ser visto na equação (9).

$$H_{mín.} = \frac{UPS_{mín.} \times 10^6 \times FRVT_{mín.} \times FL_{mín.}}{VDM_{máx.} \times P \times L} \quad (9)$$

em que $H_{mín.}$: valor calculado igual a 31;
 e sendo $UPS_{mín.}$: 30;

FRVTmín.: 1,10
Flmín.: 1,2
VDMmáx.: 12.433 veículos/dia/faixa
P: Período de análise igual a 365 dias; e
L: Comprimento do trecho analisado igual a 0,3 km.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo após a permissão legal para utilização de controladores eletrônicos de velocidade, os critérios para sua implementação estão a cargo de cada órgão gestor, e muitas vezes não são suficientemente objetivos para entendimento entre os próprios técnicos e a sociedade. Portanto, o trabalho conseguiu criar uma metodologia, que relacionou variáveis importantes na questão da engenharia e segurança viária. Essa metodologia possibilitou a determinação de um índice mínimo para implementação ou não de CEV. Através desse mesmo índice, a metodologia permitiu hierarquizar os trechos críticos indicados para instalação dos controladores. No entanto, esses equipamentos devem ser instalados quando outras medidas de engenharia de tráfego não forem tecnicamente indicadas. Recomenda-se, após a instalação do controlador, o acompanhamento da evolução do índice H e da UPS. Através disso, poderá ser estimado um valor ótimo para Hmín., ou seja, que obtém máxima redução da UPS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1982) Pesquisas e Levantamentos de Tráfego, Boletim Técnico da CET N.º 31, São Paulo.
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito, Resolução N° 23/98 - Define e estabelece os requisitos mínimos necessários para autorização e instalação de instrumentos eletrônicos de medição de velocidade de operação autônoma e Resolução N° 79/98 - Estabelece a sinalização indicativa de fiscalização, 1998, Brasília, DF.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (1984) Manual de Semáforos. Ministério da Justiça, Brasília, DF.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (1997) Código de Trânsito Brasileiro, Lei N.º 9.503 de 23.09.97, Brasília, DF.
- Fontes, L.C.A. de A. (1993) Engenharia de Estradas (Projeto Rodoviário). 3ª ed. Bahia, Universidade Federal da Bahia.
- Gold, P.A. (1998) Segurança de Trânsito – Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes, 1ª ed., Banco Inter-americano de Desenvolvimento (BID), São Paulo, SP.
- Jacques, M.A.P. e Stumpf, M.T. (2000). Modelos para representação da velocidade do tráfego junto às barreiras eletrônicas. Anais do XI Congresso Panamericano de Eng.ª de Trânsito e Transporte, PANAM, Gramado, 19-23 Novembro.
- PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre (1995) Lei Complementar 43/79 de 18 de janeiro de 1995.
- TRB – Transportation Research Board (2000) *Highway Capacity Manual – HCM*, National Research Council, Washington, D.C.
- TRB - Transportation Research Board (1998) Managing Speed – Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits. *Special Report 254*, National Research Council, Washington, D.C.
- Vieira, H. (1999). Avaliação de medidas de contenção de acidentes: uma abordagem multidisciplinar. *Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção)*, Florianópolis - SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 332 p.
- Zhou, M. e Sisiopiku, V. P. (1997). Relationship between volume-to-capacity ratios and accidents rates. *Transportation Research Record. No 1581*, Washington-DC, 1997, pp. 47-52.