

O IMPACTO DOS CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE NA REDUÇÃO DOS ACIDENTES

Carlo da Silveira Framarim

Gilmar Cardoso

Luis Antonio Lindau

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

RESUMO

Este artigo apresenta e compara o desempenho na redução de acidentes de cinco controladores eletrônicos de velocidade, CEV, instalados em vias arteriais de Porto Alegre. A avaliação do desempenho do CEV é baseada na variação das ocorrências de acidentes do trecho onde o controlador foi implementado e em uma zona de monitoramento no entorno do CEV de raio 500m. Utiliza-se locais de comparação para caracterizar o desempenho dos CEVs e o método empírico Bayesiano para excluir o efeito do fenômeno de regressão à média. Todos os locais analisados apresentam uma redução de no mínimo 23% nas ocorrências de acidentes. Os resultados não confirmaram o efeito de migração de acidentes para a zona de monitoramento do CEV devido a uma possível redução da ocorrência de subregistros decorrente da alteração da prática de coleta de dados.

ABSTRACT

This paper presents and compares the performance of five photo radars, located at arterial roads of Porto Alegre, in reducing traffic accidents. The performance evaluation of the photo radar is based on the variation of traffic accidents along the section where the enforcement system was implemented and within a monitoring zone comprised by a 500m radius from the location of the photo radar. Comparison sites were used to identify the performance of the photo radars and the empirical Bayes' technique was used to eliminate regression-to-mean effects. Every photo radar contributed to a reduction of at least 20% in traffic accidents. The results did not confirm the accident migration effect within the monitoring zone due to a possible reduction in the occurrence of accident under-reports as result of changes in the data collection procedure.

1. INTRODUÇÃO

O uso de controladores para reduzir acidentes teve início, no Brasil, a partir dos primeiros anos da década de 1990 e obteve intensa disseminação com a implementação do atual Código Brasileiro de Trânsito, CTB, em 1998. Os Controladores Eletrônicos de Velocidade, CEVs, dividem-se em dois tipos: (i) ostensivos e (ii) discretos. Os controladores ostensivos são dispositivos fixos que informam ao condutor a velocidade do veículo ao passar pelo equipamento. Esse equipamento foi desenvolvido para controlar a velocidade em determinado trecho viário, de forma análoga à ondulação transversal, porém com a vantagem de causar distúrbios de menor intensidade na corrente de tráfego. O CEV ostensivo propõe uma redução pontual na velocidade para patamar abaixo da velocidade 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. Os CEVs discretos são também dispositivos fixos de medição de velocidade que objetivam a fiscalização do cumprimento da velocidade regulamentar do trecho e visam a diminuição do risco de acidentes, principalmente aqueles relacionados com o excesso de velocidade. A instalação desses dispositivos 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 a estaria respeitando.

Esse trabalho tem, como foco de análise, o desempenho de CEVs discretos que vêm sendo implementados na cidade de Porto Alegre desde 1999. Desenvolve-se uma comparação do impacto na segurança viária em cinco pontos de vias arteriais onde foram implementados CEVs discretos. A avaliação do desempenho do CEV é baseada na variação das ocorrências de acidentes do trecho onde o controlador foi implementado, e em uma zona de monitoramento de 500m de raio no entorno do CEV. A metodologia empregada difere da prática nacional de avaliação de medidas de segurança viária. A prática nacional recomendada por manual do Ministério dos Transportes (MT, 2002) indica que a avaliação seja feita pela simples comparação do número absoluto de acidentes dos períodos antes e depois da implementação de uma determinada medida.

2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA

Após a implementação de uma medida mitigadora de acidente, a avaliação consiste de etapa essencial para diagnosticar o efeito (positivo ou negativo) de um tratamento. Com a avaliação, é possível melhorar a precisão e confiança de previsões da efetividade do tratamento em implementações futuras. As oportunidades de aprendizado sobre o efeito de decisões de engenharia de transportes e trânsito são, a princípio, abundantes. Obras de engenharia viária são constantemente executadas. O registro do efeito das obras sobre o comportamento do motorista permite desenvolver um conhecimento técnico embasado, em dados e fatos ao invés de suposições. Por sua vez, a identificação da efetividade da medida implementada no tráfego permite o desenvolvimento de avaliações econômicas mais abrangentes.

No campo da segurança viária, as ações da engenharia de tráfego devem estar concentradas na prevenção dos acidentes e na avaliação de eficiência da adoção de medidas mitigadoras. A avaliação da eficiência das medidas mitigadoras é feita através do processo de monitoramento. Através do monitoramento é possível reforçar ou substituir medidas cuja influência no comportamento dos usuários da via diminui com o passar dos anos. Dessa forma, o processo de monitoramento agrega valor às ações voltadas para a prevenção dos acidentes.

O monitoramento das medidas mitigadoras de acidentes passa por uma coleta sistemática de dados antes e depois da implementação. A avaliação de uma medida mitigadora de acidentes é essencial para diagnosticar o efeito (positivo ou negativo) de um tratamento e então melhorar a precisão e confiança de previsões da efetividade do mesmo em implementações futuras.

O princípio do monitoramento de uma medida mitigadora é a comparação de uma situação sem a aplicação do tratamento com outra situação sob efeito do tratamento. O monitoramento pode ser feito basicamente por dois métodos. No primeiro método, conhecido como estudo antes-depois, o efeito de determinada medida pode ser avaliado comparando a contagem do número de acidentes em período anterior a implementação da medida com a contagem do número de acidentes em período após a implementação da mesma. No outro método são analisados os dados de acidentes do local tratado e os de outro local que apresenta características similares, denominado de local de comparação. A Tabela 1 apresenta um resumo dos dois métodos de monitoramento.

3. FONTES DE DISTORÇÕES DOS DADOS

A identificação do efeito de um tratamento viário pode ser influenciada por distorções provenientes de conjunturas qualitativas e quantitativas. As distorções por conjunturas qualitativas são provenientes de alterações no comportamento dos motoristas. O fenômeno de migração de acidentes enquadra-se nesse tipo de conjuntura. As distorções por conjunturas quantitativas são resultantes de influências estatísticas. O principal efeito de distorção proveniente de influências estatísticas é o fenômeno de regressão à média.

Tabela 1: Distinção entre os processos de monitoramento (FHWA, 1981; Ogden, 1996).

Tópico	Tipo	Monitoramento Antes-Depois	Monitoramento com local de comparação
metodologia		compara os acidentes ocorridos antes do tratamento com os acidentes ocorridos depois do tratamento. A diferença entre o número de acidentes nos dois períodos é atribuída ao tratamento se nenhuma outra mudança foi identificada no local (volume de tráfego, obra de engenharia, etc).	compara as ocorrências de acidentes do local tratado e do local de comparação. Estima-se o número de acidentes no local tratado, para uma situação sem o efeito do tratamento, através de um fator de correção obtido com os dados de acidentes do local de comparação. A situação sem o efeito do tratamento é obtida multiplicando o fator de correção pelo número de acidentes do período ANTES do local tratado.
hipótese da definição		as ocorrências de acidentes de um local qualquer não variam com o tempo, se nenhuma medida for implementada.	(i) os vários fatores que afetam a ocorrência de acidentes de um local variam no período antes e depois do tratamento da mesma maneira no local tratado e no local de comparação, e (ii) essas variações influenciam o local tratado e o local de comparação igualmente.
dados necessários		histórico de acidentes do local tratado.	histórico de acidentes do local tratado e do local de comparação.
limitações		(i) impossibilidade de separar o efeito da medida mitigadora de acidente do efeito de outros fatores influentes na variação das ocorrências de acidentes;	(i) dificuldade em encontrar locais de comparação com características físicas e operacionais semelhantes ao local tratado;
		(ii) o efeito do Fenômeno de Regressão à Média, e (iii) o número de sub-registros de acidentes que pode variar ao longo dos anos.	
vantagens		trabalha apenas com registros históricos de acidentes do local tratado.	agrega o efeito de outros fatores influentes na variação das ocorrências de acidentes.

3.1 Fenômeno de regressão à média

A tendência de regressão à média da série temporal de dados aleatórios é um fenômeno estatístico. A medida de tendência central da série temporal de qualquer evento muitas vezes é representada pela média. Os valores distantes da média se aproximam da mesma no período subsequente de seu registro, inclinando-se para o valor da tendência central. Valores altos tendem a ser seguidos por valores baixos e vice-versa. Este efeito é conhecido como fenômeno de regressão à média, FRM.

O FRM pode distorcer a avaliação do efeito de uma medida implementada no tráfego. Boyle e Wright (1987) identificaram que o FRM pode superestimar o efeito do tratamento do local de 5 a 30 por cento, mascarando o impacto real. Locais com alta frequência relativa de acidentes, observados por um curto período de tempo, são mais vulneráveis ao efeito. Já locais com

taxas de acidentes mais próximas da média da população, observados por longo período, são os menos vulneráveis.

3.2 Fenômeno de migração de acidentes

O termo “migração”, atribuído a este fenômeno, baseia-se no deslocamento dos acidentes para locais adjacentes ao local tratado. A redução do número de acidentes em um ponto crítico pode ser acompanhada por um aumento do número de acidentes na “vizinhança” deste local. O efeito global da medida mitigadora pode não ter valor devido ao incremento no número médio de acidentes em locais adjacentes ao tratamento.

A comunidade científica ainda não possui um consenso sobre o fenômeno de migração de acidentes, FMA. Enquanto alguns pesquisadores buscam demonstrar a existência do fenômeno (Boyle e Wright, 1984; Boyle e Wright, 1985; Persaud, 1987; Levine *et al.*, 1988), outros contestam as metodologias adotadas para identificar o mesmo (Huddart, 1984; Stein, 1984) ou o definem como um fenômeno estatístico (McGuigan, 1985a; McGuigan, 1985b; Maher, 1987).

As evidências que o FMA se resume a um fenômeno estatístico não são conclusivas (Mountain *et al.*; 1992). Portanto, o FMA não deve ser desprezado. Mountain e Fawaz (1992) verificaram que o efeito do FMA varia com o tempo. No primeiro ano após o tratamento, o aumento no número de acidentes esteve concentrado em locais afastados até 200m do local tratado. Considerando os dois primeiros anos após o tratamento, o aumento foi verificado em locais afastados até 500m, demonstrando que o efeito do FMA pode se estender ao longo dos anos. Portanto, o analista deve acompanhar as ocorrências de acidentes no local tratado e nos locais adjacentes ao tratamento para identificar o efeito global do tratamento.

4. METODOLOGIA DE ANÁLISE

A identificação do efeito dos CEVs é feita em duas etapas. Na primeira etapa, desenvolve-se a metodologia apresentada por Hauer (1997) para identificar o desempenho dos CEVs nos trechos em que estão instalados com o auxílio de informações de locais de comparação. A experiência prática desse autor e a abundância de informações e publicações foram fatores determinantes para a escolha da metodologia de Hauer. A metodologia requer: (i) a seleção de locais para formação do grupo de referência e de locais de comparação; e (ii) dados históricos de acidentes nos locais tratados, nos locais de comparação e nos locais do grupo de referência.

A função dos locais pertencentes ao grupo de referência e dos locais de comparação é diferente. Utiliza-se a informação das ocorrências de acidentes dos locais do grupo de referência para excluir o efeito do FRM, enquanto que os locais de comparação são usados para prever a incidência de acidentes nos locais tratados caso os mesmos não tivessem sofrido intervenção. Importante ressaltar que não são necessários tantos locais de comparação quanto locais tratados. Um mesmo local de comparação pode ser utilizado para a avaliação de mais de um local tratado.

Na segunda etapa, é desenvolvida a avaliação do efeito dos CEVs em locais vizinhos aos tratados. É definida uma zona de monitoramento delimitada por um raio de 500 metros no entorno de cada local tratado. A zona de monitoramento permite acompanhar as ocorrências de acidentes na vizinhança do local tratado, auxiliando na caracterização do efeito do FMA.

4.1 Avaliação do grupo de referência

O grupo de referência é composto por locais com características geométricas similares ao local tratado. A identificação de um grupo de referência permite que se aplique o método empírico Bayesiano, EB, para a exclusão do efeito do FMA na análise do desempenho do tratamento implementado. O método EB utiliza informações provenientes do histórico de acidentes do local em análise e do histórico de acidentes dos locais do grupo de referência. A união de duas fontes de informações distintas permite que se encontre a taxa esperada de acidentes de um local específico. Entende-se como taxa esperada de acidentes, aquela resultante da análise de uma série temporal de longo prazo. Assume-se que o histórico de acidentes dos locais do grupo de referência forneça a informação prévia da distribuição de probabilidade da taxa esperada de acidentes do local tratado devido à semelhança física dos locais do grupo de referência com o local tratado.

A informação prévia da distribuição de probabilidade da taxa esperada de acidentes do local tratado é dada por uma distribuição gama. Considerando que as ocorrências de acidentes seguem uma distribuição de Poisson, a distribuição gama deve se ajustar à distribuição de frequência das taxas de acidentes dos locais que compõem o grupo de referência. Os parâmetros da distribuição gama são obtidos pelo Método dos Momentos (Abbess *et al.*,1981).

4.2 Avaliação dos locais de comparação

Duas considerações são levadas em conta quando da utilização de um local de comparação na avaliação do desempenho de um tratamento viário: (i) os vários fatores que afetam a ocorrência de acidentes de um local variam no período antes e depois do tratamento da mesma maneira no local tratado e no local de comparação, e (ii) essas variações influenciam o local tratado e o local de comparação igualmente. Dessa forma, um local de comparação deve ser similar a um local tratado em suas características físicas e na variação das ocorrências de acidentes.

A análise do desempenho de um tratamento com o uso de locais de comparação possui uma restrição. O período de tempo utilizado para a totalização dos acidentes deve ser o mesmo para o local de comparação e o local tratado. Esta restrição determina a condução de uma análise da disponibilidade de dados históricos de acidentes de locais sem a influência do tratamento (locais de comparação potenciais) como etapa preliminar à definição dos locais de comparação.

Considerando um mesmo tratamento implementado em locais distintos, e sendo cada local distinto denominado por um número (1, 2, ..., j,...n), com a utilização de locais de comparação distintos para cada local tratado 'j' teremos totais de acidentes contabilizados em cada local tratado e em seu local de comparação, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Totais de acidentes contabilizados em um local tratado 'j' e em seu local de comparação.

	Local tratado	Local de comparação
Ano i	K(j)	M(j)
Ano i+1	L(j)	N(j)

A semelhança da variação das ocorrências de acidentes no local tratado e no local de comparação é avaliada pela ‘razão de desigualdade’. Esta razão é obtida pela análise da série temporal desses dois locais no período anterior à implementação do tratamento e dada pela Equação 1 (Hauer, 1997). Para cada ano ‘i’ é determinado um valor de ‘ ω ’. Podemos ter uma série temporal de ‘ ω ’ quando calculada a razão de desigualdade ano a ano em todo histórico de acidentes do local tratado e de comparação. A seqüência de valores de ‘ ω ’ possui média $E(\omega)$ e $VAR(\omega)$. Para o local de comparação ser considerado “ótimo” será necessário que $E(\omega)=1$ e $VAR(\omega)=0$.

$$\omega = \frac{\frac{K(j)N(j)}{L(j)M(j)}}{\left(1 + \frac{1}{L(j)} + \frac{1}{M(j)}\right)} \quad (1)$$

4.3 Avaliação do desempenho dos CEVs

A média e a variância da taxa de acidentes do grupo de referência são consideradas para caracterizar a taxa esperada de acidentes do local tratado. A taxa esperada de acidentes substitui o número de acidentes do período anterior à implementação para a avaliação do desempenho do tratamento. Este procedimento assegura a exclusão do FRM à média do estudo. Cada local tratado com CEV tem uma taxa esperada de acidentes calculada pela Equação 2.

$$\kappa(j) = \alpha E(\kappa) p + (1 - \alpha) K(j) \quad (2)$$

A variável $K(j)$ é o total de acidentes considerado no estudo no período anterior à implementação do CEV no local ‘j’, $\kappa(j)$ é a taxa esperada de acidentes para este local, $E(\kappa)$ a média das taxas anuais de acidentes do grupo de referência e ‘p’ o número de anos que fornecem K. O valor de α é dado pela Equação 3 e pondera a influência do grupo de referência no cálculo da taxa esperada de acidentes. Na Equação 3, $E(\kappa)$ e $VAR(\kappa)$ são a média e a variância das taxas anuais de acidente do grupo de referência e ‘r’ o número de anos que fornecem K dividido pelo número de anos que formam o histórico de acidentes do grupo de referência.

$$\alpha = \frac{1}{1 + r \frac{VAR(\kappa)}{E(\kappa)}} \quad (3)$$

O desempenho do tratamento é identificado através do índice de efetividade. O índice de efetividade é obtido pela razão das ocorrências de acidentes do período com e sem o efeito do tratamento. Considerando $\pi(j)$ a taxa de acidente do local tratado ‘j’ antes da implementação do CEV e $\lambda(j)$ a taxa de acidente do mesmo local para o período depois do tratamento, o índice de efetividade $\theta(j)$ é dado por $\lambda(j)/\pi(j)$. O tratamento é efetivo quando $\theta < 1$, e é prejudicial à segurança viária quando $\theta > 1$. Ainda, $100 \times (1 - \theta)$ permite avaliar o percentual esperado de redução do número de acidentes. O valor de $\pi(j)$ é obtido pela Equação 4, onde $r_c(j)$ é o fator de correção associado à variação dos acidentes no local de comparação e $\kappa(j)$ taxa esperada de acidentes expressa pela Equação 2.

$$\pi(j) = r_c(j) \kappa(j) \quad (4)$$

O valor de $\hat{r}_c(j)$ é calculado pela Equação 5, sendo os valores de $M(j)$ e $N(j)$, respectivamente, os totais de acidentes adotados no estudo no local de comparação no período antes e depois.

$$r_c(j) = \frac{\frac{N(j)}{M(j)}}{1 + \frac{1}{M(j)}} \quad (5)$$

4.4 Avaliação da influência do CEV na zona de monitoramento

A influência do CEV em sua zona de monitoramento é identificada através da análise da variação das ocorrências de acidentes em locais vizinhos ao ponto com o CEV implementado. Dividiu-se a zona de monitoramento em três faixas para avaliar o efeito de migração de acidentes. A faixa 1 é delimitada pela área de raio de 100 m a partir do CEV. A faixa 2 é delimitada pelo intervalo de 100 a 200 m e a faixa 3 pelo intervalo de 200 a 500 m. Esta divisão baseou-se nos resultados apresentados por Mountain e Fawaz (1992).

Avalia-se a variação das ocorrências de acidentes em cada faixa da zona de monitoramento, assim como em cada local com CEV implementado através da análise de variância de um experimento fatorial de 3 fatores. A variável de resposta analisada é definida como a razão entre o número de acidentes de períodos sucessivos. A análise é feita com três fatores controlados: (i) local com CEV instalado, (ii) faixas da zona de monitoramento e (iii) razão de acidentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DOS CEVs E PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

A etapa que antecede à coleta de dados é a seleção dos CEVs para a análise.

5.1 Seleção dos CEVs

A seleção dos CEVs objeto do presente estudo esteve baseada na hierarquia das vias e ano de implantação. No total, existem 18 pontos com CEVs instalados na cidade de Porto Alegre. Para este estudo foram escolhidos CEVs implantados no ano de 2000, tendo em vista a disponibilidade de um histórico de acidentes de trânsito, posterior a implantação de pelo menos 3 anos. Buscou-se, também, entre os CEVs implantados em 2000, aqueles localizados em pontos com volumes de tráfego veicular diário acima de 30000. Para cada ponto especificado na Tabela 3, existem CEVs instalados nos dois sentidos de circulação da via.

5.2 Coleta de dados de acidentes

Os dados de acidentes de trânsito foram coletados da base georeferenciada da Empresa Pública de Transporte e Circulação, EPTC, órgão gestor do trânsito em Porto Alegre. Essa base contempla registros de todos os tipos de acidentes incluindo desde aqueles com danos materiais até os com vítimas. Para delimitar os acidentes relacionados aos pontos onde estão instalados os CEVs estudados, foi definido um polígono contemplando um trecho da via onde se encontra cada CEV e bandas circulares abrangendo áreas vizinhas. O polígono abrangeu o trecho de 500m antes e depois do CEV e as bandas circulares abrangeram raios de 100, 200 e 500 m. A Figura 1 apresenta um exemplo de área definida para a coleta de dados no banco georeferenciado.

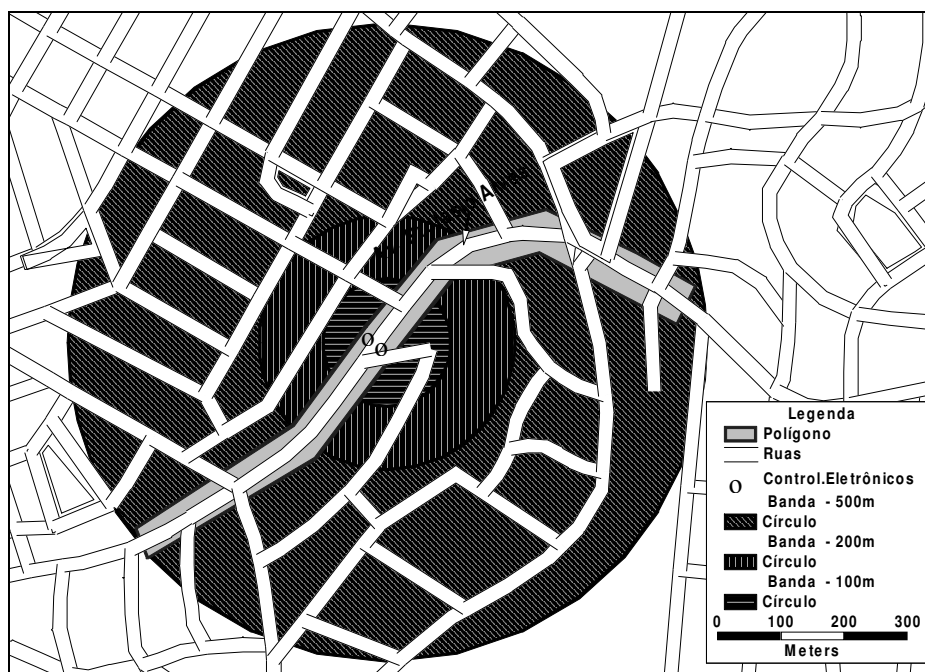


Figura 1: Definição de área de coleta de dados.

O mesmo procedimento foi utilizado para definir a área de coleta de dados dos locais de comparação que constaram de trechos de vias arteriais não influenciados por CEVs. Na escolha dos locais de comparação ainda foram utilizados critérios de semelhança quanto ao número de faixas viárias, volume e composição de tráfego. Dois locais de comparação potenciais foram identificados no estudo. A Tabela 3 apresenta a caracterização dos locais que contém os CEVs estudados e os locais de comparação.

Tabela 3: Caracterização dos locais com CEVs analisados e locais de comparação.

Tipo	Local	Data Inst.	VDM*	Faixas/Sent.	Faixa exclus. ônibus
CEV	Bento Gonçalves, 9535	06/05/2000	30972	3	Sim
CEV	Nilo Peçanha, 350	02/03/2000	55408	2	Não
CEV	Nilo Peçanha, 2134	02/03/2000	49563	2	Não
CEV	Protásio Alves, 3300	02/03/2000	67644	2	Sim
CEV	Ipiranga, 8185	02/03/2000	60000	3	Não
Comparação	Farrapos, 2230	-		2	Sim
Comparação	Protásio Alves, 4500	-		2	Sim

* Volume médio diário nos dois sentidos segundo contagens realizadas em 1998 pela EPTC.

O grupo de referência foi formado por 48 trechos em vias arteriais da cidade de Porto Alegre. Todos os trechos que compõe o grupo de referência estão afastados a mais de 500 m de qualquer CEV para evitar o efeito do controlador. Optou-se por considerar apenas as ocorrências de acidentes em trechos de extensão de 1 km para caracterizar as ocorrências de acidentes do grupo de referência. Esta metodologia busca assegurar a coleta de dados sobre a mesma extensão viária utilizada nos locais tratados. Foram considerados dados de acidentes do período de 1998 a 2002 para todos os trechos do grupo de referência.

6. DESEMPENHO DO GRUPO DE REFERÊNCIA E DOS LOCAIS DE COMPARAÇÃO

A similaridade das variações do histórico de ocorrências de acidentes entre o local tratado, locais de referência e os locais de comparação, é uma outra condicionante importante para a análise.

6.1 Avaliação do grupo de referência

A utilização do método EB determina que a informação das ocorrências de acidentes do grupo de referência se ajuste a uma distribuição gama. A média e a variância da distribuição das taxas médias de acidentes anuais dos 48 trechos do grupo de referência é de 77,7 acidentes/ano e 3084,7 (acidentes/ano)², respectivamente. A média e a variância da população foram calculadas a partir desses valores. Os parâmetros da distribuição gama foram estimados a partir da média e variância da população. Identificou-se, pelo teste do qui-quadrado com nível de confiança de 95%, que a distribuição gama representa adequadamente as ocorrências de acidentes do grupo de referência.

6.2 Avaliação dos locais de comparação

Com os dois locais de comparação foi possível gerar um terceiro local de comparação resultante da soma das ocorrências de acidentes desses dois locais. Cada um dos cinco locais tratados foi confrontado com cada um dos três locais de comparação. A esperança e variância da razão de desigualdade para os cinco locais tratados e os três locais de comparação são apresentadas na Tabela 4 como pares ($E(\omega)$; $VAR(\omega)$). O critério de escolha do melhor local de comparação para cada local tratado foi a proximidade do valor de $E(\omega)$ à unidade e do valor de $VAR(\omega)$ ao zero. No caso da Av. Nilo Peçanha 2134, a escolha do melhor local de comparação não foi tão evidente. Para essa escolha foi necessário efetuar uma análise da similaridade das variações do histórico de ocorrências de acidentes graficamente.

Tabela 4: Avaliação da similaridade das ocorrências de acidentes dos locais tratados e de comparação através da média e variância da razão de desigualdade.

Local de comparação	Bento Gonçalves, 9535	Nilo Peçanha, 350	Nilo Peçanha, 2134	Protásio Alves, 3300	Ipiranga, 8185
Farrapos (X)	(0,97; 0,20)	(1,04; 0,23)	(0,88; 0,07)	(0,97; 0,05)	(1,00; 0,06)*
Protásio (Y)	(1,02; 0,14)*	(1,01; 0,10)*	(1,05; 0,15)*	(0,99; 0,13)	(0,98; 0,10)
Soma (X+Y)	(1,05; 0,16)	(1,04; 0,12)	(1,06; 0,11)	(0,99; 0,05)*	(0,98; 0,07)

* local de comparação escolhido para a avaliação do desempenho do CEV.

Ainda, a delimitação do período de tempo considerado na análise para a situação antes do tratamento é feita pela avaliação gráfica da similaridade das oscilações da série temporal de cada local de comparação e local tratado. A Tabela 5 apresenta os dados utilizados para a análise do desempenho dos CEVs.

7. RESULTADOS

Os resultados apresentam a eficiência dos CEVs e sua eventual influência nas ocorrências de acidentes na zona de monitoramento delimitada por um raio de 500 m.

Tabela 5: Dados empregados na análise do desempenho dos CEVs.

Local com CEV implementado	Local de comparação usado na análise	Período ANTES no local de comparação		Período DEPOIS no local de comparação		rc
		Número de anos	Número de acidentes	Número de anos	Número de acidentes	
Bento Gonçalves 9535	Protásio Alves 4500	6	419	3	246	0,59
Nilo Peçanha 350	Protásio Alves 4500	5	338	3	246	0,73
Nilo Peçanha 2134	Protásio Alves 4500	4	250	3	246	0,98
Protásio Alves 3300	soma (X+Y)	5	748	3	550	0,73
Ipiranga 8185	Farrapos 2230	3	206	3	304	1,47

7.1 Eficiência dos CEVs

A Tabela 6 apresenta os dados de entrada e os resultados obtidos com a aplicação do método de Hauer (1997). Todos os CEVs analisados apresentam uma redução mínima de 23% na ocorrência de acidentes. O desempenho do tratamento também é avaliado considerando os 5 CEVs como uma entidade composta. Este procedimento visa identificar o efeito global do CEVs.

Tabela 6: Desempenho dos CEVs.

Local com CEV implementado	Acidentes "ANTES"	Taxa de acidente esperada	Acidentes "DEPOIS"	Local de comparação usado na análise	rc	λ	π	θ	% redução
Bento Gonçalves, 9535	168	173,05	82	Protásio Alves	0,59	82	101,36	0,77	23
Nilo Peçanha, 350	660	654,50	372	Protásio Alves	0,73	372	474,95	0,71	29
Nilo Peçanha, 2134	234	235,94	131	Protásio Alves	0,98	131	231,24	0,52	48
Protásio Alves, 3300	787	778,93	400	soma (X+Y)	0,73	400	571,98	0,68	32
Ipiranga, 8185	81	86,07	82	Farrapos	1,47	82	126,40	0,64	36
Entidade composta					4,49	1067	1505,93	0,70	30

A redução dos acidentes do CEV localizado na Av. Nilo Peçanha 2134 apresenta uma diferença significativa ($\alpha=0,05$) quanto ao demais. Dois fatores interferem na precisão da avaliação do desempenho do CEV nesse local: (i) disputas de velocidade em vias públicas tiveram sua frequência reduzida pela implantação desse CEV; e (ii) várias foram as alterações de layout realizadas no trecho viário e em intersecções próximas a esse CEV. A impossibilidade de quantificar a influência desses fatores na variação dos acidentes inviabiliza uma análise mais precisa do desempenho do CEV neste local.

De qualquer forma, os resultados alcançados são comparáveis com aqueles obtidos em outros estudos. Chen *et al.* (2002) e Swali apud Chen *et al.* (2000), que revelaram reduções da ordem de 20 a 30% na ocorrência de acidentes depois da implantação de CEVs em Londres e em trechos rodoviários da British Columbia, Canadá.

7.2 Influência dos CEVs na zona de monitoramento

A influência de cada CEV em sua respectiva zona de monitoramento, ZM, é avaliada através de um experimento fatorial com 3 fatores controlados onde a variável de resposta é definida como a razão entre o número de acidentes de períodos sucessivos, como, por exemplo,

acidentes do ano de 99 dividido por acidentes do ano de 98. Detalhes e níveis dos fatores controlados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Fatores controlados da análise multifatorial.

Fator controlado	Número de níveis	Descrição dos níveis
local com CEV instalado	3	Nilo Peçanha, 350; Nilo Peçanha, 2134; Protásio Alves, 3300
faixas da ZM	3	0-100 m; 100-200 m; 200-500 m
razão de acidentes	4	99/98; 00/99; 01/00; 02/01

Foram excluídos dessa análise os CEVs instalados na Av. Bento Gonçalves 9535 e na Av. Ipiranga 8185. Nesses locais poucos acidentes foram registrados dentro da ZM devido à baixa densidade da malha viária.

Apenas o fator razão de acidentes apresentou influência significativa ($\alpha=0,05$) na variável de resposta. Ainda, através da comparação múltipla das médias identifica-se que a razão 01/00 é significativamente maior que as demais razões. Vale lembrar que os CEVs analisados foram todos implantados em 2000 e que esse resultado aponta para uma possível migração de acidentes dos trechos onde foram implantados os CEVs para as suas respectivas ZMs. No entanto, não é possível confirmar o efeito de migração devido a um possível problema de subregistro de dados de acidentes. A forma de registros dos dados de acidentes sofreu alterações no ano de 1999 cujo efeito pode ter ocorrido na prática somente a partir de 2000 ou 2001. Em 1999 a EPTC disponibilizou a possibilidade do preenchimento das Comunicações de Acidentes de Trânsito para acidentes com danos materiais nas agências da ECT, Empresa de Correios e Telégrafos. A partir disso, ocorreu um aumento do número de registros de acidentes.

8. CONCLUSÕES

A prática nacional de avaliação do desempenho de medidas de segurança viária é desenvolvida apenas com a comparação direta de acidentes ocorridos em uma via ou intersecção antes e depois da implantação da medida. A maior limitação desse procedimento reside na impossibilidade de separar o efeito da medida mitigadora de acidente do efeito de outros fatores influentes na variação da ocorrência de acidentes. Nesse estudo aplicou-se uma metodologia que possibilitou a exclusão de distorções estatísticas e a inclusão de outros fatores que influem na variação da ocorrência de acidentes. Dessa metodologia, considerada mais abrangente e atual segundo a prática internacional, constam a utilização do método empírico Bayesiano para excluir o fenômeno de regressão à média, e uma análise do entorno tratado para avaliar o fenômeno da migração de acidentes.

Esse trabalho analisou a eficiência na redução dos acidentes de cinco controladores eletrônicos de velocidade, CEVs, implementados em vias arteriais de Porto Alegre, e a possível migração de acidentes dentro de uma zona de monitoramento com 500 m de raio no entorno do CEV. Os resultados revelam que os CEVs contribuíram para uma redução de no mínimo 23% nas ocorrências de acidentes. Quando analisados de forma conjunta, o efeito dos cinco CEVs proporcionou uma redução de 30% nas ocorrências de acidentes. Os resultados não confirmaram o efeito de migração de acidentes para a zona de monitoramento do CEV devido a uma possível redução da ocorrência de subregistros decorrente da alteração da prática de coleta de dados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao CNPq pelo suporte financeiro e à EPTC pela disponibilização dos dados de acidentes e contagens volumétricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbess, C. R.; Jarret, D. F; Wright, C. C. (1981) Accidents at blackspots: Estimating the effectiveness of remedial measures, with spacial reference to the regression to the mean effect. *Traffic Engineering and Control*, v.22, n.10, p.535-542.
- Boyle, A. J.; Wright, C. C. (1984) Accident migration after remedial treatment at accident blackspots. *Traffic Engineering and Control*, v.25, n.5, p.260-267.
- Boyle, A. J.; Wright, C. C. (1985) Letter to the Editor. *Traffic Engineering and Control*, v.26, n.7/8, p.389.
- Chen, G.; Wilson, J.; Meckler, W.; Cooper, P. (2000) Evaluation of photo radar program in British Columbia. *Accident Analysis and Prevention*, n.32, p.517-526.
- Chen, G.; Meckler, W.; Wilson, J. (2002) Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. *Accident Analysis and Prevention*, n.34, p.129-138.
- FHWA (1981) *Highway Safety Improvement Program*. Washington: Federal Highway Administration. FHWA-TS-81-218, EUA.
- Hauer, E. (1997) *Observational before-after studies in road safety*. 1a ed. Nova York: Pergamon, 289p.
- Huddart, K. W. (1984) Accident migration – true or false? *Traffic Engineering and Control*, v.25, n.5, p.267, 1984.
- Levine, D. W.; Golob, T. F.; Recker, W. W. (1988) Accident migration associated with lane-addition projects on urban freeways. *Traffic Engineering and Control*, v.29, n.12, p.624-629.
- Maher, M. J. (1987) Accident migration: A statistical explanation? *Traffic Engineering and Control*, v.28, n.9, p.480-483.
- Mcguiagan, D. R. D. (1985a) Accident ‘migration’- or flight of fancy? (Letter to the Editor). *Traffic Engineering and Control*, v.26, n.4, p.229-233.
- Mcguiagan, D.R, D. (1985b) Reply to letter by Boyle and Wright. *Traffic Engineering and Control*, v.26, n.7/8, p. 390-391.
- Mountain, L.; Fawaz, B. (1992) The effects of engineering measures on safety at adjacent sites. *Traffic Engineering and Control*, v.33, n.1, p.15-22.
- Mountain, L.; Fawaz, B.; Sineng, L. (1992) The assessment of changes in accident frequencies at treated intersections: A comparison of four methods. *Traffic Engineering and Control*, v.33, n.2, p.85-87.
- MT. *Procedimento para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito*. Brasília, 2002, 74p. Ministério dos Transportes.
- Ogden, K.W. (1996) *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*. Burlington: Ashgate Publishing Company. 516p.
- Persaud, B. (1987) ‘Migration’ of accident risk after remedial blackspot treatment. *Traffic Engineering and Control*, v.28, n.1, p. 23-26.
- Stein, H. S. (1984) Letter to the Editor. *Traffic Engineering and Control*, v.25, n.12, p.618.

Endereço dos autores:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –UFRGS
Laboratório de Sistema de Transportes – LASTRAN
Praça Argentina, 9 sala 408 – Centro

Cep 90040-020 – Porto Alegre – RS - Brasil

Fone: (51) 3316 3596

Fax: (51) 3316 4004

E-mail: framarim@producao.ufrgs.br

gcardoso@eptc.prefpoa.com.br

lindau@ufrgs.br