

O COMPORTAMENTO DO CONDUTOR QUANTO À VELOCIDADE VEICULAR EM SEGMENTOS ADJACENTES AS LOMBADAS ELETRÔNICAS EM VIAS ARTERIAIS: O CASO DE FORTALEZA.

Cely Martins Santos de Alencar
Aristides Campelo Borges Feitosa Freitas
Centro de Ciências Tecnológicas
Universidade de Fortaleza - UNIFOR

RESUMO

A barreira eletrônica sem informador de velocidade é um dispositivo muito difundido em Fortaleza. Embora venha sendo comprovada sua eficácia, sua implantação não precede de estudos sobre os efeitos na operação do tráfego. Este estudo mostra a variação da velocidade nas proximidades das lombadas eletrônicas, em vias arteriais. Um estudo piloto antecedeu a etapa de coleta de dados e definiu o número e o espaçamento mais adequado às posições de coleta. Definiu-se sete seções: três a montante, três a jusante e uma no eixo da lombada. Em seguida, foram gerados modelos relacionando velocidades e distâncias ao eixo, elaborados perfis médios de velocidades. Foi possível descrever a trajetória da velocidade com relação à distância do eixo, relacionando-o a fatores externos: retorno à esquerda, semáforos, faixa de pedestres e parada de ônibus. Os resultados mostram a redução pontual da velocidade, tanto no eixo quanto a montante e a jusante do dispositivo.

ABSTRACT

The speed camera without a speed display is a device used in Fortaleza for speed limit control. Although its efficiency has been successful for speed reduction, its installation is not preceded by appropriate studies about the impact on traffic operation. This paper presents a study about the speed variation nearby speed cameras in the main roads at Fortaleza. An initial investigation was performed for the selection of points for data collection. Seven points were selected, three before and three after, one in front of the camera. Models relating vehicle speed to the distance from the camera were generated and average speed profiles were prepared. It was possible to describe the vehicle speed behavior associated with the distance from the camera and other external aspects like left turn, traffic lights, crosswalks and bus stops. The results showed point reduction of vehicles speed just before and after the camera.

1. INTRODUÇÃO

Os órgãos gerenciadores de tráfego têm adotado como solução tecnológica os controladores eletrônicos de velocidade nos programas de segurança de trânsito. Dados estatísticos têm mostrado a grande relação entre as altas velocidades e a ocorrência de acidentes. Homburger et. al. (1996) apontam a violação dos limites de velocidade como o principal fator responsável por 20% de todos os acidentes fatais na Califórnia, em 1994.

Identificar padrões de velocidades desenvolvidas é um passo importante na direção da segurança viária. As velocidades realizadas pelos motoristas são influenciadas por fatores como a idade, sexo, renda, clima, tempo, características da via, tipo de veículos. Segundo Rienstra e Rietveld *apud* Stumpf (1999), os efeitos negativos da emissão de poluentes, ruídos e segurança, são inferiores aos efeitos causados pelo excesso de velocidade.

Dentre os fatores que contribuem para o excesso da velocidade percorrida pelos veículos tem-se o nível de saturação do sistema de transporte e a inexistência de incentivo ao uso do transporte público. O acréscimo na velocidade veicular não é um problema só do Brasil. A diferença é que em países desenvolvidos, há um planejamento mais adequado no tocante às medidas de *traffic calming*, com alterações até mesmo na geometria das vias. Algo muitas vezes inviável, no Brasil, devido à inexistência de um planejamento em longo prazo, ou seja, prevendo possíveis expansões nas cidades.

Segundo (DETRAN-CE, 2004) a frota de veículos em Fortaleza, no ano de 1995 era de 282.078. Em 2000 este número passou a ser de 353.620 veículos. O universo veicular obteve um crescimento de 12% e chega à marca de 402.386 veículos automotores, em 2002. O acréscimo do número de veículos nas vias aumenta a poluição sonora, a poluição do ar e o tempo de viagem. Conseqüentemente, os condutores tendem a se deslocar em velocidades maiores nos trechos onde se tem maior fluidez, na minimização do tempo de deslocamento.

O Código de Trânsito Brasileiro institui que a velocidade máxima permitida em áreas urbanas é de 60 km/h (vias arteriais), 40 km/h (vias coletoras) e 20 km/h (vias locais), desde que não haja sinalização regulamentadora. Quando a fiscalização é deficiente estes limites são desrespeitados, aumenta a frequência e severidade dos acidentes. Medidas de coibição dos excessos são imprescindíveis para a segurança. Uma análise preliminar feita por Barbosa et al. (2000), em Belo Horizonte, mostrou que a velocidade nas barreiras foi reduzida em torno de 30% da velocidade limite da via.

Motivado pela necessidade de comprovar a efetiva atuação das lombadas eletrônicas, que além de reduzir a velocidade instantânea, acredita-se no seu efeito educativo e psicológico sobre o motorista, este trabalho pretende averiguar a propagação da redução na velocidade a montante e a jusante em relação ao eixo do equipamento, para uma posterior mensuração da amplitude deste efeito.

2. O CONTROLE DE VELOCIDADE

O surgimento de novas tecnologias tem facilitado o controle dos limites de velocidade por parte dos órgãos gestores de tráfego, com a utilização de dispositivos não eletrônicos ou eletrônicos. As lombadas eletrônicas são comumente utilizadas nas grandes cidades do Brasil, em conjunto com os semáforos inteligentes.

Os dispositivos de controle de velocidade têm por objetivo principal a adequação da velocidade às condições das vias e do ambiente de circulação. Há vários tipos de dispositivos: eletrônicos e não eletrônicos. Os eletrônicos podem ser fixos e móveis: radar estático, radar móvel, barreiras e lombadas eletrônicas. Dispositivos não eletrônicos tem-se: ondulações, plataformas, almofadas anti-velocidade, sonorizadores.

A utilização de moderadores de velocidades pressupõe a minimização dos acidentes e suas severidades. Com a diminuição na velocidade há uma redução nas distâncias de paradas e diminuição das ultrapassagens, devido à uniformidade na velocidade dos veículos. Os *headways* são maiores, pois a tendência de um veículo seguir outro é cada vez menor.

O atual Código de Trânsito Brasileiro restringe a utilização de lombadas físicas por estarem em sua maioria inadequadas e propensas a ocorrência de acidentes. As lombadas físicas se mal projetadas e implantadas podem causar danos aos veículos e comprometer o desempenho do tráfego. No Brasil a maioria destas estão fora dos padrões, ora estreitas e com a altura acima da recomendada, ora com larguras acima e altura abaixo da norma.

2.1. As lombadas eletrônicas

As lombadas eletrônicas vêm sendo usadas no Brasil desde 1992, em locais onde o respeito à velocidade adequada seja extremamente necessária. Suas características e regulamentação estão definidas na Resolução No. 146/2003 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

O procedimento legal de instalação se encontra na Resolução 795/95. Além disso, os diversos tipos de dispositivos foram aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (INMETRO) através das portarias 41/96 e 34/98.

As definições relevantes ao controle eletrônico de velocidade, seguindo a ótica do Código de Trânsito Brasileiro. O art. 1º da resolução 131/02 do CONTRAN diz que “a medida de velocidade deve ser feita por instrumentos ou equipamentos que registrem ou indiquem a velocidade medida, com ou sem dispositivo registrador de imagem, podendo ser dos seguintes tipos”:

- Fixo: medidor de velocidade instalado em local definido e em caráter permanente;
- Estático: medidor de velocidade instalado em um veículo parado ou em um suporte apropriado;
- Móvel: medidor de velocidade instalado em um veículo em movimento, que procede a medição ao longo da via;
- Portátil: medidor de velocidade direcionado manualmente para o veículo alvo.

As lombadas eletrônicas são compostas de duas bobinas indutivas instaladas sob o pavimento, com frequência variável. Uma massa metálica passando sobre a bobina desencadeia um *looping* frequencial para a placa eletrônica que aciona a parte óptica do sistema. O equipamento somente é energizado quando a referida velocidade é ultrapassada, com uma tolerância é de 7 km/h, para velocidades entre 30 a 100 km/h; e 9 e 10 km/h para velocidades de 110 e 120 km/h respectivamente.

O sistema é composto dos seguintes itens:

- Sensores fixos sob o asfalto, formados por um conjunto de laços indutivos. Estes espaçados por uma distância pré-fixada, que detecta os veículos através da sua massa metálica e enviam os dados ao processador.
- 01 controlador eletrônico, com câmera de vídeo e com o auxílio de um *flash* sincronizado, para um posterior congelamento no sistema de digitalização e armazenamento em um cartucho provido de um disco rígido. Este sistema ainda armazena as informações contidas, sendo estas diárias ou informando o fluxo de veículos por hora, por nível de velocidade. As imagens indicam o local, dia e hora da infração, a velocidade desenvolvida pelo veículo infrator e a velocidade permitida.

A cidade de Fortaleza possui 91 fotossensores e 67 lombadas eletrônicas, das quais 29 estão instaladas em vias arteriais, que são objetos de estudo do presente trabalho.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho contempla: (a) coleta de dados preliminar para definição do número de posições e o espaçamento adequado às posições de coleta; (b) levantamentos nos pontos de controle definidos no estudo piloto; (c) tabulação dos dados e geração dos perfis de velocidades; (d) análises dos resultados.

Para a realização da coleta de dados, utiliza-se o *speed gun*, devido a sua disponibilidade e praticidade. O *speed gun* é um equipamento portátil, em formato de pistola que coleta a velocidade instantânea e funciona acoplado ao isqueiro do carro. As vantagens de utilização

são a praticidade e a discrição, causa inferências mínimas no comportamento da corrente de tráfego em função de suas características.

O estudo piloto foi realizado em dois dos vinte e nove pontos de controle de velocidade em vias arteriais com duas faixas de tráfego por sentido. Após discussões com engenheiros da Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza - AMC, foram selecionadas as lombadas da avenida Aguanambi, nos sentidos Norte-Sul e Sul-Norte, conforme mostra a Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 - Amostra selecionada para o Estudo Piloto

Pontos de controle	Sentido
Avenida Aguanambi, 1001.	Norte-Sul
Avenida Aguanambi, 1001.	Sul-Norte



Figura 1 – Lombada eletrônica da Av. Aguanambi sentido norte-sul.

Estes dois pontos foram selecionados por serem vias propensas à elevadas velocidades, apesar da existência de retorno à esquerda, semáforos, faixas de pedestres e curvas nas imediações. Estes fatores externos induzem à redução de velocidade imposta pelos condutores. Foram coletados dados de velocidade pontual em grande número de posições da via, nos trechos viários de aproximação e afastamento de cada lombada, para obter uma representação mais precisa do perfil médio de velocidades.

A coleta foi realizada nos horários de entre-picos (horário mais adequado ao estudo em questão). Além disso, os trechos analisados apresentam nos horários de pico, alto fluxo de veículos, altos congestionamentos e menores *headways*.

A metodologia utilizada no estudo piloto previu a coleta de dados em posições anteriores e posteriores a partir do eixo da lombada. Primeiramente, foi realizada no sentido Norte-Sul e em seguida, foi coletado no sentido Sul-Norte. Foram utilizadas as velocidades dos veículos que transitavam na faixa da esquerda, em virtude desta sofrer menor influência de fatores externos. Como os dados eram coletados de forma manual, quando um veículo utilizava o retorno, este era excluído da coleta. A coleta ocorreu em onze posições da via. Definiu-se cinco posições para cada lado da lombada, a partir do eixo, com os seguintes afastamentos: 15, 30, 50, 100 e 150 metros.

Após tratamento estatístico obteve-se um tamanho para amostra de dezesseis. Adota-se valor igual ao usado por Stumpf (1999), o qual definiu trinta amostras por seção de coleta.

A partir dos perfis de velocidades desenvolvidas em função das posições das duas lombadas procura-se elaborar novas seções, através de um ajuste feito com um número menor de posições. A definição do número de posições a ser adotado, nas próximas lombadas, deu-se em função da irrelevância de alguns pontos de coleta, pois estes apresentavam resultados semelhantes ao das seções posteriores. Assim, foi proposta a utilização de sete posições de coleta, sendo uma sobre o eixo e três anteriores e posteriores à lombada.

Com relação aos perfis de velocidade ajustados, mesmo após o eixo da lombada é observada uma redução mínima de velocidade devido à presença de um retorno, com isso não apresentam uma simetria em relação ao seu eixo. Fato semelhante ocorre na lombada analisada na avenida Aguanambi, porém em sentido oposto.

Quanto ao espaçamento entre as posições verifica-se que a 100 m a velocidade se tornaria interessante obtendo um formato de uma curva em relação aos 50 m, algo não percebido em relação ao de 150 m, pois este apresentava valores semelhantes ao anterior. Foi percebido, também nos 15 m do eixo. Entre este e o eixo ocorria uma desaceleração grande, porém já em relação aos 30 m era insignificante a diferença de velocidade. A seção de 30 m foi selecionada em relação à seção de 15 m, em face da velocidade regulamentada, após a correção, nas duas lombadas estarem entre os 30 m e 50 m ou entre 50 e 100 m. Assim, foi mantido o ponto intermediário na seção de 50 m. Os perfis de velocidade foram ajustados para as sete posições.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Estudo piloto

O estudo piloto permitiu definir com maior clareza a metodologia a ser estudada na etapa de coleta de dados. Uma vez definidas as posições mais adequadas para a coleta, partiu-se para o desenvolvimento do estudo de caso da velocidade média da corrente de tráfego em diferentes posições da via. Seleciona-se oito pontos de controle, definidos aleatoriamente, conforme mostra a Tabela 2. O limite de velocidade estabelecido nas vias em estudo é de 60 km/h.

Tabela 2. Amostra selecionada para o estudo de caso.

Pontos de controle	Sentido
Avenida Alberto Craveiro, 1181	Sul-Norte
Avenida Alberto Craveiro, 1247	Norte-Sul
Avenida João Pessoa, 3835	Sul-Norte
Avenida João Pessoa, 6239	Sul-Norte
Avenida Oliveira Paiva, 1735	Oeste-Leste
Avenida Oliveira Paiva, 1730	Leste-Oeste
Avenida Rogaciano Leite, 2622	Norte-Sul
Avenida Rogaciano Leite, 484	Sul-Norte

A metodologia adotada para a coleta de dados previu a demarcação de sete seções, três a montante, três a jusante e uma no eixo da lombada. Conforme descrito anteriormente, a partir do estudo piloto, definiu-se a realização da coleta em pontos com afastamentos de 0, 30, 50, 100 m, em relação ao eixo da lombada, obedecendo à simetria para ambos os lados.

A coleta de dados foi realizada com o objetivo de evitar ao máximo a influência de fatores externos, no comportamento do tráfego, tais como obstruções em uma das faixas (mesmo sabendo que só seriam coletadas velocidades na faixa da esquerda), parada de ônibus (neste momento a coleta era interrompida temporariamente) e quando o veículo entrava ou saía em ruas perpendiculares, além de verificar a influência da lombada eletrônica na redução de velocidade na corrente de tráfego da via.

A coleta de dados ocorreu entre os dias 13 a 29 de maio de 2004, nos intervalos entre 9 às 11 h e 14:30 h às 17 h, somente nos dias da semana considerados típicos úteis, ou seja, terças, quartas e quintas, exceto nos feriados. Logo após, foram elaboradas planilhas contendo os dados coletados. Fatores externos, como intempéries dificultaram o levantamento realizado em oito lombadas.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Nos estudos foram elaborados perfis diários de velocidade por sentido cada lombada. Estes perfis representam o comportamento médio da velocidade instantânea em cada ponto de controle selecionado, tanto a montante (M), como a jusante (J) do eixo da lombada (Figura 3).

A partir das velocidades médias encontradas foi possível gerar, para cada ponto de controle, um perfil da velocidade veicular média, verificar o comportamento do condutor nas proximidades das lombadas. Fazendo-se uma análise do perfil das velocidades médias obtidas em cada seção, verifica-se que exceto na Avenida João Pessoa no sentido *Sul-Norte*, todos os perfis apresentam simetria em relação ao eixo das lombadas, seguindo um padrão definido de comportamento e indica um processo de desaceleração e de aceleração, a montante e a jusante.

Na Av. Aguanambi sentido sul-norte, observa-se que a velocidade média sofre uma queda mais acentuada e um leve acréscimo nas proximidades da seção M_30, devido à presença de uma curva nas imediações o que diminui a visualização e percepção dos usuários (Figura 2).

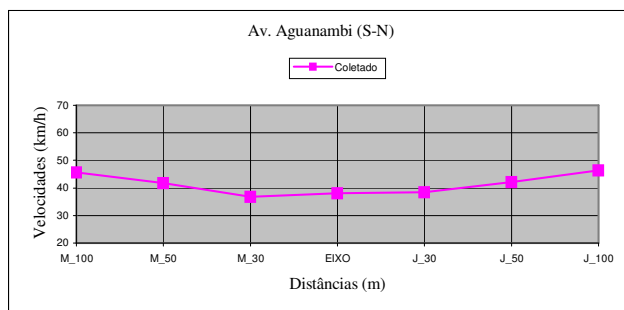


Figura 2 - Velocidade x Distância na Av. Aguanambi.

No caso da Av. Alberto Craveiro, constata-se uma semelhança de comportamento de velocidade nas seções de mesmo afastamento, exceto na seção M_100.

Entretanto, na Av. João Pessoa sentido sul-norte. A velocidade média na seção M_30 apresenta-se inferior à velocidade média encontrada no eixo da lombada. Pois existe a presença de um semáforo nas proximidades. Na outra lombada estudada nesta via, observa-se

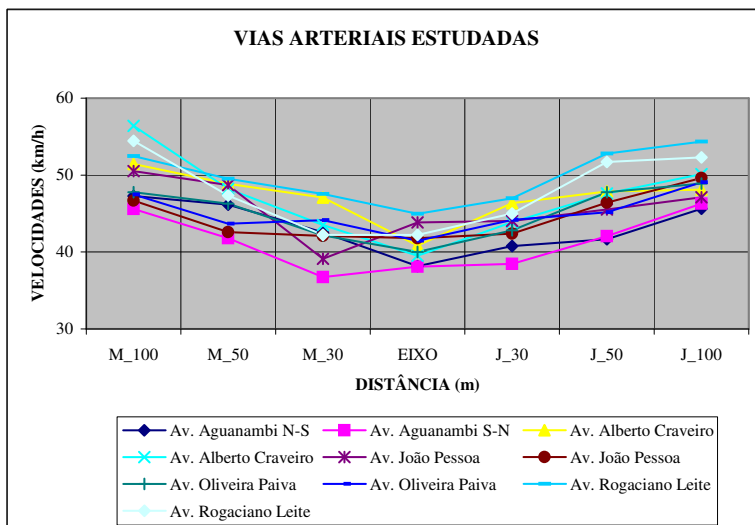


Figura 3 -Velocidades x Distâncias nas vias arteriais estudadas

uma velocidade aproximadamente constante, com um pequeno acive após a seção J_30.

Na Av. Oliveira Paiva a simetria ocorre em ambos os sentidos em relação ao eixo, ou seja, as de montante semelhantes às de jusantes do seu mesmo sentido.

Finalmente, a Av. Rogaciano Leite apresenta no sentido Norte-Sul apenas uma relevância na seção com afastamento de 50 metros, um valor médio de velocidade a jusante maior que em relação a montante em relação ao eixo. Porém no sentido Sul-Norte devido à presença de um aclave acentuado próximo à seção M_30, a média das velocidades impostas pelos condutores é inferior à média obtida no eixo da lombada.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho pode-se constatar a eficácia das lombadas eletrônicas no controle da velocidade e na obediência aos limites impostos. Para o caso de Fortaleza, na maioria das vezes, o condutor respeita o limite de velocidade imposto nas vias arteriais controladas pelas lombadas eletrônicas. Ainda neste município, o dispositivo atua propagando o efeito redutor de velocidade para trechos de vias localizados a montante e a jusante de seu eixo, interferindo nos processos de aceleração e desaceleração nas proximidades do dispositivo eletrônico. Um comportamento muito semelhante ao observado em Brasília por Stumpf (1999).

Outra observação é que os responsáveis pelo gerenciamento de trânsito têm ciência apenas dos resultados obtidos na redução de velocidade veicular verificada no ponto de localização do dispositivo. Além disso, inexistem estudos referentes aos impactos causados por lombadas eletrônicas em relação às travessias de pedestres e ciclistas.

O *speed gun* apresentou valores de velocidades abaixo do indicado por outros contadores e classificadores de tráfego tipo a placa magnética. Sua utilização requer a concepção de um fator de correção para os valores observados. Além disso, por ser um equipamento manual, ele restringe o tamanho da amostra.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza – AMC pelo suporte técnico indispensável à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTARQUIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO, SERVIÇOS PÚBLICOS E DE CIDADANIA DE FORTALEZA - AMC (2003). **Estatística de Acidentes de Trânsito em Fortaleza**. Fortaleza.

Barbosa, H. M. (1995) *Impacts of Traffic Calming Measures on Speed on Urban Roads*. Thesis (doctor of Philosophy) – Department of Civil Engineering, Institute for Transport Studies, University of Leeds. Leeds.

BRASIL, Código de Trânsito (2002). **Código de Trânsito Brasileiro (CTB)**. Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas. Brasília. 488 p.

DETRAN-CE (2004). **Estatística de Acidentes**. In: http://www.detran.ce.gov.br/estatisticas_acidentes.asp. Fortaleza.

Homburger, W. S. et al. (1996) *Fundamentals of traffic engineering*. 14ed. Institute of transportation studies, Berkeley.

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS – ITE (2004) In: <http://www.ite.org>. Washington.

Stumpf, M. T. (1999) **Análise dos Efeitos da Barreira Eletrônica com Informador de Velocidade sobre a Operação do Tráfego**. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-01A/99, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília. 153 p.

Stumpf, M. T.; Jacques, M. A. P. (1998) **Estudo da Velocidade Veicular nas Proximidades das Barreiras Eletrônicas Implantadas em Vias Urbanas**. In: XII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais. Fortaleza.

Universidade de Fortaleza - UNIFOR
Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz.
CEP. 60.811.341 Ceará - Brasil

Fone: (85) 4773182
Fax: (85) 477 3055
E-mail: celyms@unifor.br
Aristides@edu.unifor.br